

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**“ Elaboración de tableros OSB con
residuos de la Industria del
Laminado y dos tipos de
adhesivos”**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Carlos Manuel Flores Martínez

Lima – Perú

2006

RESUMEN

El tablero de Virutas Orientadas (OSB) es un producto que actualmente se está produciendo para dar uso alternativo a los árboles de pequeño diámetro, así como también utilizar residuos de industrias, en este caso, la industria del laminado. El tablero de virutas orientadas reconvierte la madera o residuos industriales de madera en un tablero relativamente homogéneo que se puede derivar a múltiples usos.

En el presente trabajo se evaluaron tableros de virutas orientadas (OSB) de densidad media elaborados con dos tipos de resina (melamina formaldehído y urea formaldehído) y de dos espesores (12 mm y 19 mm), utilizando como materia prima residuos de la industria del laminado (chapas decorativas) de la especie Cedro (*Cedrela montana*).

Los resultados demuestran que los tableros OSB elaborados con virutas provenientes de chapas decorativas con melamina formaldehído presentan mejores propiedades que los que se elaboraron a base de urea formaldehído. Así también se demostró que los tableros OSB no cumplen con las exigencias mínimas de la norma UNE para el ensayo de resistencia a la tracción, por lo que se requiere disminuir el largo de las virutas utilizadas.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE	1
LISTA DE CUADROS.....	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 ESPECIE.....	2
2.2 VIRUTAS	2
2.3 TABLEROS OSB (ORIENTED STRANDBOARD).....	2
2.3.1 <i>Materia Prima</i>	4
2.3.2 <i>Proceso de produccion</i>	4
2.4 ADHESION Y ADHESIVOS.....	6
2.4.1 <i>Teoria de la adhesión</i>	6
2.4.2 <i>Resinosidad</i>	7
2.4.3 <i>Adhesivos</i>	7
2.4.4 <i>Adhesivo a base de Urea formaldehído</i>	8
2.4.5 <i>Adhesivo a base de Melamina formaldehído</i>	10
2.4.6 <i>Cloruro de amonio</i>	11
2.5 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.....	12
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 LUGAR DE EJECUCION	15
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	15
3.2.1 <i>Especie</i>	15
3.2.2 <i>Insumos</i>	15
3.2.3 <i>Equipos e instrumentos</i>	15
3.3 METODOS.....	16
3.3.1 <i>Determinaciones previas</i>	16
3.3.2 <i>Preparación de tableros</i>	17
3.3.3 <i>Evaluación de los tableros</i>	19
4. RESULTADOS.....	23
4.1 DETERMINACIONES PREVIAS DE LAS VIRUTAS.....	23
4.1.1 <i>Densidad Básica (DB)</i>	23
4.1.2 <i>pH</i>	23
4.2 ELABORACION DE TABLEROS.....	23
4.2.1 <i>Coficiente de esbeltez (CE)</i>	23
4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS OSB.....	25
4.3.1 <i>Hinchamiento a las 24 horas</i>	25
4.3.2 <i>Contenido de Humedad (%)</i>	29
4.3.3 <i>Densidad DEL TABLERO</i>	33
4.4 PROPIEDADES MECANICAS.....	37
4.4.1 <i>Modulo de ruptura en FLEXION estatica (MOR)</i>	37
4.4.2 <i>modulo de elasticidad en flexion estatica (MOE)</i>	41

