

# **USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS**

Heddy Marcela Jiménez Yábar

Roy Hiver Ascencio Sanabria

Liz Vanessa Barreto La Torre

SENCICO  
Servicio Nacional de Capacitación  
para la industria de la Construcción

Gerencia de Investigación  
y Normalización

USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS  
Heddy Marcela Jiménez Yábar  
Roy Hiver Ascencio Sanabria  
Liz Vanessa Barreto La Torre

©SENCICO  
Av. De la Poesía N° 351  
San Borja. Lima 41, Perú  
Teléfono (01) 2116300

ISBN  
Depósito legal

Se puede reproducir y traducir total y parcialmente el texto publicado siempre que se indique la fuente.

El autor es el responsable de la selección y presentación de los hechos contenidos en esta publicación, así como de las opiniones expresadas en ella, las que no son, necesariamente, las de SENCICO o del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y no comprometen a la institución.

Publicado por la Gerencia de Investigación y Normatividad de SENCICO en el marco del Plan Operativo Institucional en aras de Desarrollar estudios en la línea de Investigación y la difusión de dichos trabajos.

## **CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL**

**Dr. Daniel Juan Arteaga Contreras**  
Presidente del Consejo Directivo Nacional

**Ing. Adolfo Gálvez Villacorta**  
Representante de las Empresas Aportantes designado por CAPECO

**Ing. Dina Carrillo Parodi**  
Representante de las Empresas Aportantes designado por CAPECO

**Dra. Ana K. Rozas Valverde**  
Representante del Ministerio de Educación

**Abog. Wigberto Nicanor Boluarte Zegarra**  
Representante de las Universidades

**Arq. Sofía Rodríguez Larraín de Grange**  
Representante de las Universidades

**Sr. Félix M. Rosales Gutiérrez**  
Representante de la Federación de Trabajadores de Construcción Civil del Perú (FTCCP)

**Sr. Porfirio Fidel Buitrón Espinoza**  
Representante de la Federación de Trabajadores del Perú (CTP)



## PRÓLOGO

El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), es una entidad de tratamiento especial del Sector de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que tiene como finalidad la formación y capacitación de los trabajadores de la construcción mediante la educación superior no universitaria; tanto para el desarrollo de investigaciones vinculadas a la problemática de la vivienda, edificación y saneamiento, como para la presentación de propuestas de normas técnicas de aplicación nacional.

Institucionalmente se creó el 26 de Octubre de 1976, iniciando sus operaciones al año siguiente. Cuenta con sedes en Piura, Chiclayo, Trujillo, Lima, Arequipa y Cusco, donde se ofrecen las carreras de formación técnica y profesional-técnica. Se tiene sedes para impartir cursos y capacitación ocupacional en Huancayo, Ica, Iquitos, Puno y Tacna. También contamos con Unidades Operativas en Ayacucho, Cajamarca, Moyobamba y Pucallpa y CENTRO DE Formación en Apurímac, Huancavelica, Moquegua, Madre de Dios y en los distritos de Chorrillos y Los Olivos en la ciudad de Lima, mantenemos convenios con universidades e instituciones públicas y privadas del sector vivienda, construcción y saneamiento.

Cuenta con una Gerencia de Investigación y Normalización, en donde existe información especializada relacionada con la construcción y se encuentra a disposición de los profesionales y técnicos del sector construcción y personas interesadas.

Cumplimos con difundir esos conocimientos, poniendo a disposición de la comunidad ésta publicación que motivará a los estudiantes y profesionales del sector a desarrollar investigaciones que debidamente difundidas podrán ser enriquecidas con nuevos aportes gracias a la contribución de especialistas, con el objetivo de innovar en el campo de la vivienda, construcción y saneamiento.

La misión institucional de SENCICO es proporcionar capacitación de excelencia, investigando, evaluando sistemas constructivos innovadores y proponiendo normas para el desarrollo de la industria de la construcción; contribuyendo así al incremento de la productividad de las empresas constructoras y a la mejora de la calidad de vida de la población. La visión es proyectarse hacia el desarrollo de nuevas propuestas educativas para la formación continua de los trabajadores, técnicos y profesionales, una industria de la construcción competitiva y segura, con trabajadores calificados, certificados y empleables, contribuyendo a la competitividad de las empresas y aportando estudios de investigación y normalización para el desarrollo integral de nuestro país.

Dr. Daniel Juan Arteaga Contreras

Presidente Ejecutivo



# **ESTADO DEL ARTE DEL USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS**

Mag. Heddy Marcela Jiménez Yábar

## **CONTENIDO**

**Página**

INTRODUCCION

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

ANALISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## INTRODUCCIÓN

Los encofrados debido a su uso temporal y no formar parte de la estructura, son considerados muchas veces de poca importancia en su contribución al resultado del elemento vaciado. En la práctica, la realidad nos muestra que de él depende, en gran medida, la calidad del producto final.

Desde el punto de vista económico, la importancia de los encofrados es todavía mayor en el caso de los sistemas industrializados, pues en razón de las posibilidades de aprovechamiento para sucesivas reutilizaciones, los encofrados se convierten en el único componente de costo variable.

Desde el inicio de la utilización de los encofrados, se generalizó el empleo de la madera como la materia prima principal en la fabricación de encofrados.

Existe diferencias en los diversos países latinoamericanos, incluso en las denominaciones: En México se le llaman “cimbras”, en Ecuador, Perú y Argentina, “encofrados”, en Brasil “formas” y en Chile “moldes” o “moldajes”, pero en general de madera o sub-productos de madera continúa siendo, el principal material en los encofrados, aunque en los últimos años se ha ido intensificando el uso de elementos metálicos, plásticos, entre otros.

En el Perú, la madera sigue siendo un material importante en encofrados ya sea simplemente aserrada o cepillada, que se utiliza como tablas y pies derechos para encofrar muros, columnas, vigas y normalmente losas aligeradas. Otro material comúnmente utilizado es el tablero contrachapado de madera, especialmente para el encofrado de bóvedas cascaras y concreto caravista.

El presente informe presenta la Información recopilada sobre la madera aserrada y sobre los tableros contrachapados utilizados en encofrados.

## RESUMEN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

Materiales disponibles en el mercado:

La producción de madera aserrada y triplay en los años 1995 al 2001, se muestra en el Cuadro siguiente:

Cuadro 1: Producción de Madera Aserrada y Triplay

PRODUCTO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Madera aserrada	630,215	624,921	482,268	590,274	834,671	646,164	506,054
Triplay	63,944	69,439	52,581	57,118	34,318	35,830	100,260

Fuente: 1995-1998: Perú Forestal ([www.peruforestal.org](http://www.peruforestal.org))  
1999-2000: INRENA

Madera aserrada:

Existen diferentes especies de madera tropical de nuestra amazonia, que se ofertan en el mercado, entre ellas las siguientes: (Ver anexo N° 1)

- Tornillo
- Cachimbo
- Mohena amarilla
- Capirona
- Copaiba
- Catahua
- Cumala
- Estoraque
- Higerilla
- Huayruro
- Huimba
- Lagarto
- Moena
- Quinilla
- Shihuahuaco
- Pumaquiro
- Congona
- Diablo fuerte
- Marupa

Como puede apreciarse, existen muchas especies que se ofertan en el mercado, algunas tienen mayor valor comercial para otras aplicaciones, como durmientes o pisos, y son pocas las utilizadas en encofrados.

Tableros contrachapados: Estos tableros se denominan comúnmente como triplay, a pesar de que varía el número de láminas según su espesor. (Anexo N° 1)

- Triplay de lupuna
- Triplay de Copaiba
- Triplay fenólico de Copaiba

Las medidas disponibles de las planchas son de 4' x 8' y de espesores de 4, 6, 9, 12, 15 y 18 mm

Estos tableros son elaborados con láminas de manera que la dirección de la fibra sea transversal a la siguiente y el número de láminas es variable de acuerdo al espesor deseado.

Las láminas son pegadas con cola a base de fenol y formaldehído a altas temperaturas y presión y preservantes para incrementar su durabilidad y resistencia al ataque de hongos e insectos.

Estos tableros son utilizados en encofrados, especialmente en concretos expuestos (Caravista).

- Tableros de madera (Anexo N<sup>o</sup>1)
  - Tablero de tres capas de abeto
  - Tableros de 7 a 15 láminas de abedul y/o abeto encoladas y revestidas con películas fenólicas
- Vigas de madera de abeto: Se usan como elementos estructurales de los encofrados y son de sección doble T (Anexo N<sup>o</sup>1)

Materiales utilizados actualmente por las empresas constructoras

Según la Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO, el uso de la madera en la construcción, es la siguiente:

**Porcentaje de madera que se usan en sus obras y tipo de obra que realiza**

TIPOS DE OBRA QUE REALIZA	MENOS DE 5%	DE 5% A MENOS DE 10%	DE 10% A MENOS DE 15%	DE 15% A MENOS DE 20%	DE 20% A MENOS DE 30%	MÁS DE 30%	TOTAL
CASAS	8%	33%	41%	2%	7%	9%	100%
EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS	0%	25%	25%	16%	10%	24%	100%
EDIFICIOS DE OFICINAS	0%	18%	18%	23%	8%	33%	100%
FÁBRICAS	0%	18%	18%	27%	9%	27%	100%
EMPRESAS / NEGOCIOS	3%	45%	48%	0%	3%	0%	100%
REMODELACIONES	0%	38%	38%	0%	6%	18%	100%
OBRAS PÚBLICAS	0%	13%	13%	9%	17%	48%	100%

Normas Nacionales y extranjeras sobre requisitos y procedimientos de ensayo de los materiales.

#### NORMAS ASTM

STANDARD TEST METHOD FOR STRUCTURAL PANELS IN PLANAR SHEAR (ROLLING SHEAR)

These test methods determine the shear properties of structural panels associated with shear distortion of the planes parallel to the edge planes of the panels. Both shear strength and modulus of rigidity may be determined. Primarily, the tests measure the planar shear (rolling shear) strength developed in the plane of the panel.

#### STANDARD TEST METHOD FOR STRUCTURAL PANELS IN SHEAR THROUGH THE THICKNESS

These test methods determine the shear through-the-thickness properties of structural panels associated with shear distortion of the major axis. Structural panels in use include plywood, wafer board, oriented strand board, and composites of veneer and of wood based layers. Three test methods are included which differ somewhat in their application

#### STANDARD TEST METHODS FOR STRUCTURAL PANELS IN FLEXURE

These test methods determine the flexural properties of strips cut from structural panels or panels up to 4 by 8 ft in size. Structural panels in use include plywood, waferboard, oriented strand board, and composites of veneer and of wood-based layers.

### NORMAS MEXICANAS

NMX-C-438-ONNCCE-2006

“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – TABLEROS CONTRACHAPADOS DE MADERA DE PINO Y OTRAS CONIFERAS – CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES”

Esta norma mexicana establece la denominación, clasificación y especificaciones que deben cumplir los tableros contrachapados elaborados con madera de pino en su vista y trasera que se fabrican y comercializan en la República Mexicana. Establece un sistema de clasificación para la calidad de las chapas, dimensiones de los tableros, adhesivos y características básicas que deben reunir los diferentes tipos de tableros contrachapados. Así mismo, proporciona las reglas para la presentación y denominación comercial de los tableros contrachapados, de madera de pino.

NMX-C-439-ONNCCE-2006

“INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – TABLEROS CONTRACHAPADOS DE MADERA DE PINO Y OTRAS CONIFERAS – PROPIEDADES FÍSICAS – MÉTODOS DE ENSAYO”

La presente norma mexicana corresponde a métodos de ensayo para estimar los valores de las propiedades físicas que deben caracterizar a los tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas fabricados en la República Mexicana.

NMX-C-440-ONNCCE-2006

## “INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – TABLEROS CONTRACHAPADOS DE MADERA DE PINO Y OTRAS CONIFERAS – PROPIEDADES MECANICAS – METÓDOS DE ENSAYO”

Esta norma mexicana establece los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas de tableros contraplacados de madera de coníferas, utilizando pequeños especímenes. Los métodos son aplicables a material que tiene características elásticas y de resistencia uniforme, destinados a emplearse en construcción, usos industriales, empaques, cimbras, mobiliario, recubrimientos y usos generales.

### NORMAS INDECOPI

Se presenta las Normas relacionadas básicamente con la madera aserrada y la madera contrachapada

Código NTP 251.002:1982. (revisada el 2013)

Título IDENTIFICACION Y TECNOLOGIA. Nomenclatura de maderas comerciales panamericanas

Establece la nomenclatura de maderas de uso comercial en el continente americano, comprendiente los grupos siguientes: Coníferas y Monocotiledones y dicotiledóneas

Código NTP 251.006:2003

□ Título MADERA. Nomenclatura de las especies forestales más importantes del Perú, sistema de codificación y marcado de madera aserrada

Establece la nomenclatura de las especies forestales más importantes del Perú por su producción, calidad y diversidad de usos, así el sistema unitario de codificación y marcado de las maderas según su nombre científico, comercializadas como madera aserrada.

Código NTP 251.009:1980. (Revisada el 2012)

Título MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. 1a. ed.

Establece los procedimientos para el acondicionamiento de las maderas destinadas a ser sometidas a ensayos físicos y mecánicos. Esta norma también establece los Requisitos Generales para el tratamiento profiláctico del material contra hongos e insectos

Código NTP 251.010:2004

Título MADERA. Método para determinar el contenido de humedad. 2a. ed.

Establece los métodos de ensayo para determinar la humedad, el gradiente y la humedad promedio en maderas, con o sin contenido volátiles, en muestras destinadas a los ensayos en laboratorios

Código NTP 251.011:2004

Título MADERAS. Método de determinación de la densidad. 2a. ed.

Establece los métodos a seguir para determinar la densidad de la madera bajo diferentes condiciones de contenido de humedad

Código NTP 251.012:2004

Título MADERAS. Método de determinación de la contracción. 2a. ed.  
Establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para determinar la contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica de la madera

Código NTP 251.013:2004

Título MADERAS. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano. 2a. ed.

Establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayos de cizallamiento paralelo al grano.

Código NTP 251.014:2004

Título MADERAS. Método para determinar la compresión axial o paralelo al grano. 2a. ed.

Establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayo de la compresión axial, o paralela al grano en maderas.

Código NTP 251.016:2004

Título MADERAS. Método para determinar la compresión perpendicular al grano. 2a. ed.

Establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayos de compresión perpendicular al grano.

Código NTP 251.017:2004

Título MADERAS. Método para determinar la flexión estática. 2a. ed.

Establece los procedimientos a seguir para la ejecución de ensayos de flexión estática en maderas.

Código NTP 251.037:1988. (revisada el 2011)

Título MADERA ASERRADA Y CEPILLADA. Dimensiones nominales. 1a . ed.

Establece las dimensiones nominales (espesor, ancho y longitud) de la madera aserrada y cepillada y las tolerancias de la dimensión final

Código NTP 251.085:1986. (revisada el 2011)

Título MADERAS. Determinación de la tensión paralela a las fibras. 1a . ed.

Establece el método de ensayo para determinar la tensión paralela a las fibras en la madera.

Código NTP 251.086:2004

Título MADERA. Determinación de la tensión perpendicular a las fibras. 2a. ed

Establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para determinar la tensión perpendicular a las fibras en madera

Código NTP 251.101:1988. (revisada el 2011)

Título MADERA ASERRADA. Defectos. Definiciones y clasificación. 1a . ed.

Establece las definiciones y la clasificación de los defectos que se presentan en la madera aserrada.

Código NTP 251.102:1988. (Revisada el 2012)

Título MADERA ASERRADA. Defectos, Método de medición. 1a. ed.  
Establece el método de medición de defectos en una pieza de madera aserrada

Código NTP 251.103:1988. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Madera aserrada y cepillada para uso estructural, dimensiones. 1a . ed.  
Establece las dimensiones nominales y finales (Espesor, ancho y longitud) de la madera aserrada para uso estructural

Código NTP 251.104:1988. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Clasificación visual y requisitos. 1a . ed.  
Establece la clasificación visual y requisitos que debe cumplir la madera aserrada para uso estructural.

Código NTP 251.107:1988. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Método de ensayo de flexión para vigas a escala natural. 1a . ed.  
Establece el método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad, módulo de elasticidad aparente, módulo de corte y la resistencia a la flexión en vigas de madera a escala natural sometidas a flexión.

Código NTP 251.114:1990. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Clasificación por defectos. Procedimiento. 1a . ed.  
Establece el procedimiento a seguir para la clasificación por defectos de la madera aserrada.

Código NTP 251.116:1990. (Revisada el 2012)  
Título MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Extracción de muestras. 1a. ed.  
Establece un plan de muestreo y procedimiento para la inspección por atributos en un lote o lotes de madera aserrada para uso estructural.

Código NTP 251.117:1989. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Rotulado. 1a . ed.  
Esta norma define y establece la información que deberá llevar el rótulo de la madera aserrada para uso estructural.

Código NTP 251.118:1991. (revisada el 2011)  
Título MADERA ASERRADA. Clasificación por defectos, por rendimiento y requisitos. 1a . ed  
Establece la clasificación por defectos y por rendimiento así como los requisitos que deberá cumplir la madera aserrada.

Código NTP 251.130:2014

Título MADERA. Secado de la madera. Terminología y definiciones. 2a. ed.

Establece la terminología y definiciones referentes a los materiales, equipos y a los procedimientos utilizados en el secado de la madera, con el objeto de que todos los sectores involucrados cuenten con una herramienta común que facilite una rápida comunicación y entendimiento entre ellos.

## TRIPLAY

Código NTP 251.038:1979. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Definición y terminología. 1ª. ed.

Esta norma tiene por objeto definir y establecer la terminología empleada en los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.039:1979. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Dimensiones. 1ª. ed.

Esta norma tiene por objeto establecer las dimensiones de los tableros de madera contrachapados, así como indicar sus medidas.

Código NTP 251.040:1979. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Clasificación por sus caras. 1ª. ed.

Esta norma tiene por objeto establecer el modo de clasificar los tableros según el aspecto de sus caras. Esta norma no se aplica a los productos de tableros contrachapados decorativos.

Código NTP 251.041:1979. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de encolado. Toma de muestras. Clasificación. 1ª. ed.

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento para efectuar la toma de muestras de tableros de madera contrachapados y para determinar la calidad del encolado y de clasificar los tableros de madera contrachapados de acuerdo con la misma

Código NTP 251.042:1979. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de encolado. Ensayo físico. 1ª. ed.

Esta norma tiene por objeto establecer el modo de efectuar los ensayos físicos a los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.043:1979 (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de encolado. Ensayo biológico

Esta norma tiene por objeto establecer el modo de efectuar los ensayos biológicos a los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.044:1979. (revisada el 2011)

Título CHAPAS DE MADERAS. Definición y terminología. 1a . ed.

Esta norma define y establece la terminología de las chapas de madera producidas en nuestro país para su comercialización y utilización.



Código NTP 251.045:1979. (revisada el 2011)  
Título CHAPAS DE MADERA. Chapas de madera no decorativas.  
Requisitos generales. 1a . ed.  
Establece la clasificación y requisitos generales de las chapas de maderas no decorativas.

Código NTP 251.054:1980. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Muestreo. 1|. ed.  
Esta norma tiene por objeto establecer un método de muestreo para los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.055:1980. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Condiciones generales de ensayo. 1|. ed.  
Establece las condiciones generales de ensayo para los tableros de madera contrachapados. Especifica: El modo de efectuar el muestreo de las probetas en los tableros muestra; La naturaleza y duración del acondicionamiento climático que precede los ensayos; Las reglas de medición dimensional de las probetas; La manera de expresar los resultados de los ensayos: El contenido del informe del ensayo.

Código NTP 251.056:1980. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Determinación de la humedad. 1|. ed.  
Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de humedad en los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.057:1980. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Determinación de la densidad. 1|. ed.  
Esta norma tiene por objeto establecer los métodos para determinar la densidad de los tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.064:1982. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Medidas de las dimensiones, rectitud y del escuadrado de tableros. 1|. ed.  
Establece un método para medir las dimensiones, la rectitud y el escuadrado de los tableros contrachapados.