4.4.3	TracciOn perpendicular.....	45
5.	DISCUSIÓN.....	49
6.	CONCLUSIONES.....	51
7.	RECOMENDACIONES.....	52
	BIBLIOGRAFÍA.....	53
	ANEXO 1.....	58
	DATOS TÉCNICOS PROPORCIONADOS POR CLARIANT DE LA MELAMINA FORMALDEHÍDO.....	58
	ANEXO 2.....	59
	VALORES EXPERIMENTALES DE LAS DIMENSIONES DE 400 MUESTRAS DE CADA UNO DE LOS 4 SACOS DE LAS VIRUTAS EMPLEADOS.....	59
	ANEXO 3.....	63
	VALORES EXPERIMENTALES PARA HALLAR LA DENSIDAD BÁSICA (DB) DE <i>CEDRELA MONTANA</i>	63
	ANEXO 4.....	64
	VALORES EXPERIMENTALES DEL pH DE <i>CEDRELA MONTANA</i>	64
	ANEXO 5.....	65
	DATOS EXPERIMENTALES DE HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	65
	ANEXO 6.....	66
	ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DEL LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	66
	ANEXO 7.....	67
	DATOS EXPERIMENTALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	67
	ANEXO 8.....	68
	ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DEL LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	68
	ANEXO 9.....	69
	DATOS EXPERIMENTALES DE DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	69
	ANEXO 10.....	70
	ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	70
	ANEXO 11.....	71
	DATOS EXPERIMENTALES DEL MODULO DE RUPTURA (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	71
	ANEXO 12.....	72
	ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL MODULO DE RUPTURA (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	72
	ANEXO 13.....	73
	DATOS EXPERIMENTALES DEL MODULO DE ELASTICIDAD (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	73

ANEXO 14.....	74
ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	74
ANEXO 15.....	75
DATOS EXPERIMENTALES DE TRACCIÓN (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	75
ANEXO 16.....	76
ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA TRACCIÓN (N/MM ²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	76

Lista de cuadros

Cuadro		Página
CUADRO 1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TABLEROS TIPO OSB COMERCIALES	13
CUADRO 2	EXIGENCIAS MÍNIMAS ESTABLECIDAS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS TABLEROS OSB	14
CUADRO 3	FORMULACIÓN DE LA COLA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS OSB.....	20
CUADRO 4	VALORES PROMEDIO DE LAS DIMENSIONES DE LAS VIRUTAS Y SU COEFICIENTE DE ESBELTEZ (CE).....	24
CUADRO 5	VALORES PROMEDIO DE HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.	26
CUADRO 6	ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DEL OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	27
CUADRO 7	VALORES PROMEDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	30
CUADRO 8	ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	31
CUADRO 9	VALORES PROMEDIO DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	34
CUADRO 10	ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	35
CUADRO 11	VALORES PROMEDIO DEL MODULO DE RUPTURA EN FLEXIÓN ESTÁTICA (MOR) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	38
CUADRO 12	ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL MODULO DE LA RUPTURA EN FLEXIÓN ESTÁTICA (MOR) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	39
CUADRO 13	VALORES PROMEDIO DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÓN ESTÁTICA (MOE) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	42
CUADRO 14	ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL MODULO DE LA ELASTICIDAD EN FLEXIÓN ESTÁTICA (MOE) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	43
CUADRO 15	VALORES PROMEDIO DE TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	46
CUADRO 16	ANÁLISIS DE VARIANCIA DE TRACCIÓN PERPENDICULAR DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	47

Lista de figuras

Figura		Página
FIGURA 1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS OSB	3
FIGURA 2	DISTRIBUCIÓN DE LAS PROBETAS PARA LOS TABLEROS OSB SEGÚN NORMA UNE-EN 325:1993.....	21
FIGURA 3	VARIACIÓN DEL HINCHAMIENTO A LAS 24 (%) CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	28
FIGURA 4	VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	32
FIGURA 5	VARIACIÓN DE LA DENSIDAD (G/CM3)CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	36
FIGURA 6	VARIACIÓN DEL MODULO DE RUPTURA EN FLEXIÒN ESTÀTICA (N/MM2) CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	40
FIGURA 7	VARIACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÒN ESTÀTICA (N/MM2) CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES.....	44
FIGURA 8	VARIACIÓN DEL LA TRACCIÓN PERPENDICULAR (N/MM2) CON RESPECTO A LOS DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES	48

1. INTRODUCCION

El Tablero de Virutas Orientadas (OSB) es un producto que actualmente se esta produciendo para dar uso alternativo a los árboles de pequeño diámetro, así como también utilizar residuos de industrias, en este caso, la industria del laminado. El tablero de virutas orientadas reconvierte la madera o residuos industriales de madera en un tablero relativamente homogéneo que se puede derivar a múltiples usos.