Código NTP 251.066:1982. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de flexión. 1|. ed.  
Establece el método para la determinación del módulo de elasticidad y el módulo de ruptura en flexión, en los tablero contrachapados

Código NTP 251.083:1986. (Revisada 2010)  
Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de tracción paralela a las caras. 1|. ed.  
Establece el método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad (MOE) y el módulo de ruptura (MOR) en tracción paralela de tableros de madera contrachapados.

Código NTP 251.084:1986. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADAS. Ensayos de expansión y contracción debido a cambios en el contenido de humedad. 1<sup>o</sup>. ed.

Establece el método de ensayo para medir las variaciones lineales de un tablero de madera contrachapado cuando cambie en su contenido de humedad

Código NTP 251.091:1986. (Revisada 2010)

Título TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADAS. Tipos de encolado. Definiciones, ensayos y calificación. 1<sup>o</sup>. ed.

Esta norma define los tipos de encolado de los tableros de madera contrachapados, establece los ensayos correspondientes y califica a dichos tableros de acuerdo a su nivel de resistencia

Código NTP 251.093:1986. (Revisada 2010)

Título NORMA GENERAL PARA EL ROTULADO DE TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADAS Y AGLOMERADOS. 1<sup>o</sup>. ed.

Esta norma define y establece la información que debe llevar el rotulado de tableros de madera contrachapados y aglomerados.

#### OTRAS NORMAS:

AMERICAN SOFTWOOD LUMBER STANDARD (PS 20-10): Esta Norma es de carácter voluntario para maderas de baja densidad. Considera la terminología utilizada, clasificación, medición, dimensiones, requisitos para la clasificación.

CONSTRUCTION AND INDUSTRIAL PLYWOOD (PS1-95):

Esta Norma es de carácter voluntario para maderas contrachapadas. Considera la terminología, Referencias, Clasificación, Requisitos y Preparación de muestras y procedimientos de ensayos. En Requisitos considera el caso de paneles para encofrados de concreto.

Normas nacionales y extranjeras sobre diseño y construcción de encofrados para el vaciado del concreto.

CONCRETE FORMING. Design/Construction Guide de The Engineered Wood Association. Considera la selección y especificaciones de paneles para encofrados de concreto, su mantenimiento y diseño.

#### DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE LABORATORIOS PARA ENSAYOS.

De acuerdo a las Normas ASTM y a la Norma Mexicana NMX-440 ONNCCE-2006 se deben usar los equipos siguientes para la realización de todos los ensayos:

- Maquina universal de ensayo o equipo equivalente con capacidad de aplicar carga mediante desplazamiento del cabezal con velocidad uniforme, con una resolución de al menos el 1% de la carga máxima esperada.
- Flexómetro de 3.0 m. de capacidad, con resolución de al menos 1mm.
- Calibrador pie de rey con resolución de al menos 0.1mm.

- Transductor o indicador de caratula para registrar deformaciones con resolución de al menos 0.002mm.
- Transductor o indicador de caratula para registrar deformaciones con resolución de al menos 0.01mm.
- Autoclaves para generar vacío y para calentamiento.

Los equipos de carga existen pero se requiere una serie de accesorios, muchos de cuales no se tienen disponibles en los laboratorios para realizar los ensayos requeridos por dichas normas.

## ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

En general la madera continúa siendo el principal material en los encofrados, como madera aserrada y Tableros contrachapados, aunque en los últimos años se ha ido intensificando el uso de elementos metálicos, plásticos, entre otros.

No se ha encontrado estudios sobre el consumo de madera en encofrados en el país, pero un estudio realizado por el Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal-IBDF en el año 1974, señala un consumo de 33.92 pies tablares de madera para encofrados por m<sup>2</sup> de construcción en edificios y de 8.48 en viviendas, sin considerar pérdidas ni reutilizaciones.

Con el incremento de la actividad constructora en el país, los requerimientos de materiales para los encofrados han aumentado y con ello también la necesidad de su Normalización.

Sobre la madera aserrada y su uso en la construcción, existe la Norma E-010 del Reglamento Nacional de Edificaciones que regula su utilización en edificaciones, pero no aborda su uso en los Encofrados.

Sobre la Madera contrachapada existen Normas INDECOPI que son básicamente de Ensayos, pero no existen Normas de requisitos para su uso en encofrados.

La Norma PS1-95 señala como requisitos específicos para encofrados de concreto los siguientes:

- Las láminas de las caras no deben ser menor que el grado B y deben ser del mismo grupo de especies.
- Las láminas interiores no deben ser menor que el grado C
- Se produce en dos clases y cada clase debe ser identificada.
- Los paneles deberán ser pulidos en las dos caras y engrasado, salvo acuerdo entre las partes.
- Las especies se limitarán a las siguientes y son aplicables también a Encofrados de alta densidad para concreto expuesto:

-  
Clase I – Caras de especies del grupo 1, bandas del grupo 1 o 2 e interiores de cualquiera de los grupos 1,2,3 y 4.

Clase II - Caras de especies del grupo 1 o grupo 2, y bandas e interiores de cualquiera de los grupos 1,2,3 y 4; o caras del grupo 3 de 3.2 mm (1/8") de espesor mínimo antes del pulido, bandas del grupo 1,2 o 3 e interiores de cualquiera de los grupos 1,2,3 o 4.

- Existe una clasificación de las especies en 5 grupos (Anexo N° -Tabla N° 1).

- Existen 5 grados de paneles, de acuerdo a su acabado y defectos: N,A,B,C y D
- Existe una clasificación por durabilidad considerando los requisitos del encolado: Interiores y Exterior.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- No existen Normas peruanas para la madera aserrada y contrachapada para su uso en encofrados de concreto.
- Existen Normas para la madera aserrada pero orientada a otros usos como muebles y edificaciones.
- Existen algunas normas de muestreo, clasificación y ensayos para madera contrachapada, pero no para su uso en encofrados.
- Existe Normas ASTM para ensayos de madera contrachapada en general.
- Existe una Norma voluntaria (PS1-95) de la APA (The engineered Wood Association) que señala requisitos específicos para la madera contrachapada para encofrados, pero con especies de madera distintas a las existentes en nuestro país.
- Se requiere establecer requisitos para los materiales y para el diseño de encofrados de madera, para lo cual se podrá tomar como referencias las normas y referencias existentes de otros países, pero adecuándolas a las características de nuestras maderas.
- Los criterios para la clasificación serían la resistencia, durabilidad (en función del encolado) y el acabado de las caras.

**RECOPILACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE  
USO DE MADERA EN ENCOFRADOS PARA LA CONTRUCCIÓN EN  
EL PERÚ**

Roy Hiver Ascencio Sanabria

## CONTENIDO

Página

### RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE USO DE MADERA EN ENCOFRADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

Introducción

Objetivos

Antecedentes

    Encofrados para Concreto

    Objetivos de los Encofrados

    Ejecución y Montaje de los Encofrados de Madera

    Requisitos de la Madera para Encofrados

    Tolerancia en Dimensiones y posiciones de Encofrados

Recopilación de Información

    Materiales Disponibles en el Mercado Peruano

    Materiales Usados en la Construcciones en el Perú y Otros Países.

    Normas Asociadas al Uso de la Madera

    Requisitos y Control de Calidad de la Madera

Análisis y Diagnóstico de la Información

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

## **INTRODUCCIÓN**

Cuando un Ingeniero Residente recibe el encargo de ejecutar un determinado proyecto, éste está técnicamente identificado por su correspondiente expediente técnico, que comprende los planos, especificaciones técnicas, su presupuesto (metrados y precios unitarios) con sus partidas y bases administrativas entre otros documentos. Una de estas partidas, es el encofrado, o estructura temporal de confinamiento que dará forma al concreto que se vaciará en su interior.

Dependiendo del tipo de obra, el encofrado tiene un peso ponderado muy variable dentro del presupuesto de la obra. En obras de caminos por ejemplo, la partida de encofrados, puede llegar a representar solo un 5% del monto del presupuesto. Pero si se le compara solo al lado del concreto, el encofrado puede llegar a tener mayor relevancia, llegando a alcanzar entre un 25 a 40% del costo del concreto, e incluso 60%, como ocurre en el caso de un puente.

Si bien los encofrados de obra pueden ser fabricados con diferentes materiales de construcción, la madera y los subproductos de madera como el tablero contrachapado, siguen constituyendo los materiales predominantes utilizados en los encofrados para la edificación de viviendas unifamiliares, que en el caso del Perú representa alrededor de un 90% del total de viviendas del parque inmobiliario del país.

Aún en el caso de la construcción masiva de viviendas multifamiliares, la madera no ha sido completamente desplazada por el metal y otros materiales menos tradicionales utilizados en encofrados industrializados. Todo lo contrario, a nivel internacional cada vez aparecen nuevas alternativas de sistemas industrializados de encofrados de madera.

Debido a lo anterior expuesto este informe pretende hacer llegar información recopilada acerca de la madera aserrada de uso común y de la madera terciada, más conocida en nuestro medio como triplay.

### **OBJETIVOS**

Este informe tiene como objetivo mostrar información relevante acerca del uso de la madera en encofrados en nuestro país y de otros países; y a partir de ellos hacer un diagnóstico de la situación actual y dar mejoras en cuanto al uso de la madera en la construcción en nuestro país.

Este informe tiene la finalidad de mostrar la recopilación de información de normas relacionadas a la madera en otros países; para a partir de ellas poder adaptarlas a nuestra realidad.

### **ANTECEDENTES**

#### **Encofrados para concreto**

Los encofrados se han desarrollado en paralelo con las construcciones de concreto durante todo el siglo XX. La aceptación incrementada del concreto como el material de mayor uso en construcción, presenta una gran variedad de problemas en el desarrollo de materiales de confinamiento y el mantenimiento de las tolerancias de rigidez.

El encofrado es una clásica estructura temporal en el sentido de que se erige rápidamente, es altamente cargado por unas cuantas horas durante la colocación del concreto, y en unos pocos días es desensamblado para ser reutilizado nuevamente. También son clásicos en su naturaleza temporal, las conexiones, arriostres, anclajes y dispositivos de ajuste que requieren estas formas.

Para encofrados de concreto, la noción de “estructuras temporales”, no refleja la realidad. Las formas, sus implementos y accesorios se utilizan una y otra vez durante su vida útil. Debido a esto, es necesario utilizar materiales de alta durabilidad y fácil mantenimiento. El diseño de formas debe ser tal que éstas puedan ser erigidas y desensambladas eficientemente para mejorar su productividad. El desensamblado o desencofrado de las formas depende de factores tales como la adherencia entre el concreto y el encofrado, la rigidez y la contracción del concreto. Las formas deben, hasta donde sea posible, mantenerse en su lugar durante todo el período de curado del concreto.

### **Objetivos de los encofrados**

Los encofrados moldean el concreto a determinadas formas y tamaños, controlan la posición y los alineamientos. Pero los encofrados, son algo más que un molde; es una estructura temporal que soporta su propio peso, más la del concreto fresco recién colocado, más las cargas vivas de la construcción (incluyendo los materiales, equipos y el personal).

Los objetivos básicos son: [ver Ref. (4)]

Calidad – En términos de resistencia, rigidez, posición, y dimensiones de las formas.

Seguridad – tanto para los trabajadores como para la estructura de concreto.

Economía – el menor costo manteniendo los requisitos de calidad y seguridad.

La cooperación y coordinación entre el diseñador, el arquitecto y el contratista son necesarias para lograr estas metas.

La economía es el mayor aspecto, ya que los costos del encofrado pueden llegar a constituir, hasta el 60% de la obra de concreto reforzado de un proyecto, dependiendo del tipo de obra.

### **Ejecución y montaje de los encofrados de madera**

La elaboración de los encofrados en el mismo sitio de uso, mediante el trabajo artesanal del carpintero, no es conveniente, porque propende al retaceo de la madera y al incremento de los desperdicios. En una obra importante es mejor disponer de una carpintería central, con herramientas mecánicas, ubicadas cerca del almacén, en el cual la madera éste clasificado por dimensiones. De esta manera se utiliza el material que se requiere y se reduce los desperdicios. La operación que sigue, es muy sencilla, es el transporte del encofrado, prefabricado en la carpintería de la obra, hasta su lugar de uso, en donde se fija a la construcción.

La calidad, tolerancias y acabados de los encofrados, dependerá del tipo de concreto que se quiere vaciar. Si se trata de obra bruta, que será posteriormente revertida no será indispensable dar gran precisión a las dimensiones y podrá usarse madera con



acabado rustico. En el concreto expuesto o cara vista, en cambio, los alineamientos y plomadas deberán ser muy precisos, y los reglamentos de concreto establecen las variaciones permisibles. Además, el acabado de las superficies, que generalmente son de tablas cepilladas o de triplay, debe ser lijado y protegido con aplicación de un producto especial que evite que el concreto se adhiera a la madera, pero sin manchar o teñir al concreto, teniendo cuidado, además, que no se contaminen las barras de refuerzo al aplicarse el producto, porque se perdería adherencia entre el acero y el concreto.

Los tableros que forman el encofrado se mantiene en posición utilizando distanciadores y tirantes. Los distanciadores pueden ser de manera y concreto que queda embebido en la estructura. Como tirantes se usan platinas, pernos pasantes y otros múltiples elementos de diseño industrial, que ofrece la ventaja de ser suficientemente sólidos y que pueden ser desmontados con facilidad, dejando en algunas oportunidades solamente unos agujeros pasantes en el concreto, que pueden ser resanados o que muchas veces quedan expuestos. También es muy frecuente el uso de alambre negro de diferentes calibres, pero en este caso debe tenerse cuidado, después de desencofrar, de cortar los extremos del alambre lo más profundo posible para evitar su oxidación posterior manche el concreto o el tarrajeo.

### **Requisitos de la madera para encofrados**

La madera a usarse para la elaboración de encofrados de cumplir los siguientes requisitos.

Debe ser liviana, y suficientemente resistente, con módulos de elasticidad que asegure la menor deformación posible.

Debe evitarse usar madera húmeda, ya que al secarse en obra, puede deformarse, además ofrecer menor resistencia.

No debe evitarse usar madera muy seca, ya que puede absorber parte de la humedad del concreto e hincharse. Se recomienda usar madera seca al aire, a un contenido de humedad de 15 a 18.

La madera debe estar libre de defectos, tales como nudos, rajaduras, alabeos, etc., que disminuye la resistencia, o en el caso de concreto caravista, que puedan aparecer en la superficie de estructura.

### **Tolerancia en dimensiones y posiciones de encofrados**

El Reglamento Nacional de Edificaciones [ver Ref. (11)], establece tolerancias tanto en las dimensiones de los elementos a encofrar como en la posición de los encofrados en su colocación, las cuales se presentan a continuación.

#### **Tolerancia en dimensiones**

Las tolerancias para las dimensiones de la sección transversal de vigas, columnas, zapatas y espesor de losas, muros y zapatas están dadas por:

$$\pm i = 0,25 \sqrt{dB}$$

Dónde:

l = Tolerancia en cm.  
 dB = Dimensión considerada para establecer su tolerancia en cm.

### Tolerancia en Posiciones

La tolerancia admisible para la posición de los ejes de columnas, muros y tabique respecto a los ejes indicados en los planos de construcción será

En un paño a 6 m máximo  $i=1,3\text{cm}$   
 En 12 m a más  $i=2,5\text{cm}$

Para valores intermedios entre 6 y 12 m. Se interpolan los valores de i.

La tolerancia admisible en el nivel de las losas entre dos pisos consecutivos no será en ningún punto mayor de:  $\pm i = 0,253\sqrt{dB}$

Respecto al nivel indicado en los planos de construcción.

### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### Materiales disponibles en el mercado peruano y materiales usados en las construcciones en el Perú y otros países

#### Materiales para encofrados de madera disponibles en el Perú

A continuación vamos a mostrar un listado de maderas existentes en el Perú para la producción de maderas aserradas, chapas y maderas contrachapadas para su utilización en encofrados en la construcción en el Perú.

Cuadro N° 01. Relación de maderas para la producción encofrados

NOMBRE COMÚN	NOMBRE INTERNACIONAL	PROCEDENCIA	MOE tn/cm <sup>2</sup>	MOR kg/cm <sup>2</sup>
CACHIMBO	Bacú (Ven).	Huánuco, Loreto, Madre de Dios y	131	735
CASHO	Canela, Lauro Branco.	Tingo María.	118	581
CONGO NA (MACHIN GA)	Guaimaro, Barimiso, Breadnut.	Ucayali, Loreto, Amazonas, Cuzco, Huánuco, Junín, Madre de Dios, Pasco y San Martín.	117	785
COPAIBA	Copaiba, Cupay.	Loreto y Ucayali.	112	736
CUMALA	Virola, Banak, Ucukiba.	Loreto, Ucayali y San Martín.	106	447
DIABLO FUERTE	Manio, Podocarpus (U.S.A.)	Ceja de selva (vertiente oriental y vertiente occidental de los Andes).	99	580
LUPUNA	Lupuna.	Loreto (Yurimaguas); Ucayali (Pucallpa, Contamana), Huánuco (Tingo María) y San Martín Tarapoto).	47	232
MACHIN	Zapote	Loreto, Ucayali y San Martín.	131	552
MOENA	Louro, Laurel.	Iquitos, Pucallpa y Huánuco	105	584
REQUIA	Bosee (Afr.)	Loreto, San Martín y Ucayali.	154	750
SHIRINGA	Seringueira, Hevea.	Loreto, Ucayali, Huánuco (Bosque Nacional del Iparia).	92	472
TAMAMURI	Tamamuri.	Loreto, Ucayali y Huánuco.	140	874
TORNILLO	Cedro Rana, Tornillo.	Iquitos, Huánuco y Cuzco.	108	576
UBOS	Caja (Bra), Hobo (Col), Jobo (Guy), Mombin (Guy Fran), Hobo (Ecu), Jobo (Pan), Mope (Sur), Jobo (Ven), Hogplum, Wild plum	Loreto, Madre de Dios, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Cuzco y Apurímac.	80	400
UCSHAQUIR O BLANCO	Milingo (Bol), Jibaro, Zapatero blanco (Ven), Tachyseiro blanco (Bra), Yawarridana (Guy).	Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali.	110	699

VILCO COLORADO	Bostamarinde (sur), Cenicero (Am.C) Humo, Tenaza (Mex), Saman, Hueso de Pescado (Ven)	Huánuco.	119	713
YACHAMA	Mastate.	Amazonas, Huánuco, Paseo, Junín, Loreto, Madre de Dios y San Martín,	79	500
YACUSHAPAN A	Nargustia (Hond) Amarillo (Pan) Fukadi (Guy), Amarillo, Palo amarillo (Par) Guyabi amarillo (Urug), Roble de Esmeralda (Ecu).	Amazonas, Cuzco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Ucayali	127	767

Fuente: Compendio de Informacion Tecnica de 32 Especies Forestales, Tomo 1 y 2, Publicada Por Citemadera Perú.

En cuanto al triplay podemos ver el cuadro N° 02 en donde se enumeran los triplay más comunes que podemos encontrar en el mercado peruano para usarlos como encofrados, entre los cuales destaca claramente el uso de chapas de copaiba y también en menor cuantía el uso de chapas de lupuna.

Cuadro N°02. Tipos de triplay comercializados en el Perú

TIPOS DE TRIPLAY
Triplay de Lupuna
Triplay de Copaiba
Triplay Fenólico de Copaiba.
Triplay de Copaiba con pegamento MR <sup>1</sup>
Triplay Fenolico FILM

Fuente: Empresas madereras del Perú.

<sup>1</sup> Pegamento: resistente a la humedad

## Materiales para encofrados de madera usados en el Perú

Antiguamente en el Perú se utilizaba Oregón (Duglas Fair), pero por su costo y por ser importado dejo de usarse. Actualmente la especie maderera más usada es el tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) que tienen propiedades físicas-mecánicas- aparentes, aunque se comercializa en longitudes que se ofertaba el Pino Oregon. [ver Ref. (2)]

Para el encofrado con madera aserrada, se utilizan tablas de espesores de 1" a 4", con anchos de 4", 6", 8", 10" y 12" y pies derechos o puntales en secciones de 2"x3", 3"x3", 3"x4", y 6"x4" generalmente, todos con largos variables en todos los casos.