En nuestro país, no existen fábricas de tableros tipo OSB, debido principalmente a la heterogeneidad del bosque, falta de abastecimiento sostenido de materia prima y la obtención de residuos de la transformación de diferentes especies y tamaños. En este contexto, la industria de chapas decorativas y triplay decorativo, en las etapas de laminado y guillotinado pierde entre un 10% a 20% del volumen total de chapas elaboradas. Estos residuos, que se caracterizan por su espesor uniforme, no son aprovechados eficientemente y se los utiliza, en el mejor de los casos, para la generación de energía calorífica en los calderos de las fábricas.

La tendencia a usar nuevas tecnologías para la elaboración de productos derivados de la madera avanza constantemente, el cambio dinámico de los mercados ha sido un factor importante, pero no tanto como el que se ha producido en el suministro de materia prima. La importancia de encontrar un uso apropiado a los residuos de la industria de la madera es motivo de investigación y de esta manera, darle un mejor uso al recurso maderable.

En el presente trabajo se evaluaron tableros de virutas orientadas (OSB) utilizando como materia prima residuos de la industria del laminado (chapas decorativas) de la especie Cedro (*Cedrela montana*) elaborados con dos tipos de adhesivos (Melamina formaldehído y Urea formaldehído) y dos espesores (12 mm y 19 mm).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 ESPECIE

La especie Cedro (*Cedrela montana*) tiene: grano recto, textura media y brillo medio, a simple vista se observa un veteado en forma de arcos superpuestos en el corte tangencial. En cuanto a las propiedades físicas, presenta una densidad básica de 0.42 g/cm^3 , así también, para las propiedades mecánicas como el modulo de elasticidad en flexión estática se tiene un valor promedio de 89.7 Kg. /cm^2 y para el modulo de ruptura en flexión estática 436.0 Kg. /cm^2 (Larco, 2000).