Según el Estudio de mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción, elaborado por la empresa social holandesa SNV y el Centro de Innovación Tecnológica de la Madera (CITEMADERA) realizado en el 2009, [ver Ref. (13)]; la demanda de madera aserrada por parte del sector construcción equivale al 45% del mercado nacional de madera.

El documento señala que el mercado doméstico de madera aserrada no tiene una demanda sofisticada y eso explica que aún no exista una conciencia clara de la importancia de la normalización y el establecimiento de estándares en su comercialización. Incluso, añade, a las empresas de construcción les resulta difícil establecer los requerimientos que deberían implementarse en los productos maderables orientados a su sector.

El documento explica también que la demanda de las empresas constructoras no es lo suficientemente sofisticada como para exigir el uso de madera certificada. Esto más

bien es una condición ideal que se plantea que debería tener el material y que debería exigirse a los proveedores, pero consideran que establecerla como una exigencia puede llevar a incrementar los costos de la obra y por lo tanto reducir mucho más el uso de la madera en construcción.

Cuadro N° 03. Relación de maderas usadas en la construcción en el Perú

MADERA	N	%
CAOBA	1	54,20%
ROBLE	7	36,80%
CEDRO	1	51,40%
QUINILLA	3	17,50%
ESTORAQUE	3	16,00%
ISHPINGO	5	25,50%
PINO	7	34,90%
CÚMALA	5	24,10%
CACHIMBO	3	16,00%
HUAYO	1	8,50%
PUMAQUIRO	1	7,10%
SHIHUAHUACO	2	9,40%
CAPIRONA	4	20,30%
TORNILLO	1	58,00%
TAHUARI	2	12,30%
CONGONA	2	13,20%
LAGARTO	2	11,30%
MOENA	4	19,30%
CATAHUA	1	6,10%
OTRAS.	4	1,90%
Total	2	100%

Fuente: Estudio del mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción, CITEmadera.

Según el cuadro N°03, el tornillo es la madera más utilizada en el sector construcción. Le sigue la Caoba y el Cedro a nivel de preferencia. Más lejos figura el Roble, el Pino, el Ishpingo y la Cumala. Según se precisa, el Tornillo es utilizado básicamente como material durante el proceso de construcción (encofrados). Las empresas afirman que la madera puede ser usada en tres obras diferentes antes de ser eliminada. En cambio, la Caoba o el Cedro son utilizados como parte del acabado de la obra, en puertas, marcos de ventana, zócalos, etc.

A continuación se muestra un extracto de la entrevista que se obtuvo con un gerente de obras de una importante empresa:

“... La madera que se usa para encofrado en el Perú es el tonillo generalmente, también se utiliza bastante la copaiba que es de Tarapoto, en menores casos se usa el roble, también se utiliza el diablo fuerte.

En el Perú hasta hoy no se ha realizado estudios de la constantes elásticas del triplay que se utiliza; además no hay relación entre el triplay que se usa en EEUU y el Perú, para empezar todas las maderas que se usan en EEUU son coníferas y en el Perú son todas latifoliadas, son maderas tropicales, en segundo lugar no hay control de calidad del triplay en el Perú ni de la laminación de la madera, ni del pegamento que se usa para su fabricación. En la década de los ochenta en el Perú se importaba triplay de Brasil, pues este triplay se podía emplear como encofrado hasta veinte veces en cambio al triplay de fabricación nacional solo cinco veces. El triplay de Lupuna es un triplay de mala calidad a veces es utilizada por empresas pequeñas de construcción,

generalmente las compañías constructoras grandes no lo utilizan pues es mala calidad y da un mal acabado. Nuestra empresa en todas las obras que realizamos empleamos el triplay de copaiba y nos proporciona la Empresa Triplay Amazónico.

En el Perú nadie diseña sus encofrados, yo no conozco ningún ingeniero que haga un diseño de encofrado, por el simple hecho que en las especificaciones técnicas tanto para edificaciones como para carreteras no se exige. Yo pienso que el contratista debe presentar a la supervisión de la obra para su aprobación el diseño de sus encofrados. El contratista debe estar obligado a verificar la resistencia de sus materiales, triplay y madera, las características físicas y mecánicas para el encofrado y para ello se debe tener los equipos de laboratorio en el Perú. Por consiguiente se puede implementar en el laboratorio de la FIC UNI los equipos necesarios para realizar ensayos al triplay; para ello es necesaria la participación de la Universidad, el Ministerio de Vivienda y el Ministerio de Transportes para que esto tenga efecto....”, Ing. Manuel Saavedra Chang, Gerente de Proyectos de Obras de ICCGSA, Lima.

### **Maderas para encofrados usadas en otros países**

Los siguientes párrafos fueron extraídos del libro “El uso de la madera en encofrados de obra en Latinoamérica”. [ver Ref. (2)]

### **Uso de encofrados (cimbras) de madera en la construcción en México**

Las cimbras se ejecutan comúnmente de madera por ser un material que adopta con relativa facilidad diferentes formas y cuyo costo era, pues ha dejado de serlo ya, relativamente bajo. Una cimbra de madera en contacto directo con el concreto y en la cual se ha empleado una buena obra de mano, puede ser usada de 4 a 6 veces. Si el elemento no está en contacto directo con el concreto, como sucede en el caso de puntales, postes, refuerzos de tarimas, largueros, madrinas, etc., su vida útil comúnmente se calcula de 10 a 12 veces.

Son muchos los sistemas usados para cimbrar los distintos elementos de concreto tales como; para zapatas, losas de cimentación, para traveses de cimentación o contra traveses, columnas, traveses, y losas.

Es muy importante el hacer notar que la madera más usada en la Ciudad de México para la manufactura de cimbras, es la tabla de 10 cm (4”), por lo que es muy importante considerarla para proyectar secciones de concreto y entrejes. Este módulo de 10 cm es por la conveniencia de los madereros y de los constructores para efectuar el menor número de cortes dentro de las tablas normales de 30,4 cm (12”) que vienen del aserradero.

Además en México se viene utilizando un sistema mixto de origen estadounidense denominado STEEL-PLY, que se basa en el uso de paneles modulares de marco metálico y cara de contacto de madera, que se unen entre sí para facilitar y optimizar las operaciones de cimbrado y descimbrado. Este sistema de encofrado es muy usado para la construcción de muros de concreto y losas de concreto para entrepisos y techo.

Hay dos empresas conocidas que proporcionan este tipo de cimbra. la primera “CIMBRA-MEX S.A.”, que utiliza el triplay marino de pino poderosa de 12 mm con una cara recubierta de papel kraft impregnado en resina, que permite ser utilizado entre 60 a 70 veces con la ayuda de desmoldantes. La segunda “INGENIERIA DE CIMBRAS S.A.”, utiliza el duraplay de Parral nacional de 12 mm de espesor (40-60 usos) o el Eastwood Plywood de Canadá (100 usos)

En cuanto a la producción de materia prima, la madera tiene algunos problemas en durabilidad, desgaste y deformación que afecta su reutilización. Para el caso de tableros contrachapados los productores mexicanos ofertan productos de buena calidad pero poco competitivos en costos con los tableros importados. De acuerdo a la ANAFATA, la norma de calidad mexicana "NMX-C-438-ONNCCE-2006", es más exigente que la americana.

En cuanto al uso de madera en cimbras no existen normas ni especificaciones técnicas suficientes, solo se usa recomendaciones del ACI, que son para maderas norteamericanas. Existen algunas especificaciones, pero son solo de carácter voluntario y no mandatorio.

### **Uso de Encofrados de Madera en la Construcción en Ecuador**

La madera utilizada en encofrado proviene de lo que se llama el tercer ciclo de explotación del bosque. Primero se extraen las trozas para el contrachapado, en segundo término, se extraen las trozas para madera aserrada y en tercer lugar se extraen trozas para madera para construcción.

En Ecuador existen tres técnicas para el uso de la madera en encofrados: el tradicional con madera aserrada o tabla de monte, los tableros machihembrados y los paneles de madera contrachapados.

Encofrado tradicional; se utiliza madera de baja densidad entre 0,30 y 0,35 de peso específico entre las cuales destacan: el aguacatillo, el cedro blanco, el sajo, la tangama y otras maderas blancas. También se usan maderas más duras y resistentes como el laurel y el sande, los cuales rigidizan la superficie de encofrado. Entre las dimensiones más comunes tenemos: tablones de monte de 2x25x240 cm y 4x25x240 cm, alfajías de eucalipto de 7x7x240 cm, cuarterones de 4x4x240 cm, tiras de eucalipto de 2,5x2,5x240 cm y los rieles de 1,5x1,5x240 cm. Otro elemento muy utilizado son los pingos de eucalipto que son utilizados de 10 a 15 veces como pies derechos y son de madera rolliza de 8 a 10 cm de diámetro y 240 cm de largo, que son utilizados entre 4 a 5 palos por m<sup>2</sup> de techo.

Tableros machihembrados; en Ecuador se usan para el encofrado de muros, columnas, y losas de concreto. Se utilizan duelas de machihembradas de eucalipto de 1,5 cm de espesor y 10 cm de ancho. Las dimensiones más comunes son de 0,60x1,20 m y de 0,80x1,20 m. Normalmente utilizan 2 o 3 largueros de canelo o colorado de 4x4 cm y longitud variable. Los paneles pueden ser reutilizados de 4 a 6 veces.

Paneles de contrachapado; se utilizan elemento prefabricados de tableros contrachapados de madera de 12 ó 15 mm de espesor con colas hidrosesistentes. Este contrachapado tiene la posibilidad de ser rigidizado por elementos de madera o de metal y pueden ser utilizados entre 8 y 10 veces. Se fabrican en múltiplos o submúltiplo de 1,20 m para aprovechar la modulación del tablero contrachapado que es de 1,20x2,44 m (4x8 pies). Las dimensiones más comunes de los paneles son: módulo I de 0,30x1,20 m, módulo II de 0,40x1,20 m, módulo III de 0,60x1,20 m y el módulo IV de 1,20x1,20 m.

En Ecuador no se le da mucho valor al encofrado de madera porque esta es barata debido a su procesamiento con motosierra y a su procedencia de bosques desforestados. Así mismo, la madera utilizada en encofrados se vende sin control de

calidad, con espesores no normalizados, baja resistencia a la humedad, es frágil y en resistencia mecánica es muy poco aparente, lo que hace un pésimo nivel de reutilización entre 1 o máximo 2 veces.

En cuanto a la normalización referida a la madera hay la inexistencia de normas y esto se ve reflejado en los problemas con la nomenclatura y en la homogenización de las unidades de medición, como por ejemplo encontrar en el mercado ecuatoriano venta de madera en largos de pies y varas, espesores en pulgadas y los anchos en centímetros. La madera de monte o de encofrado forma parte de un grupo de especies que no están clasificadas. Existen solo 3 normas en el INEN para madera contrachapada, pero ninguna de estas referida a encofrados.

### **Uso de encofrados de madera en la construcción en Argentina**

Al igual que en otros países latinoamericanos se utilizan tablas de madera como el encofrado más utilizado, en segundo lugar aparecen los tableros contrachapados, como superficie a encofrar combinándose con estructuras de sostén de tipo metálico o de madera.

Las maderas más utilizadas son el Pino Saligue, el Pino Elliotis y el Pino Parana, provenientes de plantaciones. Las dimensiones más comunes son de 1"x3", 1"x5", 1"x6" y longitudes de 3-5 metros en el caso de tablas y tablillas, empleándose hasta en 3 usos. En el caso de los tirantes o puntales poseen secciones de 2"x3" y 3"x3" y longitud de 2,8 m, con una reutilización de hasta 6 veces.

En cuanto a los contrachapados, se utiliza espesores de 15 ó 20 mm, los cuales son del tipo fenólico con caras plastificadas. La calidad de estos depende de la calidad de origen de la madera. Los tableros de madera compensados están constituidos por láminas de 1, 2 ó 3 mm de espesor de madera de guayca, peteribi, pino y otras, los cuales están encolados entre sí con adhesivos fenólicos y ureicos, con terminación lijada o plastificada. Se reutilizan de 15 a 25 veces, para lo cual se usan selladores a base de poliuretano, epoxy, poliéster o caucho de neoprene. Las medidas más usuales son de 1,22 x 2,44 m, 1,22 x 2,20 m y 1,00 x 2,00 m.

En cuanto a la producción de madera ya se mencionó que la madera más utilizada es el Pino Saligne (3 a 4 usos) y el Pino Parana al cual se le da un mayor número de usos con una mejor calidad de acabados, especialmente en concreto caravista. También se utiliza madera sin tratar en estado verde y sin cepillar. En Argentina existen problemas de estandarizaciones de dimensiones al igual que en Ecuador, en lo que se refiere a largos y anchos. No existe un proceso de transformación intermedia, entre el aserradero y la obra.

En cuanto a la normalización no existen normas ni especificaciones técnicas respecto al uso de la madera en encofrados, pero este no es un problema en la calidad de los mismos. La secretaria de Vivienda y Ordenamiento Ambiental del Ministerio de salud y Acción Social, otorgan en Argentina certificados de aptitud técnica a sistemas constructivos, los cuales tienen una vigencia de a 3 años renovables.

### **Uso de encofrados (moldes) de madera en la construcción en Chile**

El pino radiata representa el 90% del consumo de madera para encofrados en Chile. También se utilizan la madera rolliza del raleo de los bosques, lográndose utilizarlas 10-12 veces como pies derechos.

En cuanto a la producción de materia prima existen grandes plantaciones del ya antes mencionado pino radiata, lo cual hacen que esta tenga un costo barato y por ende hace que se cuide poco o casi nada esta madera.

En cuanto a la normalización se tiene la norma NCh1207.Of2005, que nos habla sobre la Clasificación visual para uso estructural y las especificaciones de los grados de calidad, pero esta no habla propiamente de la calidad de la madera para encofrados.

En términos de utilización de la madera en encofrados, en Chile hay tecnología suficiente para el empleo adecuado de este. Sin embargo hay grandes cantidades de desperdicios de la madera de encofrados, producto de la mala tecnología del desmoldaje.

A manera de resumen se muestra un cuadro resumen de las especies de madera, números de usos de la madera y triplay y por ultimo coeficientes de consumo de esta en los países antes nombrados.

Cuadro N° 04. Coeficientes de consumo de madera

		MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	PERÚ
TIPO DE ESPECIE		PINO	LATIFOLIADA, EUCALIPTO Y BAMBÚ	PINO	PINO	LATIFOLIADA
N° DE USOS MADERA		04-12	01-03	03-06	02-06	04-14
N° DE USOS TRIPLAY		07-50	08-10	15-25	08-20	03-05
CONSUMO DE MADERA						
m <sup>3</sup> mad/m <sup>3</sup> conc.	CASAS	0,8	0,29	0,08	0,1 2	0,08
	EDIFICIOS	n.d	0,13	0,10	0,1 1	0,053
m <sup>3</sup> mad/m <sup>2</sup> cons	CASAS	0,023	0,052	0,014	0,0 23	0,034
	EDIFICIOS	n.d	0,059	0,030	0,0 37	0,020
pt/m <sup>2</sup> cons	CASAS	10	22	06	10	14
	EDIFICIOS	n.d	25	13	16	8

Fuente: Arbaiza M., C. 2000. El uso de la madera en encofrados de obra en Latinoamérica. n.d : Información no disponible.

## Normas Asociadas al Uso de la Madera.

### RNE Y NTP

En nuestro reglamento nacional de edificaciones hay un capítulo dedicado exclusivamente dedicado a la madera E-010; que nos muestra el agrupamiento de la madera para uso estructural. Sin embargo no menciona información acerca de un agrupamiento de la madera enfocado para el uso de encofrados, tampoco tienen información acerca de tableros contrachapados.



Recién en el apartado E-060, en su capítulo 6 [ver Ref. (1)], se menciona los requisitos y consideraciones para el diseño de los encofrados como son:

Velocidad y procedimiento de colocación del concreto.

Cargas de construcción, verticales horizontales, y de impacto.

Requisitos de los encofrados especiales empleados en la construcción de cáscaras, cúpulas, concreto arquitectónico o elementos similares.

Además para el desencofrado nos menciona que este se debe realizar de tal manera que no se afecte negativamente la seguridad o condiciones de servicio de la estructura. El concreto expuesto por el desencofrado debe tener suficiente resistencia para no ser dañado por las operaciones de desencofrado.

Como se puede apreciar es muy vaga la información también proporcionado en este apartado por tal no puede ser considerado como guía para el uso de encofrados.

Respecto a las Normas Tecinas Peruanas se pudo encontrar información acerca de la madera contrachapada que se detalla a continuación:

En la Norma Técnica Peruana NTP 251.039 [ver Ref. (5)], se pudo encontrar las dimensiones de los tableros comerciales en el Perú. Sus medidas son:

Cuadro N° 05. Dimensiones comerciales de tableros Contrachapados

DIMENSIONES	EQUIVALENCIAS
2140 mm x 920 mm	(7' x 3')
2140 mm x 1220 mm	(7' x 4')
2140 mm x 1520 mm	(7' x 5')
2440 mm x 920 mm	(8' x 3')
2440 mm x 1220 mm	(8' x 4')
2440 mm x 1520 mm	(8' x 5')
2440 mm x 1520 mm	(10' x 5')

Fuente: Norma Técnica Peruana 251.039

## Tolerancias

En el largo y ancho: + / - 6 mm

En espesor: De 3 mm a 5 mm + / - 0,3 mm

De 6 mm a 10 mm + / - 0,4mm

De 11 mm a 15 mm + / - 0,5 mm

De 16 mm a 20 mm + / - 0,7 mm De 21 mm en adelante + / - 1,0 mm

En la Norma Técnica Peruana NTP 251.040 [ver Ref. (6)], se hace una clasificación de los tableros por la calidad de sus caras. Podemos ver que hay 4 tipos de tablero los cuales son:

## Clase A

Cara formada por una o varias chapas de maderas sanas y bien cortadas. El número de bandas o tiras que la formen será, como máximo, de tres por cara, siempre que las juntas estén perfectamente hechas, la especie sea la misma, los colores estén entonados y las juntas interiores bien empalmadas.

## Clase B

Cara formada por chapas de madera bien cortadas. No se limita el número de bandas o tiras siempre que las juntas estén bien hechas y no permitan grandes diferencias de tonalidad.

## Clase C

Cara juntada compuesta de una o varias chapas, no siendo necesario que estén entomadas ni se limite su ancho admitiéndose ocasionalmente una junta con separación de 2 mm de ancho como máximo.

## Clase R

Caras con todos los defectos en número cualquiera.

Además existen diversos ensayos físicos - mecánicos y de control de calidad para tableros contrachapados los cuales son:

NTP 251.042:1979. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de encolado. Ensayo físico"

NTP 251.043:1979. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de encolado. Ensayo biológico"

NTP 251.057:1980. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Determinación de la densidad".

NTP 251.064:1982. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Medidas de las dimensiones, rectitud y del escuadrado de tableros".

NTP 251.066:1982. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de flexión".

NTP 251.080:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de extracción de clavos".

NTP 251.081:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de dureza".

NTP 251.082:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de extracción de tornillos".

NTP 251.083:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADOS. Ensayo de tracción paralela a las caras".

NTP 251.084:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADAS. Ensayos de expansión y contracción debido a cambios en el contenido de humedad".

NTP 251.090:1986. "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADAS.  
Determinación de la resistencia a la perforación dinámica".

### **PS1-95 (APA)**

Esta norma comprende las especies de madera, clasificación de chapas, obligaciones en pegamentos, construcción de paneles y mano de obra, dimensiones y tolerancias, marcado, contenido de humedad, y el embalaje de madera contrachapada destinados a la construcción y usos industriales. Para efectos de esta Norma solo son consideradas las especies de coníferas o frondosas. Toda esta norma se puede visualizar en el Anexo N° 02 de donde se han extraído las tablas y textos que se detallan a continuación.

Además podemos decir que el ACI en su guía para el diseño, construcción y materiales de encofrados para concreto "ACI 347-04" designa como fuente de información para la madera contrachapada a la norma PS1-95 y otras del APA.

### **Clasificación de chapas**

El contrachapado cubierto por esta Norma son clasificados por la durabilidad a la exposición y por la calidad de estas.

La norma clasifica en cuanto a la durabilidad a la exposición a los tableros en uso para interior y exterior; en este caso es de nuestro interés los tableros de uso exterior por ser usados en la construcción. Estos están en función de la calidad de chapa y de la durabilidad del adhesivo. En cuanto a la calidad dentro de cada clasificación de la durabilidad de la exposición, hay un número de grados de panel basado en la calidad de las caras y la construcción del panel.

La norma de fabricación de tableros PS 1-95 define las siguientes clases de chapas:

N: Apta para acabado natural, superficie limpia sin defectos.

A: Superficie lisa, sin nudos. Admite parches y reparaciones con material sintético apta para pintar.

B: Debe tener una superficie lisa, admite nudos trabados y pequeños defectos de lijado. Se toleran parches y reparaciones con material sintético.

C: Admite nudos de 38 mm de diámetro y agujeros de nudos de hasta 25,4 mm de diámetro; grietas y otros defectos hasta de 12,5 mm de ancho.

C-2 Plugged: Es una chapa de clase c reparada con limitación de grietas a 3 mm de ancho.

D: Es la calidad más baja admitida por la norma PS1-95 en cuanto a los defectos que presenta. Limitación de nudos y agujeros de nudo a 63,5 mm. Anchura máxima de grietas limitada a 25,4 mm.

## Clases de tableros

Se designan o bien por la clase de chapas que lo componen o por un nombre que hace referencia al uso a que se destina. A continuación se muestra la tabla para tableros de uso exterior en donde se puede ver que para encofrados se utiliza la designación B-B y B-B HIGH DENSITY CONCRETE FORM OVERLAY.

Cuadro N° 06. Clases de madera contrachapada para exteriores

Panel Grade Designations	Minimum Veneer Quality			Surface
	Face	Back	Inner Plies	
Marine, A-A, A-B, B-B, HDO, MDO		See 5.6.1		See regular grades
Special Exterior, A-A, A-B, B-B, HDO, MDO		See 5.6.7		See regular grades
A-A	A	A	C	Sanded 2 sides
A-B	A	B	C	Sanded 2 sides
A-C	A	C	C	Sanded 2 sides
B-B (concrete form)		See 5.6.4		-
B-B	B	B	C	Sanded 2 sides
B-C	B	C	C	Sanded 2 sides
C-C Plugged <sup>(b)</sup>	C Plugged	C	C	Touch-sanded
C-C	C	C	C	Unsanded <sup>(c)</sup>
A-A High Density Overlay	A	A	C Plugged	-
B-B High Density Overlay	B	B	C Plugged <sup>(d)</sup>	-
B-B High Density Concrete Form Overlay (See 5.6.4)	B	B	C Plugged	-
B-B Medium Density Overlay	B	B	C	-
Special Overlays	C	C	C	-

Fuente: PS1-95, Tabla3, APA

Además esta norma nos muestra los requisitos mínimos de elaboración para todos los paneles, los cuales deben cumplir con el número mínimo de chapas y capas como se indica en el cuadro N° 06. La proporción de madera con el grano perpendicular al panel de veta de la cara no deberá ser inferior a 33% y no más de 70% del espesor total del panel.

Cuadro N°07. Requisitos mínimos de construcción de tableros contrachapados

Panel Grades	Finished Panel Nominal Thickness Range	Minimum Number of Plies	Minimum Number of Layers
Exterior Marine Special Exterior (See 5.6.7) B-B concrete form High Density Overlay High Density concrete form overlay	Through 9.5 mm (3/8 inch) Over 9.5 mm (3/8 inch), through 19 mm (3/4 inch) Over 19 mm (3/4 inch)	3 5 7	3 5 7
Interior N-N, N-A, N-B, N-D, A-A, A-B, A-D, B-B, B-D Structural I (C-D, C-D Plugged and Underlayment)	Through 9.5 mm (3/8 inch) Over 9.5 mm (3/8 inch), through 12.7 mm (1/2 inch) Over 12.7 mm (1/2 inch), through 22.2 mm (7/8 inch) Over 22.2 mm (7/8 inch)	3 4 5 6	3 3 5 5
Exterior A-A, A-B, A-C, B-B, B-C Structural I (C-C and C-C Plugged) (See 5.6.5) Medium Density and special overlays			
Interior (Including grades with exterior glue) Underlayment	Through 12.7 mm (1/2 inch) Over 12.7 mm (1/2 inch), through 19 mm (3/4 inch) Over 19 mm (3/4 inch)	3 4 5	3 3 5
Interior (Including grades with exterior glue) C-D C-D Plugged	Through 15.9 mm (5/8 inch) Over 15.9 mm (5/8 inch), through 19 mm (3/4 inch) Over 19 mm (3/4 inch)	3 4 5	3 3 5
Exterior C-C			

Fuente: PS1-95, Tabla4, APA

## **Encolado**

Normalmente los tableros contrachapados de construcción se fabrican con cola fenólica, es decir WBP (Water and Boiling Proof). De acuerdo con la norma americana de tableros PS 1-95 todo tablero que lleva en su sello de calidad la palabra "exterior" o "EXPOSURE 1" es un tablero fenólico. En el caso de los tableros exteriores puede colocarse a plena exposición y los de tipo "EXPOSURE 1" admite exposición a la intemperie durante varios meses.

## **Ensayos**

En esta norma todos los ensayos se basan en 2 aspectos importantes como son: determinar la calidad de la unión de cola de la madera contrachapada producido según esta norma y determinar el desempeño estructural. A continuación mencionamos algunos ensayos nombrados en esta norma para tableros de uso exterior.

Ensayos de contrachapado Exterior e Interior unido con pegamento exterior:  
Ensayo de presión-vacío, ensayo de ebullición y ensayo de durabilidad de calor.

Ensayo para la determinación del contenido de humedad

Ensayos de "Scarf and finger joint"

Ensayo de Molde

Ensayo de bacterias

Ensayos para rendimiento bajo concentrados cargas estáticas y de impacto (ASTM E-661)

Ensayo para un rendimiento bajo cargas uniformes. (ASTM E-661)

Ensayo de resistencia a la flexión. (ASTM D-3043 Método C)

Ensayo de resistencia al esfuerzo cortante planar (ASTM D-2718)

Ensayo de resistencia al esfuerzo cortante a través de la fuerza aplicada largo de bordes opuestos. (ASTM D-2719 Método C)

## **NMX-C-438-ONNCCE-2006 [ver ref. (8)]**

Esta norma mexicana establece la denominación, clasificación y especificaciones que deben cumplir los tableros contrachapados elaborados con madera de pino en su vista y trasera que se fabrican y comercializan en la República Mexicana. Establece un sistema de clasificación para la calidad de las chapas, dimensiones de los tableros, adhesivos y características básicas que deben reunir los diferentes tipos de tableros contrachapados. Esta norma mexicana es solo aplicable a los tableros contrachapados hechos de madera de pino. No es aplicable a los tableros contrachapados elaborados con maderas latifoliadas en su vista o cara ni a tableros combinados con centros de madera enlistonada.

## Clasificación y designación de los tableros

Esta norma clasifica a los tableros en base a su resistencia a la exposición y en la calidad de sus chapas. Dentro de cada clase definida por la resistencia a la exposición, existe un número de clases de tableros basados en la clase de las chapas. Para nuestro caso analizaremos los tableros para uso en exteriores por emplearse en la construcción y en usos industriales donde se requiere resistencia a la humedad.

## Calidad de las chapas

En la norma se establece la calidad de la chapa por medio de las letras N, A, B, C, D, la N es la de mejor calidad y D la de menor calidad. La N es muy similar a la A y están libres de nudos, bolsas de resina, rajaduras y otros defectos. Las demás clases aceptan diferentes porcentajes de los defectos indicados ver ANEXO N°03. Las combinaciones de las vistas para los tableros de tipo exterior se presentan en el Cuadro N°08.

Cuadro N° 08. Combinaciones de chapas en tableros para exteriores

COMBINACIONES	CARA	TRASCARA	CHAPAS INTERNAS
AA	A	A	C
AB	A	B	C
AC	A	C	C
AD	A	D	C
BB	B	B	C
BC	B	C	C
CC	C	C	C

## Contenido de humedad

Se menciona que todos los tableros se elaboran con chapas previamente secadas hasta contenidos de humedad iguales o inferiores a 10 %.

## Adhesivos a usar

Los adhesivos a usar en tableros de uso en exteriores se aceptan solamente resinas de fenol-formaldehído: resorcinol o mezclas de fenol-resorcinol. El tipo de adhesivo con el que se fabrique el tablero debe ir indicado en el sello del mismo.

## NMX-C-439-ONNCCE-2006 [ver ref. (9)]

Esta norma mexicana establece los métodos de ensayo para evaluar las propiedades físicas de los tableros contrachapados elaborados con madera de pino en su vista y trascara que se fabrican y comercializan en la República Mexicana.

## Métodos de ensayo de las propiedades físicas

Esta norma menciona 7 tipos de ensayos físicos para tableros de madera contrachapados los cuales se realizan tanto para tableros de uso interior y exterior el cual es de nuestro interés. A continuación se nombran los ensayos y además se podrá encontrar en el ANEXO N°04 su objetivo y campo de aplicación, equipos, aparatos,

instrumentos, preparación y acondicionamiento de las muestras, procedimiento, cálculo, expresión de resultados, exactitud y contenido del informe de cada uno.

- Dimensiones de los tableros
- Escuadría del tablero
- Grosos de las chapas
- Densidad del tablero
- Contenido de humedad del tablero
- Calidad de las chapas
- Adherencia de las chapas del tablero

### **NMX-C-440-ONNCCE-2006 [ver ref. (10)]**

Esta norma mexicana establece los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas de tableros contrachapados de madera de coníferas, utilizando pequeños especímenes. Los métodos descritos en esta norma son aplicables a material que tiene características elásticas y de resistencias uniformes; destinadas a emplearse en construcción, cimbras entre otros.

Esta norma menciona 5 tipos de ensayos mecánicos para tableros de madera contrachapada los cuales se realizan tanto para tableros de uso interior y exterior el cual es de nuestro interés. A continuación se nombran los ensayos y además se podrá encontrar en el ANEXO N°05 su objetivo y campo de aplicación, equipos, aparatos, instrumentos, preparación y acondicionamiento de especímenes, condiciones ambientales, método de ensayo, cálculo, expresión de resultados, exactitud y contenido del informe de cada uno.

- Flexión
- Tensión
- Compresión
- Cortante a través del grosor
- Cortante en el piano

Los ensayos mecánicos mencionados en esta norma están basados en las siguientes normas americanas: ASTM D-2719-89, ASTM D-3043-99, ASTM D-3500- 99, ASTM D-3501-99 y ASTM D-2718-95.

### **Requisitos y control de calidad de la madera**

En este capítulo hacemos mención de cómo son controlados en cuanto a su calidad y requerimientos los tableros contrachapados en los Estados Unidos mediante la norma voluntaria PS1-95 del APA.

Los sellos APA indican que el fabricante del tablero está sometido a control independiente por parte de APA, con inspecciones de forma aleatoria. Además lleva a cabo su propio autocontrol, cuyos resultados están a disposición de los inspectores de APA. El fabricante es responsable de la calidad de sus productos en cualquier caso. Si se produce una reclamación por parte del cliente sobre tableros con sello APA el fabricante debe responder directamente, aunque puede solicitar a APA la realización de un examen del material objeto de la reclamación. APA realiza un informe para el fabricante en el que se recogen los hechos que afectan al producto cuya calidad se discute. En este sentido, APA proporciona una seguridad de que la producción está sujeta a controles de calidad, y que el producto reúne las condiciones mínimas establecidas.

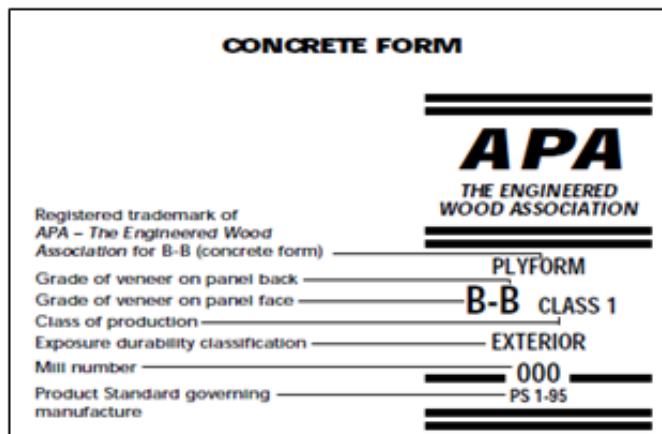
El sello APA además contiene información sobre el tablero al que se aplica, sobre sus características o sobre su utilización. Aunque no toda la información que se describe a continuación está contenida en cada sello, éste debe reunir la mínima imprescindible, que será diferente en cada caso.

Todos los paneles representados como conformes a esta norma deberán ser identificados con marcas deben dar la siguiente información:

- Clase de chapas del tablero
- Tipo de encolado
- Distancia entre apoyos en pulgadas
- Clase de madera. (Grupo de especie)
- Grueso nominal en pulgada
- Dimensionado para espaciamiento
- Machihembrado
- Norma de fabricación de tableros contrachapados
- Reconocimiento de APA como agencia de control de calidad
- Reconocimiento del producto para uso en construcción
- Número y naturaleza de reparaciones en la cara del tablero
- Número del fabricante.

A efectos ilustrativos exclusivamente, se incluyen a continuación un sello de calidad para un tablero destino para encofrados.

Sello de la APA para un tablero contrachapado para encofrado



El tipo de encolado no suele faltar nunca en los tableros. Si se trata de un tablero clasificado por su uso no faltará el dato de la distancia entre apoyos ni el grueso nominal.

En cuanto a la Calidad de la chapa mencionada en el sello del APA, como se ha descrito anteriormente existen 5 clases de chapas a los efectos de su utilización como material estructural:

N y A: Sin nudos y número de reparaciones limitado



B: Superficie lisa. Con pequeños nudos redondos. Con parches reparaciones sintéticas redondas.

C: Pequeños nudos, agujeros de nudo y parches. Es la mínima calidad admisible para tableros de uso exterior.

C Plugged: Es una clase c mejorada.

D: Nudos grandes, agujeros de nudo. Calidad no admisible para tableros de uso exterior.

## ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN

En cuanto a la madera aserrada y su uso en la construcción, existe en nuestro país la Norma E-010 del Reglamento Nacional de Edificaciones que regula su utilización en edificaciones con fines estructurales, pero no como uso en encofrados.

En cuanto a la madera contrachapada existen normas técnicas peruanas que están enfocadas en realizar ensayos, pero no existen normas que establezcan requisitos para su uso en encofrados. En el presente informe se ha dado mayor interés a la recopilación de información acerca de la madera contrachapada, por carecer esta de investigación, en cuanto su clasificación, calidad y uso como encofrado.

En nuestro medio la madera contrachapada más usada es la hecha por chapas de Copaiba y en menor cuantía las chapas hechas de Lupuna; la Copaiba es relativamente fácil de aserrar y de buena trabajabilidad al labrado.

A continuación se muestra un cuadro con las propiedades mecánicas proporcionadas por la empresa "REMASA EL PINO" de los tres 3 diferentes triplay que esta ofrece para ser usado como encofrados, en la que se puede apreciar claramente que la hecha por chapas de copaiba ofrece mejores características mecánicas.

Cuadro N°09. Valores medio de propiedades mecánicas del triplay  
Copaiba, Fenolico Film y Lupuna.

PROPIEDAD	COPAIBA (18mm)	fenolico film (18mm)	LUPUNA 18 mm
Máximo esfuerzo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	736	589,9	239
Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) * 1000	112	63,8	No

Fuente: Remasa El Pino

En la tesis: "Determinación de las propiedades físico-mecánicas del triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de triplay, enchapados" [ver Ref. (12)], se mencionan valores de propiedades mecánicas para distintos tableros elaborados con chapas de pino que se detallan a continuación:

Cuadro N°10. Valores de propiedades mecánicas para tableros elaborados con el género *Pinus*.

PROPIEDAD	ESPESOR	
	3mm	6mm
Esfuerzo al Límite de Proporcionalidad	446	355
Máximo esfuerzo de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	738	532
Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) * 1000	132	901

Fuente: Hecho por la subsecretaría Forestal y de la Fauna de México que reporta información del genero *Pinus*

Cuadro N°11. Propiedades mecánicas en flexión estática de tableros contrachapados de madera de pino

PROPIEDAD	ESPESOR		
	9mm	16 mm	19 mm
Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) * 1000	135,1 a 95,2	140,4 a 98,3	109,7 a 90,3
Máximo esfuerzo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	496,1 a 527,8	496,10 a 527,8	620,6 a 521

Fuente: Chávez G., A. 1985. Análisis de las propiedades mecánicas en flexión estática de tableros contrachapados de madera de pino. Tesis profesional.

Cuadro N° 12. Propiedades mecánicas de tres tableros contrachapados de

PROPIEDAD	ESPESOR		
	3mm	9mm	6mm
Esfuerzo al Límite de Proporcionalidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	234,4	176,7	148,6
Máximo esfuerzo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	814,4	700,1	576,2
Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) * 1000	52,10	42,70	46,2

pino provenientes de diferentes fabricantes

Fuente: López S., E. 2000. Propiedades físico-mecánicas de nueve tableros contrachapados de pino, de tres fabricantes nacionales. Tesis Profesional.

Cuadro N°13. Valores medio de propiedades mecánicas del triplay de 16mm y 19 mm con chapa de pino, *Pinus arizonica* Engelm.

PROPIEDAD	Espesor	
	16 mm	19 mm
Esfuerzo al Límite de Proporcionalidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	313,9	280,9
Máximo esfuerzo de Ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	386,1	344,4

Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) * 1000	50,3	54,1
--	------	------

Fuente: Rubio J., M. 2006. Determinación de las propiedades físico-mecánicas del triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de triplay, enchapados. Tesis Profesional.

Si bien los valores anteriores no son válidos para nuestra realidad por ser estas hechas en tableros de madera de especie conífera y siendo nuestros tableros de especie latifoliada; nos sirven como ejemplos de investigación que debemos empezar a realizar, dado que solo a partir de ensayos en los distintas maderas contrachapadas que existen en nuestro país, podemos clasificar a estas para uso como encofrados.

Cabe resaltar que en nuestro país ningún laboratorio de ensayo de materiales ya sea de instituciones educativas o laboratorios privados realiza ensayos físicos-mecánicos en triplay. Esto es una consecuencia de la inexistencia de una normatividad para el control de calidad del triplay para ser usado como encofrado.

En cuanto a la clasificación de tableros contrachapados que ofrecen las normas técnicas peruana podemos ver que estas son clasificadas solo por la calidad de sus caras, dejando de lado una clasificación por su resistencia y por la durabilidad del encolado (unión de las chapas)

A diferencia de nosotros la norma voluntaria PS1-95 de la APA, clasifica a sus tableros en función a la calidad de sus chapas y a la durabilidad de su adhesivo; además los tableros en esta norma son previamente clasificados de acuerdo así son usados para uso interior o exterior. Podemos ver que en esta norma dentro de la clasificación de madera contrachapada para uso en exteriores, existe un tablero específico para ser utilizado como encofrado de concreto (cuadro N°06). Esta norma menciona ensayos físicos y mecánicos para tableros de uso exterior basados en las normas ASTM.

Existe también una normatividad mexicana que se asemeja mucho a la norteamericana, pues también distingue a los tableros para un uso interior o exterior. La norma “NMX-C-438-ONNCCE-2006”, clasifica a los tableros por su resistencia a la exposición y por la calidad de sus chapas. Esta norma clasifica a la calidad de sus chapas en base a la clasificación que hace el PS1-95. Las normas “NMX-C-439-ONNCCE-2006” y “NMX-C-440-ONNCCE-2006”, establecen la normatividad en ensayos físicos y mecánicos respectivamente, también basados en el ASTM.

A pesar de que las normas antes mencionadas son hechas para maderas coníferas, y no para maderas latifoliadas, que son las que existen en nuestro país; estas deben ser aprovechadas como guía para una futura clasificación de tableros tanto para uso en exteriores como interiores. Además de establecer unos requisitos mínimos para elaboración de tableros contrachapados.