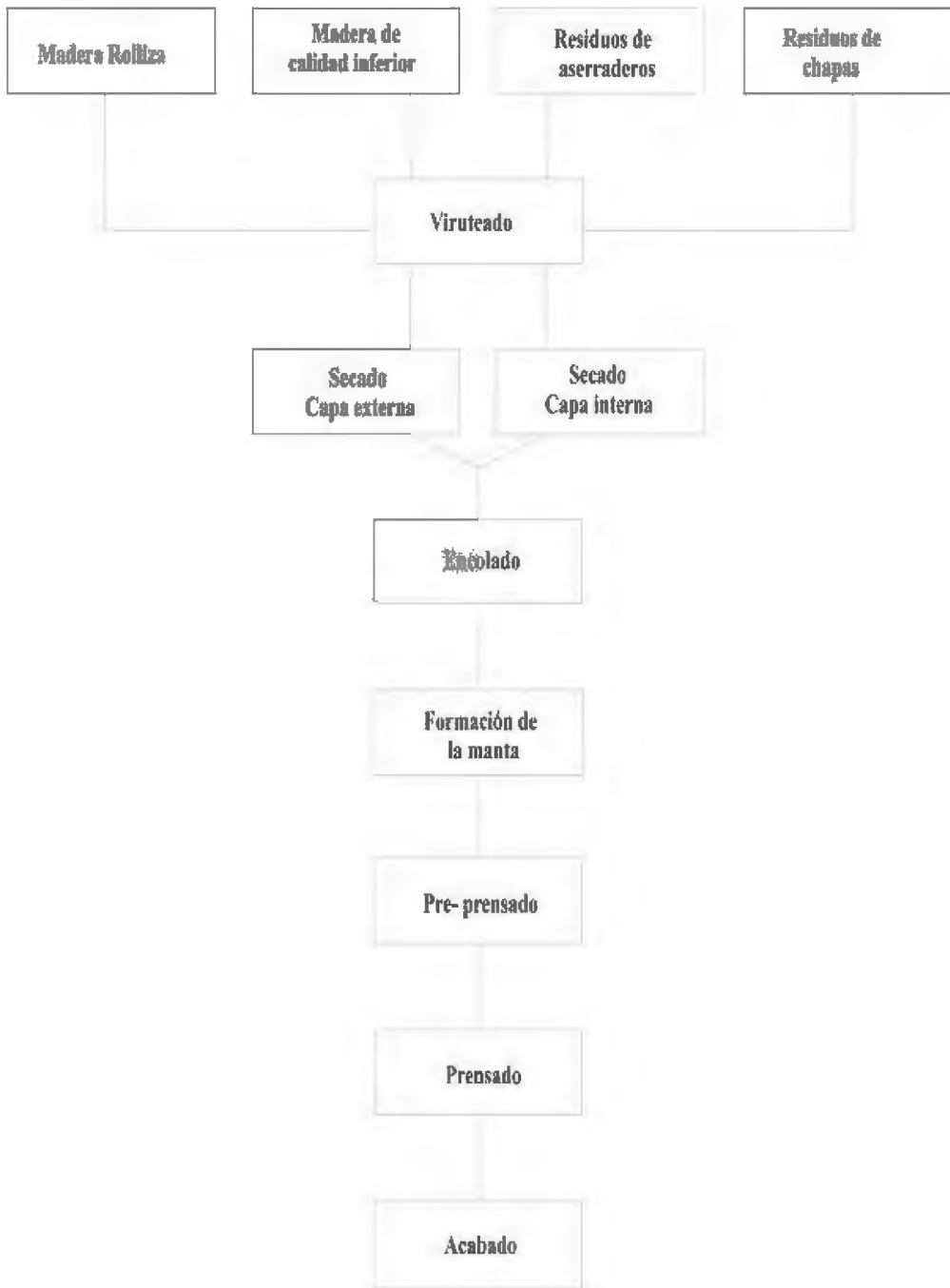
2.2 VIRUTAS

La viruta se define como una hojuela de madera cuyo largo superficial es relativamente mayor que el ancho (ASTM, 1978). Las virutas utilizadas para fabricar tableros tipo OSB presentan, en condiciones ideales, una relación largo-ancho de 10:1 (Peredo, 1987). Las virutas de dimensiones predeterminadas son producidas en un equipo, cuya acción de corte se efectúa especialmente en dirección del grano (ya sea radialmente, tangencialmente o en ángulos intermedios), pareciendo pequeñas piezas de chapas (CORFO-INFOR, 1987). Así, en cuanto a las dimensiones de las virutas empleadas para la elaboración de tableros OSB tenemos un largo entre los valores de 30 a 150 mm; para el ancho, valores entre 5 a 50 mm y finalmente, espesores entre 0.26 y 0.70 mm (Moeltner, 1981).

2.3 TABLEROS OSB (ORIENTED STRANDBOARD)

Se define como un tablero de varias capas conformado por virutas de madera de forma y espesor determinado con la adición de un aglomerante. Las virutas de las capas exteriores están alineadas y dispuestas paralelamente a la longitud o anchura del tablero (UNE-EN 300, 1997). Sus propiedades mecánicas se asemejan a las obtenidas con los tableros contrachapados (AITIM, 1998). Para la elaboración de tableros OSB se considerará los siguientes pasos: (ver Figura 1)

Figura 1 Diagrama de Flujo para la elaboración de Tableros OSB



2.3.1 MATERIA PRIMA

Diversos estudios han demostrado que es posible fabricar tableros OSB de buenas propiedades utilizando especies de coníferas y latifoliadas, tanto solas como en mezclas, teniéndose la ventaja económica de poder emplear una gran cantidad de residuos leñosos (CORFO-INFOR, 1987). Sin embargo al cambiar de materia prima se provocan cambios en el proceso y en las propiedades del tablero (Poblete, 2001).

Así también, las maderas procedentes de embalajes, tablas, tablones, piezas de madera empleadas para la construcción, residuos de la industria maderera son diversas fuentes de suministro de materia prima para la elaboración de diversos tipos de tableros (Pallmann, 1994). La materia prima debe ser clasificada según sus dimensiones para ser reducida a virutas, las cuales se usaran durante el proceso (Maloney, 1977). El análisis de materia prima permite identificar tres fuentes principales de abastecimiento: madera rolliza proveniente de raleos, desechos de explotación y maderas de inferior calidad y, desechos industriales de aserraderos y fabricas de chapas y contrachapados (Torres, 1989).

2.3.2 PROCESO DE PRODUCCION

A) VIRUTEADO

Existen básicamente tres tipos de maquinas viruteadoras: de anillo, de tambor y de disco, siendo el método de disco el más común. Actualmente las fábricas cuentan con dos máquinas viruteadoras: una produce virutas destinadas a las capas exteriores y otra, a las capas interiores del tablero (CORFO-INFOR, 1987). En la industria de los tableros estructurales OSB, existe la posibilidad de utilizar astillas normalizadas o maxiastillas (con longitudes mayores a 50 mm), producidas con viruteadoras de anillos (Malones, 1992).

B) SECADO

El Secado rotatorio es el método más común en la industria del tablero OSB (CORFO-INFOR, 1987). Inmediatamente después se tamiza para eliminar partículas finas, pasando a continuación a los silos secos (García *et. al.*, 2002).

Para lograr un correcto encolado y prensado, el contenido de humedad debe ser notablemente más bajo que el inicial, debiendo secarse el material de capa externa hasta un contenido de

humedad aproximado de 8% (5 a 10%) y las de capa media a un 4% (2 a 6%) en promedio (Poblete, 2001).

C) ENCOLADO

Existen diferentes sistemas para el encolado y mezclado, siendo el objetivo principal obtener una distribución pareja y uniforme de las resinas, ceras y otros posibles aditivos sobre las hojuelas (CORFO-INFOR, 1987). Todos los adhesivos empleados hasta ahora en la fabricación de tableros son termoendurecibles, cuando se calientan aumentan la viscosidad y finalmente se solidifican (AITIM, 1996). En la actualidad la generalidad de las técnicas de encolado utilizan adhesivos líquidos (soluciones coloidales) con contenidos de 30 a 60 % de agua u otros solventes, permitiendo que las soluciones sean capaces de adaptarse a la superficie, introduciéndose en las fisuras, porosidades o accidentes de las partes a unir (Poblete, 1978).

En el caso que las virutas externas tengan un contenido de humedad bajo, durante el encolado se debe agregar agua para provocar un gradiente de humedad apropiado; también se debe tratar de agregar más catalizador en las capas medias y un retardante en las capas externas. Considerando esto, el factor promedio de encolado sería de 8% (Poblete, 2001).

D) FORMACIÓN DE LA MANTA

La formación de la manta de virutas en capas, es a través de la proyección sobre una cinta transportadora, con una orientación sensiblemente igual en cada capa. Para lograr esta alineación se utilizan tres tipos de formadoras: de banda peinadora, de rodillos de proyección o de orientación electrostática (García *et al*, 2002).

E) PRE-PRENSADO

Es una de las etapas más importantes ya que determina la capacidad de producción de la planta, acorta el tiempo de prensado y evita que las virutas más finas se desplacen hacia abajo. Esta operación se efectúa a temperatura ambiente con presiones de 1.0 y 2.5 N/mm² en períodos de 6 a 20 segundos (Poblete, 2001).

F) PRENSADO

El prensado en caliente tiene como objetivo densificar los materiales para llegar a las dimensiones finales del tablero, permitiendo el fraguado de la resina mediante transferencia de calor y remoción de la humedad. Este proceso se puede efectuar mediante prensas uníplatos, múltiplatos o continuas (CORFO-INFOR, 1987). El tiempo de fraguado ha tenido notables reducciones con técnicas de inyección de vapor a presión, dando mejores resultados para el caso de la urea formaldehído (Geimer, 1996). Algunas veces el fraguado continúa aún después del prensado (Poblete, 2001).

G) ACABADO

El acabado es la última fase de la producción, donde se realiza el dimensionado del tablero a las medidas comerciales, el enfriado, apilado para alcanzar un contenido de humedad y temperatura ambiente y finalmente el lijado para mejorar la superficie (Poblete, 2001). Si los tableros no son enfriados antes de apilar, por efecto de la temperatura puede producirse una hidrólisis que daña las uniones, reduciendo la calidad del producto (Ginzler, 1966). También se debe tener en cuenta que al lijar se elimina una porción superficial de las caras, extrayendo la parte menos densas de las caras superficiales incrementando la resistencia a la flexión (FONDEP, 1991).