## **CONCLUSIONES**

La especie mayormente utilizada en el país es el Tornillo, también se utiliza la Moena Amarilla y diversas variedades de Roble. Las características físicas y mecánicas del Tornillo, permiten que esta madera sea utilizada en promedio de

6 – 10 veces. Toda la madera utilizada proviene de bosques naturales tropicales. En el caso del mercado de Lima, viene de la selva central y de la zona de Ucayali. También se utiliza madera rolliza de Eucalipto proveniente de la Sierra.

La producción de madera en nuestro país presenta claras deficiencias respecto a la estandarización de dimensiones y a la calidad de la madera. Los comercializadores compran la madera en lotes de piezas buenas y malas. Por otro lado los consumidores están acostumbrados a comprar la madera sin estar agrupada ni clasificada en los depósitos o aserraderos.

En nuestro país al igual que en otros países en latinoamericana no existe una norma que clasifique a la madera para ser utilizada como encofrado, simplemente lo que encontramos en nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones es una clasificación basada en sus propiedades mecánicas, con fines estructurales hechas a partir de la Junta del Acuerdo de Cartagena.

En nuestro país es poca o casi nula la industrialización de los encofrados de madera. No existen empresas especializadas que oferten sistemas industrializados en encofrados de madera aserrada o madera contrachapada, simplemente lo que existe son empresas madereras que venden madera con medidas estándar para ser usadas como encofrados. Esta carencia representa un obstáculo que probablemente sea resuelto por la propia oferta y demanda del mercado.

El Estudio hecho por la CITEmadera, concluye que existe una demanda y necesidad de comercialización de madera aserrada predimensionada y seca, para elevar el nivel consumo de madera en la construcción y en la calidad de los productos maderables, como son los encofrados.

## **RECOMENDACIONES**

Identificar las nuevas especies forestales, que sustituyan al Tornillo por su costo y demasiada explotación; por especies más abundantes y de similares propiedades físico- mecánicas, como en el caso del Cachimbo, el Lagarto de la zona de Pucallpa y el Nogal Amarillo proveniente de la Selva Central.

Se debe desarrollar en nuestro país una regla de clasificación visual por defectos con sus respectivas tolerancias, para madera usada en encofrados; está debe estar destinada a soportar esfuerzos temporales, pero que requieren de un proceso de análisis y diseño estructural.

Se debe establecer un grupo estructural de maderas para encofrados tomando como base el agrupamiento que se realiza en la Norma E. 0,10, que establece los valores de densidad, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B Y C.

Mejorar la extracción y transformación de la madera en general (no solo la de encofrados), identificando un programa de optimización, desde el proceso primario de transformación, que elimine desperdicios y que aumente el control

de calidad, en lo aserraderos. Esto podría facilitar la reducción de costos, utilizando los remanentes de tablas y tablillas para la prefabricación de encofrados.

Aumentar el valor agregado de la madera de encofrado, estableciendo grados de calidad, secándola al horno y ofertando madera cepillada y no simplemente aserrada.

Perfeccionar la calidad de los tableros contrachapados introduciendo especies madereras más resistentes; con colas fenólicas, hidrorresistentes y superficies de revestimiento apropiadas para aumentar la vida útil de los tableros en contacto con el concreto.

Apoyar la elaboración de especificaciones técnicas o guías prácticas “Guía de encofrados de madera”, para la utilización de encofrados tradicionales con madera aserrada o tableros contrachapados, en la cual se especifiquen alternativas de sistemas de encofrados, soluciones de uniones estructurales, relación o grupo de especies aparentes, cargas admisibles, detalles constructivos y recomendaciones de buena práctica.

Se debe investigar y difundir la relación costo-beneficio óptima de la reutilización de encofrados en función a los diferentes espesores de madera aserrada y tableros contrachapados; además se debe realizar ensayos de resistencia a presiones laterales en los contrachapados, así como a la calidad hidrorresistente de las colas y de la superficie acabada del concreto aparente.

## **BIBLIOGRAFIA**

- (1). APA (The Engineered Wood Association). Norma voluntaria PS1-95. Construction and industrial plywood (with typical APA trademarks). Washington. The Office of Standards Services, National Institute of Standards and Technology. 1995. 48p.
- (2). ARBAIZA, Christian. El uso de la madera en encofrados de obras en Latinoamérica. Lima. Princeliness. 2000. 146p.
- (3). (CPM (Confederación Peruana de la Madera). Compendio de información técnica de 32 especies forestales. 2° Edición. Lima. CITEmadera. 2008. Volumen I y II. 74p.
- (4). HURD, Mary. Formwork for Concrete. Seventh Edition. EE.UU. Copyright by the American Concrete Institute ACI. 2005. 350p.
- (5). ITINTEC. Norma Técnica Peruana 251:039:1979. Tableros de madera contrachapados, dimensiones. Lima. INDECOPI. Revisada 2010. 5p.
- (6). ITINTEC. Norma Técnica Peruana 251:040:1979. Tableros de madera contrachapados, clasificación por sus caras. Lima. INDECOPI. Revisada 2010. 6p.

- (7). NALVARTE, Henry. Diseño de encofrados tradicionales de madera. Informe de suficiencia. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. 2002. 214p.
- (8). ONNCCE (Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación). Norma NMX-C-438-ONNCCE-2006. Tableros contrachapados de Pino y otras coníferas, clasificación y especificaciones. México D.F. Dirección General de Normas. 2006. 13p.
- (9). ONNCCE (Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación). Norma NMX-C-439-ONNCCE-2006. Tableros contrachapados de Pino y otras coníferas, propiedades físicas y métodos de ensayos. México D.F. Dirección General de Normas. 2006. 11p.
- (10). ONNCCE (Organismo nacional de normalización y certificación de la construcción y edificación). Norma NMX-C-440-ONNCCE-2006. Tableros contrachapados de Pino y otras coníferas, propiedades mecánicas y métodos de ensayos. México D.F. Dirección General de Normas. 2006. 26p.
- (11). Reglamento Nacional de Edificaciones. E-060, capítulo 6. Lima. Ministerio de Vivienda. Actualización 2009.753p.
- (12). RUBIO, Marcos. Determinación de las propiedades físico-mecánicas del Triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de Triplay, enchapados. Tesis profesional. México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la madera. 2006. 73p.
- (13). SNV y CITEmadera. Estudio del mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción. Documento de estudio. Lima. CITEmadera. 2009. 70p.

**RECOPILACIÓN, SISTEMATIZACIÓN, OBTENCIÓN Y PROCESAMIENTO  
DE DATOS EN ENSAYOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA  
RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LOS ADHESIVOS USADOS EN  
TABLEROS CONTRACHAPADOS.**

Liz Vanessa Barreto La Torre

## CONTENIDO

Tableros Contrachapados. Conceptos Generales

Componentes de los Tableros Contrachapados

Fabricación De Los Tableros Contrachapados

- Clasificación, acondicionamiento y descortezado.
- Desenrollado y recorte.
- Secado de chapas.
- Ensamblaje.
- Prensado.
- Acabado.

Clasificación De Los Tableros Contrachapados

- Clasificación según Norma Técnica Peruana
- Por la durabilidad del encolado
- Por la calidad de las chapas
- Clasificación según Norma PS-01 (APA) [18]
- Clasificación según Norma Española UNE

Adhesivos. Conceptos Generales

Adhesivos Usados Para Tableros Contrachapados

La adherencia o adhesión

Modos de falla del adhesivo o cola

Clasificación del encolado

- Clasificación según Norma Técnica Peruana
- Clasificación según Norma Española UNE

Tableros Contrachapados Como Encofrados

Encofrados. Definición

Aplicación de los Tableros Contrachapados

Tableros Contrachapados de Lupuna

Tableros Contrachapados de Pino Radiata

Tableros Contrachapados de Capinurí

Tableros Contrachapados Fenólico De Pino

Tableros Contrachapados Fenólico FILM

Normas Asociadas a la Determinación de la Resistencia al

Cizallamiento de los Adhesivos Usados en Tableros Contrachapados

- Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada – Tipos de encolado. Definiciones, ensayo y calificación NTP 251.091 [17]

- D 906-98 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear



by Tension Loading. ASTM [5]

PS 1-09 Structural Plywood - The Engineered Wood Association's  
APA [18]

UNE EN 314-1: 2007 Tableros Contrachapados. Calidad del  
encolado. Parte 1: Métodos de ensayo [23]

Norma basada en la EUROPEAN STANDARD EN 314-1: 2004  
(confirmed 2014) Plywood - Bonding quality - Part 1: Test methods

UNE EN 314-2. Tableros Contrachapados. Clasificación y terminología.  
Parte 2: Requerimiento [24]

Procedimiento de Ensayo de Resistencia al Cizallamiento de los  
Adhesivos Usados en Tableros Contrachapados

Tableros Contrachapados Seleccionados y Propiedades de las  
Especies Forestales Analizadas

Pino (*Pinus elliottii*)  
Chopo o Álamo (*Populus nigra*)

Adhesivos Usados En Los Tableros Contrachapados Analizados

Fenol-Formaldehido  
WBP Fenol-Formaldehido  
Muestreo de Probetas  
Procedimiento

Procesamiento de Datos Obtenidos de los Ensayos de Laboratorio

Ensayo de Resistencia al Cizallamiento de los Adhesivos Usados  
en Tableros Contrachapados

Conclusiones Y Recomendaciones

Bibliografía

## INTRODUCCIÓN

Actualmente dependiendo de la magnitud del proyecto se eligen diversos tipos de encofrados, sin embargo la madera continúa siendo el material predominante principalmente en obras medianas y pequeñas. En particular, los encofrados a base de tableros contrachapados son el objeto de estudio del presente proyecto de investigación.

La evaluación de la resistencia al cizallamiento de los adhesivos usados en tableros contrachapados es un criterio importante de calidad ya que podemos determinar la durabilidad del tablero. Para lo cual en primer lugar, se hará una recopilación y sistematización de diversas normas nacionales (NTP) y extranjeras (ASTM, APA y UNE), para luego realizar el ensayo de resistencia al cizallamiento en los tableros de mayor requerimiento en la construcción en el Perú y así obtener resultados que permitan realizar un análisis del comportamiento del adhesivo de los tableros con el fin de usarlos como encofrados.

## OBJETIVOS

Recopilar información de normas nacionales e internacionales relacionadas a la madera contrachapada para realizar la evaluación del adhesivo en tableros contrachapados.

Evaluar la durabilidad de tableros contrachapados mediante el ensayo de resistencia al cizallamiento del adhesivo.

## RECOPIACION Y SISTEMATIZACION DE INFORMACION

### Tableros Contrachapados. Conceptos Generales

Un tablero contrachapado está compuesto por chapas de madera encoladas, generalmente de la misma especie, donde la orientación de las fibras de las chapas adyacentes forma un ángulo generalmente recto. De esta manera se obtiene un tablero con propiedades análogas de contracción y resistencia en las dos direcciones, con lo que se eliminan los cambios dimensionales que se puedan producir [28]

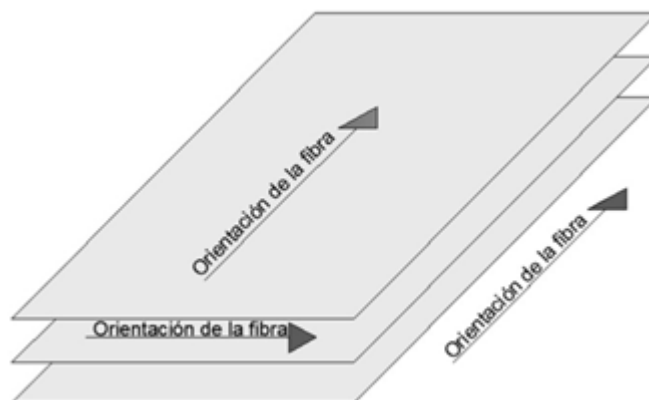


Figura 1. Principio del Contrachapado

Fuente: Técnicas De Construcción II [21].

Las dimensiones más frecuentes de los tableros son 1,22 x 2,44 m [14]. Se toma como la longitud del tablero, la dimensión paralela a la orientación de la fibra de las caras, y como ancho, la dimensión en la dirección perpendicular a la longitud. El número de chapas comúnmente es impar con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección.

Las características principales de los tableros contrachapados son la uniformidad de sus propiedades, su trabajabilidad y su bajo peso. Sus propiedades quedan definidas por la especie de madera empleadas para sus chapas y el tipo de encolado [2]

### **Componentes de los tableros contrachapados**

La NTP 251.038 [13] establece la siguiente terminología para tableros contrachapados:

**Chapas:** Las chapas son láminas de madera obtenidas por desenrollo de la madera, cuyo espesor varía entre 0,13mm a 6,35mm.

**Cara:** Es la chapa exterior del tablero de madera. Un tablero puede tener dos caras.

**Alma:** Chapa central del tablero contrachapado.

**Fibra de longitud:** Se denomina así a las fibras de las chapas cuando son paralelas a la mayor dimensión del tablero de madera.

**Fibra a través:** Se denomina así a las fibras de las chapas cuando son paralelas a la menor dimensión del tablero de madera.

**Adhesivo:** Dependiendo del uso y de las propiedades del tablero contrachapado se utilizan adhesivos de Urea formol (UF), para interiores, y Fenol formaldehído (PF) o Urea formol melamina (MUF) para exteriores.

**Revestimiento:** Se pueden utilizar como revestimientos chapas de madera decorativa, plásticos, papel impregnado en resinas sintéticas, pintura, tintes, chapas metálicas, etc.

### **Fabricación de los tableros contrachapados**

La fabricación de los tableros contrachapados consiste en los siguientes procesos [7]:

#### **Clasificación, acondicionamiento y descortezado**

Inicialmente las maderas a su llegada a la planta se clasifican según tamaño y especie. La mayoría de las maderas requieren ser acondicionadas antes de empezar el proceso. El acondicionamiento consiste en ablandar la madera

mediante su exposición tanto al calor como a la humedad a través de la inmersión en agua caliente o exposición al vapor con el fin de facilitar el descortezado y para producir una calidad aceptable de chapas. El descortezado se realiza con el objetivo de facilitar la tarea del operador de torno y para eliminar residuos perjudiciales para el cuchillo del torno.

Desenrollado y recorte.

La chapa de madera contrachapada es de corte rotatorio. El bloque de madera se hace girar alrededor de su eje en un torno, mientras que un cuchillo paralelo al eje del bloque lo va cortando de manera continua.

Luego las chapas se enrollan en carretes y se conducen a un sistema multi-bandeja para su almacenamiento. La chapa verde es entonces cortada a tamaño, ya sea manualmente o por cuchillos de alta velocidad. Después son clasificadas y almacenadas en pilas para luego ser secadas. Cualquier defecto es retirado mediante el corte.

Secado de chapas.

Se seca la chapa hasta que esta tenga un contenido de humedad de entre dos y diez por ciento. Este proceso se ejecuta con el objeto de ayudar al proceso de encolado y se puede realizar mediante secado al aire o secado al horno. El secado al horno implica chapas apiladas en lotes o secado continuo, donde las chapas son transportadas mecánicamente mediante un sistema de correa o rodillo a través de la longitud de la secadora. Normalmente las temperaturas de secado fluctúan entre 90 a 160 °C. Un secado controlado, con una manipulación mínima, se traduce en una chapa seca de manera uniforme y con la menor cantidad de daño.

Ensamblaje.

El ensamblaje implica la unión de las chapas. Las chapas se unen de tal manera que se obtenga un tablero del tamaño requerido. El adhesivo se aplica entre las chapas internas (encolado), que a su vez se colocan entre las chapas exteriores.

Prensado.

Una vez encoladas las chapas se introducen en prensas hidráulicas a fin de lograr que la chapa entre en contacto directo con el adhesivo. El prensado implica aplicación de calor y se produce el curado de la cola.

Algunos procesos incluyen un pre-prensado a bajas temperaturas y presiones relativamente bajas.

Acabado.

Implica el recorte, lijado y la mejora de la madera con el objeto de aumentar las posibilidades de comercialización del producto.

El recorte se realiza con sierras y se cortan los tableros de contrachapado al tamaño requerido, luego son lijadas en máquinas equipadas con cinta ancha o lijadoras de tambor a fin de obtener la suavidad de la superficie deseada. Las imperfecciones de las caras de los tableros se reparan manualmente.

La madera contrachapada se produce en una amplia gama de tamaños y espesores, aunque los tamaños más comúnmente producidos son 1,220 x 2.440 mm. Los espesores de los tableros varían de 3mm hasta 25 mm y el número de chapas pueden ser tres, cinco o más.

## Clasificación de los Tableros Contrachapados

Clasificación según Norma Técnica Peruana

Por la durabilidad del encolado

La NTP 251.042 [16] indica que según el uso de los tableros de acuerdo a la calidad del encolado se clasifican en Interior (I), Semi exterior (SE), Exterior (E) y exterior resistente al agua hirviendo (RAH) (ver Cuadro N°1)

Cuadro N° 01. Clasificación de tableros contrachapados según durabilidad del encolado

INTERIOR (I)	SEMI EXTERIOR (SE)	EXTERIOR (E)	EXTERIOR RESISTENTE AL AGUA HIRVIENDO
Tablero contrachapado cuya encolado presenta resistencia adecuada a una humedad relativa del aire normal.	Tablero contrachapado cuya encolado presenta resistencia adecuada a la humedad alta. Este tipo de tablero también resiste un contacto momentáneo al agua. No resistente a la lluvia.	Tablero contrachapado cuya encolado presenta resistencia adecuada al agua en la intemperie. No resistente a excesivos cambios climáticos.	Tablero contrachapado cuya encolado presenta resistencia adecuada a todas las condiciones climáticas existentes (incluyendo climas tropicales). Además también es de uso marino.

Fuente: Norma Ntp 251.042

Por la calidad de las chapas

Las características de la calidad de la chapa determinan su uso en el proceso de producción de tableros contrachapados como cara, trascara, y alma.

La NTP 251.040 [15] clasifica a los tableros contrachapados según la calidad de las caras que la componen (ver Cuadro N°2)

## Cuadro N° 02. Clasificación de tableros contrachapados según calidad de las chapas

CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE R
Cara formada por una o varias chapas de maderas sanas y bien cortadas. El número de tiras que la formen será, como máximo, de tres por cara, siempre que las juntas estén perfectamente hechas, la especie sea la misma, los colores estén entonados y las juntas interiores bien empalmadas.	Cara formada por chapas de madera bien cortadas. No se limita el número de bandas o tiras siempre que las juntas estén bien hechas y no permitan grandes diferencias de tonalidad.	Cara junta compuesta de una o varias chapas, no siendo necesario que estén entomadas ni se limite su ancho admitiéndose ocasionalmente una junta con separación de 2 mm de ancho como máximo.	Caras con todos los defectos en número cualquiera.

Fuente: NORMA NTP 251.040

### Clasificación según Norma PS-01 (APA) [18]

La norma norteamericana APA PS-01 clasifica los tableros contrachapados según por criterios. El primero según el tipo de adhesivo y el segundo por la calidad de sus chapas.

#### Clasificación según el tipo de adhesivo

La clasificación es en función a la resistencia a la humedad de la unión adhesiva en condiciones de uso final previsto y no se refiere a la resistencia física o biológica del tablero. La norma PS-01 clasifica a los tableros contrachapados como exposición 1 y exterior. En el cuadro N°1 se describe cada uno de estos dos tipos de adhesivo.

#### Cuadro N° 03. Clasificación de tableros contrachapados según tipo de adhesivo.

EXPOSICION 1	Destinado a resistir efectos de la humedad. Sin embargo, no es adecuado para usos que impliquen exposición permanente a la intemperie.
EXTERIOR	Destinado a resistir la humedad y secado a largo plazo a la intemperia u condiciones similares.

Fuente: NORMA APA PS-01

### Clasificación según la calidad de sus chapas

En el cuadro N°2 se describe los grados de las chapas según su calidad.

Cuadro N° 04. Clasificación de tableros contrachapados según calidad de las chapas

N	No presenta nudos, agujeros ni manchas y fácil de cortar.
A	Adecuado para pintura. Firme, libre de nudos y bolsas de resina. Fácil de cortar. Se toleran parches y reparaciones con material sintético.
B	Debe tener una superficie lisa, admite nudos trabados y pequeños defectos de lijado. Se toleran parches y reparaciones con material sintético.
C	Se permite cualquier número de nudos de hasta 25,4mm. Se toleran parches y reparaciones con material sintético y de madera. El lijado se permitirá siempre y cuando no afecte su resistencia. Se toleran decoloraciones.
C Plugged	Es una chapa de clase C mejorada. Se toleran parches y reparaciones con material sintético y de madera.
D	Es la calidad más baja. Se permite cualquier número de nudos. El lijado se permitirá siempre y cuando no afecte su resistencia. Se permitirán nudos en chapas internas.

Fuente: NORMA APA PS-01

En un tablero contrachapado de acuerdo al uso al que esté destinado, se utiliza un tipo de adhesivo (exposición 1 o exterior) y las chapas que conformarán el tablero se eligen de acuerdo al adhesivo seleccionado. Para tableros contrachapados destinados a ser usados como encofrado una de las caras externas no será menos de grado B y la otra cara externa no deberá ser inferior grado C. Todas las chapas deberán pertenecer a la misma especie. Las chapas internas no deberán ser menos de grado C. En el cuadro N°03 y cuadro N° 04 observamos que los tableros contrachapados con designación B-B y B-C están designados a ser usados como encofrados. También se permite el uso de tableros de alta densidad (HDO) y tableros de mediana densidad (MDO).

Cuadro N° 05. Grados de chapas para tableros contrachapados con adhesivo de tipo exposición 1

TABLEROS CONTRACHAPADOS	TRIPLAY EXPOSICION 1		
	CALIDAD MINIMA DE LAS CHAPAS		
	CARA	TRASCARA	INTERIOR
N-N	N	N	C
N-A	N	A	C
N-B	N	B	C
N-D	N	D	D
A-A	A	A	D
A-B	A	B	D
A-D	A	D	D

B-B	B	B	D
B-D	B	D	D
C-D Plugged	C	D	D
C-D	C	D	D
D-D	D	D	D

FUENTE: NORMA APA PS-01

Cuadro N° 06. Grados de chapas para tableros contrachapados con adhesivo de tipo exposición 1

TABLEROS CONTRACHAPADOS	TRIPLAY EXTERIOR		
	CALIDAD MINIMA DE LAS CHAPAS		
	CARA	TRASCARA	INTERIOR
A-A	A	A	C
A-B	A	B	C
A-C	A	C	C
B-B (Encofrado para concreto)	B	B	C
B-C (Encofrado para concreto)	B	C	C
B-B	B	B	C
B-C	B	C	C
C-C Plugged	C	C	C
C-C	C	C	C
HDO Industrial A-A,B-B,B-C			C
HDO Encofrado para concreto A-A,B-MDO B-B,B-C			C
MDO Encofrado para concreto B-B,B-Recubrimientos especiales	C	C	C

Fuente: NORMA APA PS-01

### Clasificación según Norma Española UNE

Los Tableros contrachapados según la Norma Española UNE-EN 313-1 [22] se clasifican en 3 criterios: según sus características generales, según sus características de aplicación y según las especificaciones del usuario. Éstos a su vez se subdividen en otras categorías que se muestran en el Cuadro N°5.

Cuadro N° 07. Clasificación de tableros contrachapados según Norma Une-En 313-1

CLASIFICACIÓN DE TABLEROS CONTRACHAPADOS (UNE)				
1	CARACTERÍSTICAS GENERALES	CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN	TABLEROS DE CHAPAS TABLEROS DE ALAM ENLISTONADA * Con alma de listones *Con alma de tablillas	
		FORMA Y PERFIL	TABLEROS CONTRACHAPADOS COMPUESTOS PLANOS MOLDURADOS	
		DURABILIDAD		UTILIZACIÓN EN AMBIENTE SECO
				UTILIZACIÓN EN AMBIENTE HÚMEDO



		UTILIZACIÓN EN EXTERIOR	
2	CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN	PROPIEDADES MECÁNICAS	
		ESTADO DE LA SUPERFICIE	
		APTITUD PARA EL ACABADO	SIN LIJAR
			LIJADO
SEMIACABADO			
		REVESTIDO (Chapas decorativas, revestimiento plástico, etc)	
3	ESPECIFICACIONES DEL USUARIO		

Fuente: NORMA UNE-EN 313-1

Los Tableros Contrachapados también se pueden clasificar según el aspecto de las caras de acuerdo a la norma española UNE-EN 635-1 [25]. Esta clasificación se realiza tomando en cuenta el número y la importancia de ciertas características inherentes de la madera y determinados defectos de fabricación. En la norma UNE-EN 635-2 [26] y UNE-EN 635-3 [27] se explican estas características y defectos admisibles para especies frondosas (Ver Cuadro N°6 y Cuadro N°7) y especies de coníferas (Ver Cuadro N°8 y Cuadro N°9) respectivamente.

Los tableros contrachapados según las normas mencionadas, se clasifican en cinco categorías: E, I, II, III y IV.

Cuadro N° 08. Clasificación de tableros contrachapados según el aspecto de sus caras (Características intrínsecas de la madera de maderas frondosas)

CLASIFICACION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS (UNE)					
CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN SEGÚN CARACTERÍSTICAS INTRINSECAS DE LA MADERA (FRONDOSAS)				
	E	I	II	III	IV
Nudos muy pequeños		≤ 3/m <sup>2</sup>	No se admite		
Nudos sin pudrición y adherentes		Diámetro individual ≤ 15 mm , Diámetro acumulado ≤ 30mm/m <sup>2</sup>	Diámetro individual ≤ 35mm	Diámetro individual ≤ 50mm	
Nudos no adherentes		Diámetro individual ≤ 6 mm si están enmasillados y hasta 2/m <sup>2</sup>	Diámetro individual ≤ 5mm	Diámetro individual ≤ 40mm	
Fendas o rajaduras abiertas		< 1/10 de longitud del tablero, ancho individual < 3mm y hasta 3/m del ancho del tablero, si están enmasillados	< 1/5 de longitud del tablero, ancho individual < 5mm y hasta 3/m del ancho del tablero , si están enmasillados	< 1/3 de longitud del tablero, ancho individual < 20mm y hasta 3/m del ancho del tablero	Se admiten si no afecta la utilización del tablero
Fendas o rajaduras cerradas	Prácticamente inexistente o no se admite	Se admiten			
Anomalías por insectos, xilófagos, parásitos		No se admiten	Se admiten orificios < 3 mm y un máximo de 10/m <sup>2</sup>	Se admiten orificios < 15 mm de ancho, longitud < 60 mm y un máximo de 3/m <sup>2</sup>	Se admiten si no afecta la utilización del tablero
Corteza incluida en la madera		No se admiten	Se admiten hasta un ancho < 5mm si esta enmasillado	Se admiten hasta un ancho < 25mm	
Irregularidades en la estructura		Se admiten si son muy ligeras	Se admiten si son ligeras	Se admiten	
Coloraciones no destructivas		Se admiten si el contraste de color es ligero		Se admiten	
Ataques de hongos xilófagos		No se admiten			

Fuente: NORMA UNE-EN 635-2

## Cuadro N° 09. Clasificación de tableros contrachapados según el aspecto de sus caras (Defectos de fabricación de la madera de maderas frondosas)

CLASIFICACION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS (UNE)						
CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN SEGÚN DEFECTOS DE FABRICACIÓN (FRONDOSAS)					
	E	I	II	III	IV	
Juntas abiertas		No se admiten	anchura<3mm y hasta 1/m de anchura de tablero y con las juntas enmasilladas si son> 100mm	anchura<5mm y hasta 2/m de anchura de tablero y con las juntas sin enmasillar	anchura<25mm	
Juntas solapadas			≤ 1/m2 y longitud < 100mm	≤ 2/m2	Se admite si no afecta la utilización del tablero	
Ampollas			No se admiten			
Huecos,abolladuras, marcas	Prácticamente inexistente o No se admite	No se admiten	Se admiten si son ligeras	Se admiten		
Rugosidades		No se admiten	Se admiten si son ligeras	Se admiten		
Defectos de lijado			No se admiten		< 1% de la superficie	< 5% de la superficie
Penetraciones del adhesivo a través de la chapa			No se admiten	Se admiten si son ligeras y ocasionales	< 5% de la superficie	Se admite si no afecta la utilización del tablero
Partículas extrañas				No se admiten		
Reparaciones(Parches ,Chapas de relleno)		Se admiten si estan enmasillados hasta 3/m2	Se admiten si estan enmasillados hasta 6/m2	Se admiten		
Reparaciones (masillas sintéticas)		No se admiten			Se admiten	
Defectos en los cantos debido al corte o lijado		Se admiten hasta una distancia de 2mm del borde	Se admiten hasta una distancia de 5mm del borde	Se admiten hasta una distancia de 5mm del borde	Se admite si no afecta la utilización del tablero	

Fuente: NORMA UNE-EN 635-2

## Cuadro N°10. Clasificación de tableros contrachapados según el aspecto de sus caras (Características intrínsecas de la madera de maderas coníferas)

CLASIFICACION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS (UNE)					
CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN SEGÚN CARACTERÍSTICAS INTRINSECAS DE LA MADERA (FRONDOSAS)				
	E	I	II	III	IV
Nudos muy pequeños		≤ 3/m2		Se admiten	
Nudos sin pudrición y adherentes		Diámetro individual≤ 15 mm , Diámetro acumulado≤ 30mm/m2	Diámetro individual≤ 50 mm	Diámetro individual≤ 60 mm	Se admiten si no afecta la utilización del tablero
Nudos no adherentes		Diámetro individual≤ 6mm si estan enmasillados y hasta 2/m2	Diámetro individual≤ 5mm sin reparacion, ≤ 25mm si estan enmasillados y hasta 6/m2	Diámetro individual≤ 40mm	
Fendas o rajaduras abiertas	Prácticamente inexistente o no se admite	< 1/10 de longitud del tablero,ancho individual <3mm y hasta 3/m del ancho del tablero, si estan enmasillados	< 1/3 de longitud del tablero,ancho individual <10mm y hasta 3/m del ancho del tablero , si estan enmasillados	< 1/2 de longitud del tablero,ancho individual <15mm y hasta 3/m del ancho del tablero	ancho individual <25mm
Fendas o rajaduras			Se admiten		
Anomalías por insectos, xilófagos, parásitos		No se admiten	Se admiten orificios < 3 mm y un máximo de 10/m2	Se admiten orificios < 15 mm de ancho, longitud <60 mmy un máximo de 3/m2	Se admiten si no afecta la utilización del tablero
Corteza incluida en la madera		No se admiten	Se admiten hasta un ancho < 6mm si esta enmasillado	Se admiten hasta un ancho <40mm	
Irregularidades en la estructura		Se admiten si son muy ligeras	Se admiten si son ligeras	Se admiten	
Coloraciones no destructivas		Se admiten si el contraste de color es ligero			Se admiten

Ataques de hongos xilófagos	No se admiten
-----------------------------	---------------

Fuente: NORMA UNE-EN 635-3

### Cuadro N° 11. Clasificación de tableros contrachapados según el aspecto de sus caras (Defectos de fabricación de la madera de maderas coníferas)

CLASIFICACION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS (UNE)						
CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN SEGÚN DEFECTOS DE FABRICACIÓN (CONÍFERAS)					
	E	I	II	III	IV	
Juntas abiertas		No se admiten	anchura<3mm y hasta 1/m de anchura de tablero y con las juntas enmasilladas si son> 1mm	anchura<10mm y hasta 2/m de anchura de tablero y con las juntas sin enmasillar	anchura<25mm	
Juntas solapadas			≤ 1/m2 y longitud < 100mm	≤ 2/m2	Se admite si no afecta la utilización del tablero	
Ampollas			No se admiten			
Huecos,abolladuras, marcas		No se admiten	Se admiten si son ligeras	Se admiten		
Rugosidades		No se admiten	Se admiten si son ligeras	Se admiten		
Defectos de lijado	Prácticamente inexistente o No se admite	No se admiten			< 1% de la superficie	< 5% de la superficie
Penetraciones del adhesivo a través de la chapa		No se admiten	Se admiten si son ligeras y ocasionales	< 5% de la superficie		Se admite si no afecta la utilización del tablero
Partículas extrañas		No se admiten				
Reparaciones(Parches ,Chapas de relleno)		Se admiten si estan enmasillados hasta 5/m2			Se admiten	
Reparaciones (masillas sintéticas)		No se admiten			Se admiten	
Defectos en los cantos debido al corte o lijado		Se admiten hasta una distancia de 2mm del borde	Se admiten hasta una distancia de 5mm del borde	Se admiten hasta una distancia de 5mm del borde	Se admite si no afecta la utilización del tablero	

Fuente: NORMA UNE-EN 635-3

### Adhesivos. Conceptos Generales

Las superficies en la madera no son atraídas uniformemente en un contacto cercano por lo que requieren del adhesivo para mantenerse unidas [19]

El adhesivo se aplica a los tableros contrachapados mediante el proceso de encolado con el objetivo de lograr la máxima resistencia posible al cizallamiento (kg/cm2), así como la permanencia de estas propiedades en el tiempo [11]

### Adhesivos Usados para Tableros Contrachapados

A través de la historia, los adhesivos para productos de madera pasaron de polímeros naturales a orgánicos sintéticos. Los adhesivos a base de polímeros sintéticos pueden ser más fuertes, más rígidos y más durables que la madera misma y tienen mayor resistencia al agua que los adhesivos de polímeros naturales.

Los adhesivos sintéticos pueden ser de dos tipos: termoplástico o termoestable, dependiendo de del tipo al que pertenezca, esto influenciara en su rendimiento en servicio.

Los termoplásticos son polímeros que se suavizan y fluyen en presencia de calor y luego se endurecen al enfriarse. Este tipo de adhesivo plástico generalmente presenta menos resistencia al calor, la humedad y a la carga estática en comparación de los polímeros termoestables. Algunos ejemplos de adhesivos termoplásticos son poli (vinil acetato) emulsiones y elastómeros.

Los polímeros termoestables son excelentes adhesivos estructurales ya que sufren cambios químicos cuando se curan, y en presencia de calor no se ablandan y fluyen de nuevo. Estos adhesivos resisten la humedad y son lo suficientemente rígidas para soportar cargas estáticas altas sin deformarse. Algunos ejemplos de adhesivos termoestables son el fenol-formaldehído, resorcinol-formaldehído, melamina-formaldehído, urea-formaldehído, isocianato y adhesivos epoxi [9].

### **La adherencia o adhesión**

La adherencia es el esfuerzo de la capa molecular del adhesivo que entra en contacto con la capa superficial de los sustratos.

Según HERITAGE, G. 1983 [1] la adhesión es definida como el estado en el cual dos superficies son mantenidas juntas mediante la acción de fuerzas interfaciales, las cuales pueden consistir de fuerzas de valencia, acción interbloqueante o ambas. Estas fuerzas de atracción son debidas a las interacciones de moléculas, átomos e iones en las dos superficies.

### **Modos de falla del adhesivo o cola**

La adherencia es el estado en el que dos superficies se mantienen unidas por las fuerzas de interfase. Es el esfuerzo de la capa molecular del adhesivo que entra en contacto con la capa superficial de los sustratos.

Madrid (1997) [10], señala que el mecanismo de unión entre adhesivo y sustrato depende de:

La fuerza de unión del adhesivo al sustrato o adhesión.

La fuerza interna del adhesivo o cohesión.

Adicionalmente, Madrid (1997) [10] indica que para evaluar la adhesividad entre dos sustratos debe hacerse un ensayo de rotura de la unión adhesiva. Los siguientes tres posibles modos de fallo de la unión adhesiva que señala son:

Separación por cohesión: cuando se produce la ruptura en el adhesivo.

Separación por adhesión: cuando la separación se produce en la interfase sustrato adhesivo, como resultado de la pérdida de la capacidad de carga del pegamento.

Ruptura de sustrato: cuando el propio sustrato rompe antes que la unión adhesiva o que la interfase sustrato-adhesivo.

BLOMQUIST. R. 1981 [1], señala que con un buen adhesivo de madera, ésta probablemente falle antes que la línea de unión. La cantidad de falla en la madera adyacente a la línea de unión es estimada como un porcentaje de falla de madera y reportada simultáneamente con la carga de falla; dicho dato de falla de madera es un criterio importante de la calidad de unión.

## Clasificación del encolado

### Clasificación según Norma Técnica Peruana

La norma NTP 251.091 [17] clasifica el encolado en un tablero contrachapado de acuerdo a su uso en tipo 1, tipo 2 y tipo 3 (Ver Cuadro N°12).

Cuadro N° 12: Clasificación del encolado según su uso.

TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Encolado para tableros de uso exclusivamente en interiores sin exposición a la humedad.	Encolado para tableros con riesgo de humidificación temporal	Encolado resistente al agua de uso marino.

Fuente: NORMA NTP 251.091

### Clasificación según Norma Española UNE

La UNE EN 314-2 [24] clasifica el encolado en un tablero contrachapado de acuerdo a su resistencia a la humedad en clase 1, clase 2 y clase 3 (Ver Cuadro N°13).

Cuadro N° 13: Clasificación del encolado según su resistencia a la humedad.

CLASE 1 AMBIENTE SECO	CLASE 2 AMBIENTE HÚMEDO	CLASE 3 AMBIENTE EXTERIOR
Adecuada para las condiciones ambientales normales de interiores.	Adecuada para aplicaciones en el exterior que van a estar protegidas y es capaz de resistir una exposición a la intemperie durante un corto período de tiempo .	Adecuada para soportar exposiciones a la intemperie de larga duración.

Fuente: NORMA UNE EN 314-2

## **Tableros Contrachapados como Encofrados**

### Encofrados. Definición

El encofrado es una estructura temporal que da la forma deseada al concreto que debe soportar su propio peso, el peso del concreto fresco y las cargas presentes durante la construcción (materiales, equipos y personal).

Los encofrados que se ofrecen en el mercado nacional según el material usado en su fabricación pueden ser de metal, plástico o madera, siendo éste último hasta ahora el material más universal. El presente proyecto de investigación tiene como tema de estudio un producto industrializado de la madera que son los tableros contrachapados y su uso como encofrados.

### Aplicación de los Tableros Contrachapados

Los tableros contrachapados son usados para trabajos en edificaciones y sistemas de paneles prefabricados, siendo sus principales usos estructurales [12]:

- Techo, piso y revestimiento de muros.
- Diafragmas horizontales y verticales (muros cortante)
- Placas de refuerzo.
- Encofrado para concreto.

En encofrados, los Tableros contrachapados como encofrados se usan generalmente para columnas, pilares, losas, muros y otras superficies verticales y curvas.

### **Tableros contrachapados disponibles y de mayor requerimiento usados como encofrados en las construcciones en el Perú**

#### **Tableros contrachapados de Lupuna**

Tablero Contrachapado de origen nacional, fabricado en Iquitos y está conformado por cinco chapas interiores de Lupuna encoladas con una resina urea formaldehído. Las chapas exteriores son de Capinurí. El espesor nominal del tablero es de 18 mm y las dimensiones son de 1,22 X 2,44 m (4 X 8 pies). La Clasificación de sus caras es B/C, C/C y D/D según NTP.

#### **Tableros contrachapados de Pino radiata**

Tablero contrachapado de origen chileno con caras sólidas y lisas. Los tableros se encuentran estabilizados desde fábrica a un 8% de humedad. Las chapas están encoladas con adhesivo fenol formaldehído. El espesor nominal del tablero es de 18 mm y las dimensiones son de 1,22 X 2,44 m (4 X 8 pies). La Clasificación de sus caras es B/C.

### **Tableros contrachapados de Capinurí**

Tablero Contrachapado de origen nacional, fabricado en Iquitos con superficies perfectamente lijadas y uniformes en tono y acabado. El espesor nominal del tablero es de 18 mm y las dimensiones son de 1,22 X 2,44 m (4 X 8 pies). La Clasificación de sus caras es B/C, C/C y D/D según NTP.

### **Tableros contrachapados Fenólico de Pino**

El tablero contrachapado es de origen brasileño y está conformado por 9 chapas interiores de *Pinus elliottii* encoladas con una resina WBP Fenol formaldehído dando la firmeza y durabilidad a las planchas al momento de realizar los encofrados caravista, permitiendo su reutilización. No se deforman y minimizan derrames. La orientación de su fibra es paralela al lado más largo.

El espesor del tablero es de 18 mm y las dimensiones son de 1,22 X 2,44 m (4 X 8 pies). La Clasificación de sus caras es B/C+.

### **Tableros contrachapados Fenólico FILM**

El tablero es de origen importado, fabricado en China y está conformado por 11 chapas interiores de Chopo encoladas con una resina Fenol formaldehído que le proporciona una alta resistencia a la flexión y permite que el tablero sea más resistente a la humedad en los usos de encofrado.

Ambas caras del tablero son 100% cubiertas con Film Fenólico para eliminar la porosidad de las superficies, en comparación con tableros regulares. La orientación de su fibra es paralela al lado más corto.

El espesor del tablero es de 18 mm y las dimensiones son de 1,22 X 2,44 m (4 X 8 pies)

### **Normas Asociadas a la Determinación de la Resistencia al Cizallamiento de los Adhesivos Usados en Tableros Contrachapados**

Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada – Tipos de encolado. Definiciones, ensayo y calificación NTP 251.091 [17]

La norma define los tipos de encolado, establece ensayos y califica los tableros de acuerdo a su resistencia. Se definen tres tipos de encolado: Tipo 1 (Adhesivo para tableros de uso interior), Tipo 2 (Adhesivo para tableros con riesgo de humidificación temporal) y Tipo 3 (Adhesivo para tableros con riesgo de humidificación temporal). Luego establece ciclos de inmersión en agua fría o hirviendo de acuerdo al tipo de adhesivo que se desea evaluar para luego efectuar el ensayo de cizallamiento. Para efectos del presente proyecto de investigación se pretende demostrar el Tipo 2. Adicionalmente la norma define criterios que debe cumplir el adhesivo relacionado a la resistencia promedio al cizallamiento y el porcentaje de rotura por madera obtenida en un mínimo de 10 probetas (Ver Cuadro N°14)

Cuadro N° 14: Especificaciones para ensayo de resistencia al cizallamiento en tableros contrachapados.

ENSAYO DE CIZALLAMIENTO		
CARGA DE RUPUTURA Mpa	PORCENTAJE MINIMO DE RUPTURA DE LA MADERA	
PROMEDIO C DE 10 PROBETAS DE CADA PLANO DE ENCOLADO	PROMEDIO DE LAS ÁREAS DE 10 PROBETAS DE CADA PLANO DE ENCOLADO	VALOR MÍNIMO POR PROBETA
0.8 ≤C≤ 1.2	40%	10%
1.2 ≤C≤ 1.5	35%	10%
1.5 ≤C≤ 2.0	30%	10%
2.0 ≤C≤2.5 C≤2.5	25%	10%
	15%	10%
TOLERANCIAS		
C≤0.7 PARA UN SOLO PLANO DE ENCOLADO		

Fuente: NORMA NTP 251.091

D 906-98 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear by Tension Loading. ASTM [5].

La norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia al cizallamiento de los adhesivos usados en tableros contrachapados como un importante criterio control de calidad y diseño. Las probetas deberán medir 1 pulgada de ancho por 3 ¼ pulgadas de largo y contarán con dos rebajes a los tercios a lo largo de la longitud .El corte de uno de los rebajes iniciará desde una cara y el otro desde la cara opuesta. Los rebajes tendrán un ancho de 1/8 de pulgada y una profundidad de 2/3 el espesor de la chapa que se desea analizar.

El ensayo se realizará en una máquina de prueba provista de dos mordazas que no permitan el deslizamiento y mantengan la alineación. La velocidad de carga deberá estar entre los 4 535 a 7 560 g/s (600 a 1000 libras/min)

Al finalizar se registra la carga máxima o de rotura de la probeta.

PS 1-09 Structural Plywood - The Engineered Wood Association's APA [18]

La norma establece el procedimiento para realizar el ensayo de resistencia al cizallamiento de los adhesivos en tableros contrachapados. La PS 1-09 indica que una pieza de ensayo será cortada de cada panel que haya sido seleccionado. Luego 10 probetas serán cortadas de cada pieza y 5 de ellas deberán ensayarse mediante la prueba de vacío-presión y las 5 restantes mediante la prueba de ebullición.

Las muestras de ensayo tendrán 82,6 mm de largo por 25,4 mm de ancho (3 ¼ pulgadas x 1 pulgada) y ranurados de un tercio de la longitud de cada extremo para proporcionar un área de análisis cuadrado en el centro 25,4 mm (1



pulgada). Cada ranura se extenderá dos tercios a través de la chapa que se está analizando y no deberá penetrar la siguiente línea de cola.

Si el número de capas supera tres, se harán los cortes con el fin de probar dos de las juntas. Si el número de capas supera tres, la elección de las juntas a ensayar se deja a la discreción, pero al menos la mitad de las pruebas incluirán las articulaciones más interiores. De ser necesario podrían construirse mandíbulas especiales si el tablero es de gran espesor.

UNE EN 314-1: 2007 Tableros Contrachapados. Calidad del encolado. Parte 1: Métodos de ensayo [23]

Norma basada en la EUROPEAN STANDARD EN 314-1: 2004 (confirmed 2014) Plywood - Bonding quality - Part 1: Test methods.

Las probetas tendrán  $25 \pm 0,5$ mm de ancho y 50mm como mínimo de largo. Además contará con dos entalladuras de  $2,5 \pm 0,5$ mm de ancho, de las cuales el corte de una de ellas iniciará desde una cara y la otra desde la cara opuesta. La distancia entre las entalladuras será de  $2,5 \pm 0,5$ mm.

Las probetas y las entalladuras se realizan de tal forma que permitan la comprobación de la resistencia al cizallamiento de todos los planos de encolado del tablero. Las entalladuras deben penetrar en el interior de la chapa, entre las líneas de encolado que se van a ensayar.

En los tableros contrachapados de más de 9 chapas, se pueden eliminar las chapas restantes.

La norma establece pre-tratamientos para las probetas antes de ser ensayadas que consisten en sumergirlas en agua a cierta temperatura y por un tiempo determinado. La elección del mismo dependerá del tipo de tablero contrachapado a ensayar: clase 1 (para uso en ambiente seco), clase 2 (para uso en ambiente húmedo) o clase 3 (para uso en exterior).

Las probetas se ensayarán en una máquina para ensayo de tracción equipada con mordazas antideslizamiento, capaz de aplicar cargas de forma continua y de medirlas con una precisión de  $\pm 1\%$ . La carga se debe aplicar a una velocidad constante de tal forma que la rotura se produzca en  $(30 \pm 10)$  s. Finalmente se registra la carga, se determina el esfuerzo cortante  $f_v$  y el porcentaje de rotura por madera.

UNE EN 314-2. Tableros Contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 2: Requerimiento [24]

Norma basada en la EUROPEAN STANDARD EN 314-2: 1993 (confirmed 2008) Plywood - Bonding quality - Part 2: Requirements.

Esta norma define criterios que debe cumplir el adhesivo relacionado a la resistencia promedio al cizallamiento y el porcentaje de rotura por madera obtenida en un mínimo de 10 probetas (Ver Cuadro N°15)

Cuadro N° 15: Especificaciones para ensayo de resistencia al cizallamiento en tableros contrachapados

MEDIA DE LA RESISTENCIA A CORTANTE $F_v$ (N/mm <sup>2</sup> )	MEDIA DEL PORCENTAJE DE ROTURA POR MADERA W (%)
$0.2 \leq F_v \leq 0.4$	$\geq 80$
$0.4 \leq F_v \leq 0.6$	$\geq 60$
$0.6 \leq F_v \leq 1.0$	$\geq 40$
$1.0 \leq F_v$	no hay especificación

Fuente: NORMA UNE-EN 314-2

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE LOS ADHESIVOS USADOS EN TABLEROS CONTRACHAPADOS

Para el ensayo de resistencia al cizallamiento del adhesivo se usó como referencia la norma ASTM D906 – 98 (Reapproved 2011) [5] (Procedimiento de ensayo) y la norma peruana NTP 251.091 [17] (Condición inicial de ensayo)

### Tableros Contrachapados Seleccionados y Propiedades de las Especies Forestales Analizadas.

El criterio para seleccionar los tableros contrachapados para el presente proyecto de investigación fue la demanda que estos presentan en el mercado nacional. De acuerdo a esto, los tableros elegidos fueron Fenólico de Pino y Fenólico FILM. Cada una de las chapas de los tableros mencionados fue fabricada a partir de *Pinus elliottii* y Chopo respectivamente.

#### Pino (*P. elliottii*)

El *P. elliottii* es un árbol de tronco muy recto y cilíndrico. Es una madera pesada, dura, fuerte y resistente a golpes. Sus principales propiedades físicas y mecánicas se muestran en la Cuadro N°16. Sin embargo, los valores presentados son referenciales ya que las propiedades mostradas son para Pino (*P. elliottii*) americano y los tableros analizados fueron hechos de Pino brasilero [4], [20]

Cuadro N°16: Propiedades físicas y mecánicas de Pino (*P. elliottii*)

PROPIEDADES FISICAS	
Densidad Básica	570,3 kg/m <sup>3</sup>
Contracción Tangencial	7,60%
PROPIEDADES MECANICAS	
Módulo de Elasticidad en flexión	130000 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Ruptura en flexión	975 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión axial	492 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: CONFEMADERA [4]. Southern Pine Council y CEA [23].

## Chopo o Álamo (*Populus nigra*)

El chopo es una especie cosmopolita. Se encuentra formando masas agrupadas en hábitats húmedos, llanuras inundables y riberas fluviales. En general es una especie de crecimiento rápido, esbelta y de gran talla (hasta 30 m). La madera de chopo suele ser de color amarillo, homogéneo, de grano fino y presenta, a veces, en sus caras longitudinales finas vetas pardas [3]

Sus principales propiedades físicas y mecánicas se muestran en el Cuadro N°17. Sin embargo, los valores presentados son referenciales ya que las propiedades mostradas son para Chopo europeo y los tableros analizados fueron hechos de Chopo chino.

Cuadro N°17: Propiedades físicas y mecánicas de Chopo

PROPIEDADES FISICAS	
Densidad Básica	420-480 kg/m <sup>3</sup>
Contracción Volumétrica	14,30%
Contracción Tangencial	2,77%
Contracción Radial	7,41%
PROPIEDADES MECANICAS	
Flexión Estática	88,3 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad	74500 N/mm <sup>2</sup>
Compresión Axial	36,3 N/mm <sup>2</sup>
Compresión Perpendicular	8,6 N/mm <sup>2</sup>

Fuente: Capacidad de predicción del penetrómetro "PILODYN" en la determinación de la densidad de la madera.

## Adhesivos usados en los tableros contrachapados analizados

### Fenol-Formaldehido

Las resinas de fenol-formaldehído (PF) se utilizan típicamente en la fabricación de tableros contrachapados y tableros de fibra orientada donde la exposición a la intemperie durante la construcción es una preocupación. Las resinas PF presentan la capacidad de mantener las propiedades dimensionales y mecánicas del material bajo condiciones de humedad [9] Este tipo de adhesivo fue utilizado para unir las chapas correspondientes al tablero fenólico FILM.

### WBP Fenol-Formaldehido

La denominación WBP no describe un tipo de adhesivo sino describe sus características y la mayoría de ellas son adhesivos de melamina o fenólicos. Los adhesivos WBP son utilizados en tableros contrachapados en exposición marina con constante presencia de humedad o agua y de uso exterior. [6]

Las normas Británicas 1203: 1963 "Especificaciones para los adhesivos de resinas sintéticas (fenólicos y aminoplásticas) para la madera contrachapada" y

1455: 1972 “Chapas de madera fabricados a partir de maderas duras tropicales” establecen métodos de prueba para la clasificación de los adhesivos para diferentes aplicaciones, entre las que se encuentra la clasificación WBP (weather and boil-proof) que presenta excelentes condiciones para su uso en condiciones exteriores de alto peligro [8]. Este tipo de adhesivo fue utilizado para unir las chapas correspondientes al tablero fenólico. [8]

### Muestreo de Probetas

Para el presente proyecto de investigación se obtuvieron 40 probetas, provenientes de 3 Tableros Contrachapados Fenólico y 3 Tableros Contrachapados Fenólico FILM (240 probetas)

De las 40 probetas obtenidas por tablero, 20 se cortaron en dirección paralela a la orientación de la fibra y las 20 restantes en dirección transversal a la orientación de la fibra. De cada grupo de 20 probetas, 10 se ensayaron en estado natural y las otras 10 en estado húmedo. La codificación asignada según orientación y condición inicial de ensayo se muestra en el Cuadro N° 18. La cantidad de probetas cortadas indicando codificación se muestran en el Cuadro N°19.

Cuadro N° 18: Codificación de probetas de tableros contrachapados

CODIFICACIÓN DE PROBETAS				
CODIGO	FENOLICO PINO (Pinus Elliottii)		FENOLICO FILM	
	ORIENTACION	CONDICION INICIAL	ORIENTACION	CONDICION INICIAL
A	Paralelo	Natural	Perpendicular	Natural
B	Paralelo	Húmeda	Perpendicular	Húmeda
C	Perpendicular	Húmeda	Paralelo	Húmeda
D	Perpendicular	Natural	Paralelo	Natural

Fuente: Elaboración propia

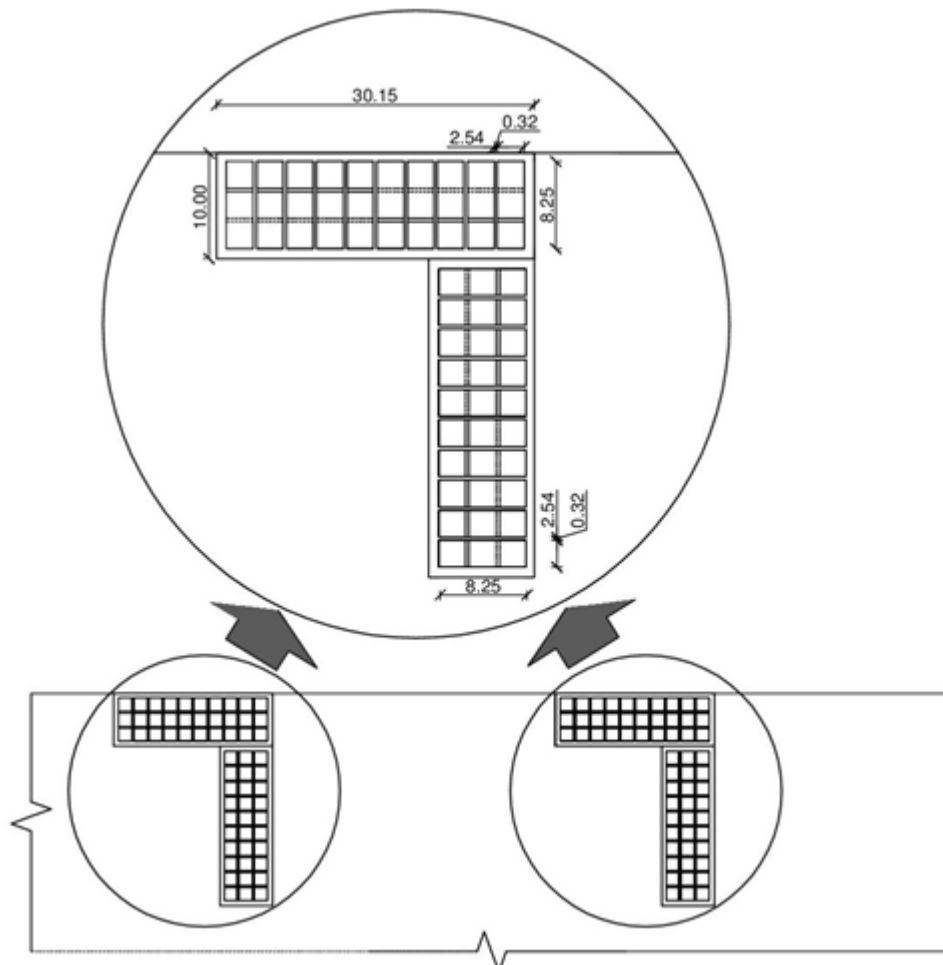
Cuadro N° 19 Cantidad de probetas según codificación

CANTIDAD DE PROBETAS			
CODIGO	FENOLICO PINO (Pinus Elliottii)	FENOLICO FILM	PARCIAL
A	30	30	60
B	30	30	60
C	30	30	60
D	30	30	60
TOTAL			240

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° 19 observamos cuatro codificaciones (A, B, C y D) y que se obtuvieron 10 probetas con la misma codificación por tablero contrachapado. Por lo que las probetas se cortaron en grupos de 10 como se observa en la Figura 3.1.

Figura N° 2. Distribución de Probetas en los Tableros Contrachapados



Fuente: Elaboración propia

Las medidas de las probetas fueron 2,54 cm x 8,25cm y tuvieron un rebaje a un tercio de cada extremo a través de su longitud y en caras opuestas para proporcionar un área de análisis de 1 pulgada 2 (2,54cm x 2,54cm)

El rebaje se extendió dos tercios a través de la chapa en análisis sin penetrar la siguiente junta. Del grupo de 10 probetas mencionadas anteriormente; para 5 de ellas el corte inicio desde una cara y para las 5 restantes, desde la cara opuesta.

La profundidad de los rebajes fue de 6mm y 12mm (Ver Figura. N° 3.2 y Figura. N° 3.3), debido a que estas fueron las medidas permitidas por el material para evitar su fractura. El objetivo de este corte fue analizar la resistencia del adhesivo usado para unir las chapas externas del tablero.



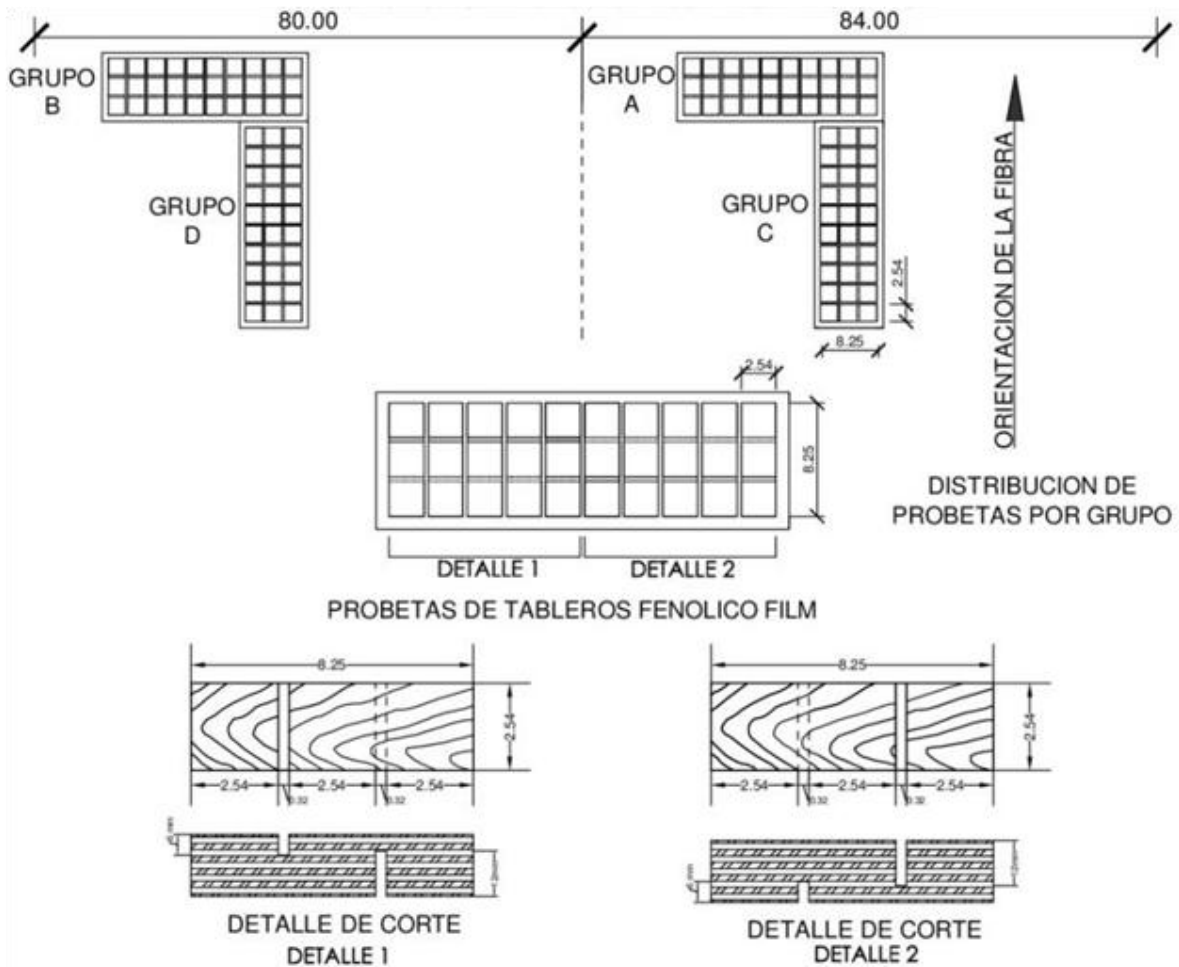


Figura N° 4. Detalle de corte de probetas de tableros contrachapados fenólico film para ensayo de resistencia al cizallamiento de los adhesivos.

Fuente: ASTM D 906-98, PS 1-09

### Procedimiento

La máquina de ensayo fue la máquina universal Tinius Olsen. El rango de velocidad de aplicación de la carga estuvo comprendida entre 600 lb/min y 1000 lb/min o a una velocidad constante de 0,050 in/min $\pm$  25%, lo que equivale a una frecuencia de 8,4 Hz en el equipo mencionado.

Las probetas fueron ensayadas en dos condiciones al estado natural y sumergidas en agua durante un período de 24horas a 20°C, ya que la condición requerida para su uso como encofrado es que pertenezca al Tipo 2 (NTP 251.091) [16]

La máquina tuvo como accesorios dos mordazas en donde se colocó la probeta de modo que estuvo perfectamente alineada y paralela a la línea central de las mordazas. Luego se aplicó la carga a la frecuencia indicada. Los rebajes realizados a las probetas permitieron que al ser sometidas a la carga, la mitad de ellas estuvieron sometidas a tensión y la otra mitad a compresión (Ver Figura N° 3.4)

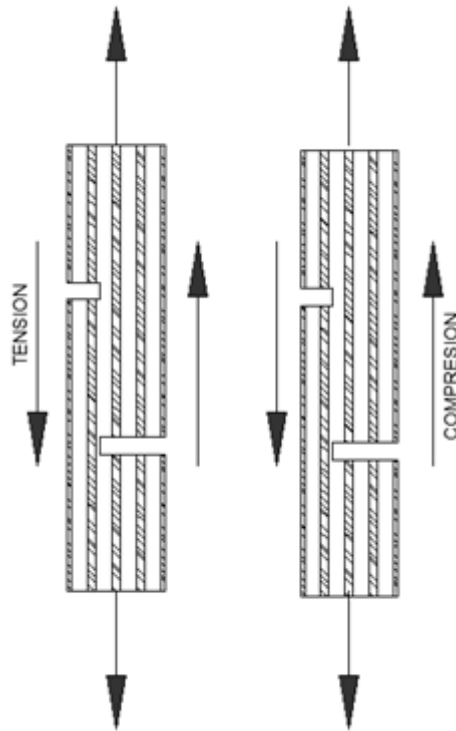


Figura N°5. Orientación de Probetas durante el Ensayo

Fuente: ASTM D 906-98

Seguidamente, cuando la probeta falló, se registró la carga máxima y el porcentaje de falla de la madera con una precisión de 5%.

Finalmente se calculó el esfuerzo máximo soportado por cada probeta dividiendo la carga máxima registrada entre su respectiva área de análisis.

### **Procesamiento de datos obtenidos de los ensayos de laboratorio**

Ensayo de resistencia al cizallamiento de los adhesivos usados en tableros contrachapados

En el presente proyecto de investigación se analizaron 240 probetas, de las cuales 120 pertenecieron a los tableros contrachapado fenólico y los 120 restantes a los Tableros Contrachapados Fenólico FILM. Adicionalmente de cada grupo de 120 probetas, la mitad de ellas se ensayaron en estado natural y la mitad restante se ensayó en estado húmedo.

Para analizar la resistencia al cizallamiento del adhesivo se obtuvo el esfuerzo máximo promedio y las cargas máximas.

En el Cuadro N° 20, Gráfico N°4.1 y Gráfico N°4.2 se muestra el esfuerzo máximo promedio y en el Cuadro N° 21, Gráfico N°4.3 y Gráfico N°4.4 se muestra las cargas máximas promedio, en ambos casos, según la orientación de la fibra, la condición inicial de ensayo y el tipo de tablero.

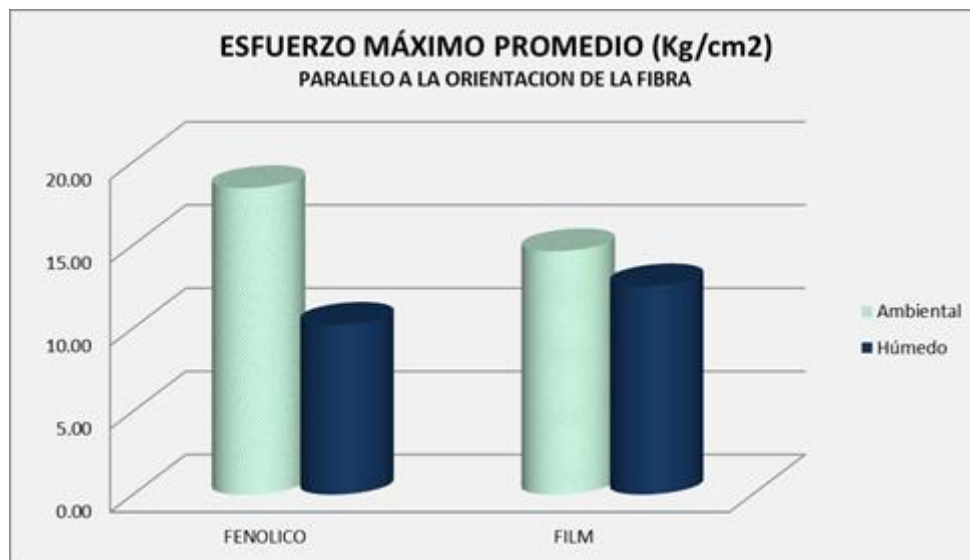


Cuadro N° 20: Esfuerzo máximo promedio (kg/cm<sup>2</sup>)

N°	TABLERO CONTRACHAPADO	ESFUERZO MÁXIMO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )			
		PARALELO A LA FIBRA		TRANSVERSAL A LA FIBRA	
		AMBIENTAL	HUMEDO	AMBIENTAL	HUMEDO
1	FENO	18,43	10,21	21,29	12,43
2	FILM	14,63	12,52	18,00	9,58

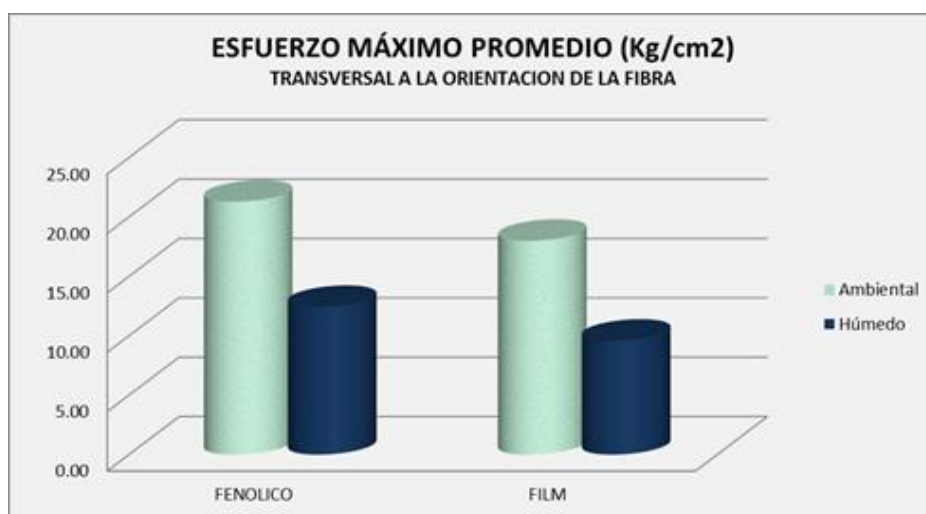
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1: Esfuerzo máximo promedio paralelo a la fibra y según condición inicial de ensayo (kg/cm<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2: Esfuerzo máximo promedio transversal a la fibra y según condición inicial de ensayo (kg/cm<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21. Carga máxima promedio (kg/cm<sup>2</sup>)

N°	TABLERO CONTRACHAPADO	CARGA MAXIMA (kg)			
		PARALELO A LA FIBRA		TANSVERSAL A LA FIBRA	
		AMBIENTAL	HUMEDO	AMBIENTAL	HUMEDO
1	FENO	137,14	76,11	156,08	89,67
2	FILM	121,99	97,93	135,59	75,37

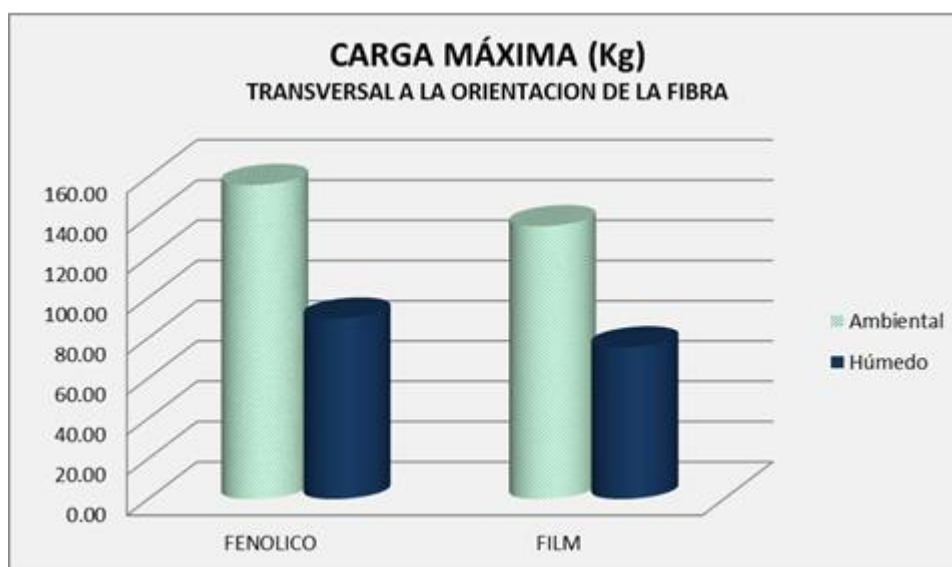
Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 3. Carga Máxima promedio paralelo a la fibra y según condición inicial de ensayo (kg/cm<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 4. Carga máxima promedio transversal a la fibra y según condición inicial de ensayo (kg/cm<sup>2</sup>)



FUENTE: Elaboración propia

Los Tableros Contrachapados que registraron mayor esfuerzo máximo promedio y mayor carga máxima promedio fueron los Tableros Contrachapados Fenólico, a excepción de las probetas en estado húmedo y paralelo a la fibra. En esta categoría los Tableros Contrachapados Fenólico FILM obtuvieron mayor valor promedio.

Para determinar el porcentaje de falla en las probetas se presentaron algunos inconvenientes por lo que no fue posible determinarlo en algunas de ellas. Los tableros Fenólico FILM presentaron discontinuidad en sus chapas y algunas de las probetas de tableros Fenólico fallaron en la madera. Las observaciones mencionadas se muestran en el Cuadro N°22, Gráfico N°4.5 y Gráfico N°4.6.

Cuadro N° 22. Observaciones de las Probetas Ensayadas

PROBETAS OBSERVADAS							
N°	TABLERO CONTRACHAPADO	PROBETAS OPTIMAS	SEPARACIÓN DE CHAPAS AL HUMEDECER	FALLA PRODUCIDA EN LA MADERA	FALLA PRODUCIDA FUERA DEL ÁREA DE ANÁLISIS	CHAPAS NO CONTINUAS	TOTAL
1	FENO	80	3	37	0	0	12
2	FILM	90	0	0	4	26	12
						TOTAL	24

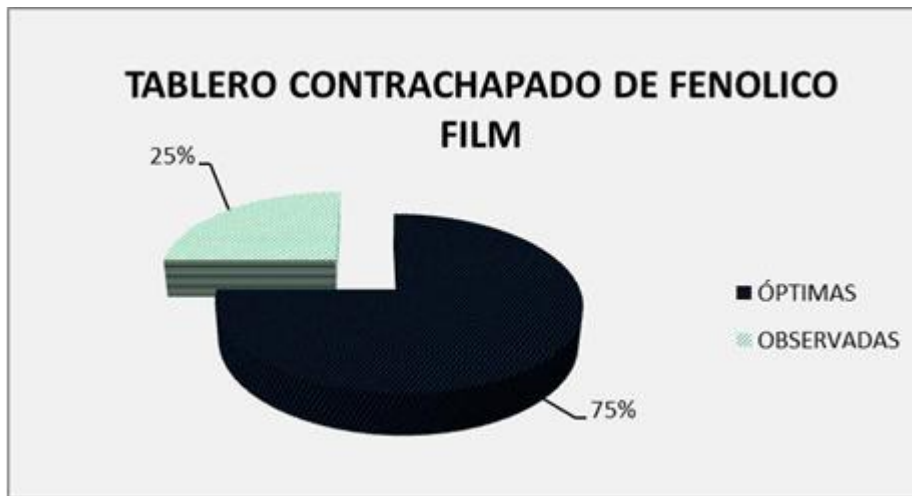
Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5 Observaciones en probetas de tableros constrachapado fenolico



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 6. Observaciones en probetas de tableros constrachapado fenolico film.



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El valor promedio de resistencia al cizallamiento del adhesivo al estado ambiental y para ambas orientaciones (paralelo y transversal), es mayor para los tableros constrachapados fenólicos (18,43 kg/cm<sup>2</sup> y 21,29 kg/cm<sup>2</sup>)

El valor promedio de resistencia al cizallamiento del adhesivo al estado húmedo y paralelo a la fibra es mayor para los tableros constrachapados fenólicos FILM (12,52 kg/cm<sup>2</sup>)

El valor promedio de resistencia al cizallamiento del adhesivo al estado húmedo y transversal a la fibra es mayor para los tableros constrachapados fenólicos (12,43 kg/cm<sup>2</sup>)

Los adhesivos usados en los tableros constrachapados para cada tipo de tablero presentaron mayor resistencia al cizallamiento al estado ambiental que al estado húmedo.

En el 33% de las probetas obtenidos de los tableros constrachapados fenólicos no se pudo hallar el porcentaje de falla en la madera ya que fallaron en el sustrato y en menor proporción las chapas se separaron al ser expuestas a la humedad.

En el 25% de las probetas obtenido de los tableros constrachapados fenólicos FILM no se pudo hallar el porcentaje de falla en la madera ya que fallaron fuera del área de análisis y, en menor proporción, fallaron fuera del área de análisis.

## **Recomendaciones**

En el Perú, no existe un control de sistema de control de calidad garantizado mediante sellos de calidad en los productos de tableros contrachapados, por lo que se recomienda implementarlo.

Realizar los ensayos mecánicos complementarios como el Rolling Shear D2718-00, para obtener otros parámetros que permitan realizar un análisis exhaustivo del comportamiento estructural de los tableros contrachapados.

Implementar ensayos relativos a evaluar la resistencia al cizallamiento de los adhesivos usados en tableros contrachapados en la norma técnica peruana, como medida de control de calidad en la producción de los mismos.

Establecer Normas donde se especifiquen ensayos de control de calidad más rigurosos relativos al uso de tableros contrachapados como encofrados.

Realizar mayor investigación relacionada a la resistencia al cizallamiento de los adhesivos en tableros contrachapados de origen nacional, para así determinar su comportamiento estructural y promover su uso.

## **Bibliografía**

Anales Científicos. Volumen L. UNALM. Lima, 2002

AITIM (Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera). Tableros Contrachapados Información General 375 [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_375\\_Tableros\\_CONTRACHAPADOS\\_28.06.2011.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_375_Tableros_CONTRACHAPADOS_28.06.2011.pdf) [Consulta: 30 de Diciembre de 2015]

Cañas, Ignacio. Capacidad de predicción del penetrómetro "PILODYN" en la determinación de la densidad de la madera. Tesis para optar el Título de magister en Ingeniería de Montes, Universidad de Valladolid. España, 2013.

CONFEMADERA (Confederación española de empresarios de madera). Guía práctica de especies de madera. Madrid, España 2004.

D 906-98 (Reapproved 2011) Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear by Tension Loading. ASTM. EEUU, 2011.

De Merchant, Christine. Christine De Merchant's Web Page What's New? [http://www.christinedemerchant.com/marine\\_plywood\\_glues.html](http://www.christinedemerchant.com/marine_plywood_glues.html) [Consulta: 22 de Diciembre de 2015].

FAO, 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. <http://www.fao.org/docrep/t0269s/t0269s05.htm> [Consulta: 03 de Setiembre de 2015]

FAO, 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Choosing the best glues for plywood. <http://www.fao.org/docrep/h2575e/h2575e05.htm>. [Consulta: 30 de Diciembre de 2015]

Forest Products Laboratory. United States Department of Agriculture Forest Service. Wood Handbook Wood as an Engineering Material sostenible. General Technical Report FPL-GTR-190.EEUU, 2010.

Juros Mendoza, Yasminka Deyanira Resistencia a la línea de cola de los tableros contrachapados de Capinurí, Tesis para optar el Título Profesional UNALM -Facultad de Ciencias Forestales Lima, 2009.

Lu Chang – Say, J. Validación de método para determinar parámetros óptimos de los procesos de unión, mediante adhesivos disponibles del mercado nacional con maderas amazónicas, para la producción de componentes de uso estructural .Tesis para optar el Título Profesional UNI- FIIS, Lima, 2014.

Nemati,Kamran. Temporary Structures.Department of Construction Management. University of Washington. EEUU, 2007.

Norma Técnica Peruana, Tableros de madera contrachapados. Definición y terminología, INDECOPI 251.038, Lima, 2010.

Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada- Dimensiones, INDECOPI 251.039, Lima, 2010.

Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada - Clasificación por sus caras, INDECOPI 251.040, Lima, 2010.

Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada – Ensayo de encolado. Ensayo físico, INDECOPI 251.042, Lima, 2010.

Norma Técnica Peruana, Tableros de Madera Contrachapada – tipos de encolado. Definiciones, ensayo y calificación. INDECOPI 251.091, Lima, 2010.

PS 1-09 Structural Plywood - The Engineered Wood Association's APA EEUU-, 2010.

Quevedo M. Valeria. Adherencia y Adhesivos para madera. Materiales de Nueva Generación y Materiales eficientes. Master Oficial en proyecto Arquitectónico y Ciudad. Universidad de Alcalá. España.

Southern Pine Council y CEA (Construcción Energitérmica Asísmica). Madera de Pino Amarillo, Manual Práctico de Construcción LP. Anexo 4 (sin fecha)

Técnicas de Construcción II, Editores Asociados S.A, Barcelona – España, 1982.

UNE EN 313-1. Tableros Contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 1: Clasificación. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 1996.

UNE EN 314-1. Tableros Contrachapados. Calidad del encolado. Parte 1: Métodos de ensayo. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 2007.

UNE EN 314-2. Tableros Contrachapados. Clasificación y terminología. Parte 2: Requerimientos. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 1994.

UNE EN 635-1. Tableros Contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 1: Generalidades. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 1995.

UNE EN 635-2. Tableros Contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 2: Frondosas. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 1996.

UNE EN 635-3. Tableros Contrachapados. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 3: Coníferas. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. España 1996.

W. Nutsch, Tecnología de la Madera y del Mueble, Editorial Reverté, S.A Barcelona – España, 2005.