2.4 ADHESION Y ADHESIVOS

2.4.1 TEORIA DE LA ADHESIÓN

Toda materia esta constituida por átomos y moléculas que están unidas entre sí por valencias o fuerzas de naturaleza eléctrica. El encolado se basa en este principio y utiliza estas fuerzas para crear una unión entre dos cuerpos sólidos (Poblete, 1978). La tensión superficial representa un papel importante en los adhesivos, a mayor tensión menos superficie de pegado y viceversa (Coons, 1951). Luego del fraguado, habiéndose eliminado el medio portador de la resina, se tiene como resultado una unión tipo “dedos de cola” en la que se distinguen tres zonas: madera intacta, madera impregnada por el adhesivo y una línea de cola o película donde solo hayamos el adhesivo (Poblete, 2001).

En cuanto a las fuerzas desarrolladas y según los conceptos actuales de la teoría de la adhesión, se pueden distinguir entre adhesión específica y mecánica, de esta manera, la primera se refiere a las fuerzas eléctricas de atracción molecular entre el adhesivo y la superficie del adherendo cuando el adhesivo está fraguado; y la segunda, corresponde a un anclaje mecánico del adhesivo en la madera, debido a la penetración (Poblete, 1978). La disminución de la tensión superficial con reductores de la tensión superficial mejora la unión, hasta una cierta concentración óptima de tensoactivo, seguramente por la fluidez y penetración excesiva, teniendo también buenos resultados aumentando la humectabilidad de los adhesivos (Herczeg citado por Houwink, 1978).

2.4.2 RESINOSIDAD

Resinosidad es el porcentaje de resina sólida por peso de viruta seca que contiene el tablero, sin embargo, dada la gran superficie específica de las virutas, la cantidad de adhesivo que queda sobre la superficie es relativamente pequeña (Poblete, 2001). Todas las propiedades del tablero mejoran proporcionalmente al aumentar el contenido de resinas, especialmente la adherencia interna, pero esto conlleva a elevar los costos de producción (CORFO-INFOR, 1987).

2.4.3 ADHESIVOS

Un adhesivo es una sustancia que se usa para unir dos piezas entre sí, generalmente son solubles en agua, en forma coloidal, y producen soluciones viscosas (Coons, 1951). En la actualidad los adhesivos usados en la industria de la madera se circunscriben fundamentalmente a 4 grandes áreas: unión de piezas, producción de contrachapados, enchapados y producción de tableros aglomerados (Poblete, 1978). Todos los adhesivos empleados actualmente en la fabricación de tableros son termo-endurecibles, cuando se calientan aumentan su viscosidad y finalmente se solidifican (AITIM 179, 1996). Prácticamente todos los adhesivos de madera son dispersiones de sustancias poliméricas macromoleculares en agua, así también, cuando la dispersión de un polímero se pone en contacto con la superficie de madera o de la celulosa, se forma un enlace entre los grupos reactivos del polímero y de la madera o celulosa (Houwink, 1978).

2.4.4 ADHESIVO A BASE DE UREA FORMALDEHÍDO

La urea y el formaldehído son los insumos más importantes para la fabricación de resinas y plásticos amínicos. La urea, también llamada carbamida, por ser la amida del ácido carbónico, se puede preparar por reacción del amoniaco con el fosgeno: $\text{COCl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{HCl}$, también se deduce la estructura de urea por su formación a expensas del cianato de amonio. Al parecer el primer paso de la reacción es la hidrólisis, puesto que están presentes el amoniaco y ácido cianúrico: $\text{NH}_4\text{OCN} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO} \rightarrow \text{NH}:\text{C}(\text{CO})\text{NH}_2 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ siendo esta la fórmula clásica de la urea (Kirk, 1961 b). También resina urea formaldehído, se forma por policondensación de la urea obtenida por síntesis del nitrógeno atmosférico con formaldehído (Nutsch, 2000).

El formaldehído se forma por oxidación de metanol; también se obtiene por oxidación de hidrocarburos, por lo general se usa la solución acuosa comercial de formaldehído, que contiene 37% en peso del aldehído y se conoce con los nombres de formol y formalina. La acidez y el contenido de metanol del formol comercial influyen notablemente en las resinas de urea. El formol suele ser muy ácido, acidez que se neutraliza hasta obtener el pH conveniente a la forma de la resina (Kirk, 1961 b).

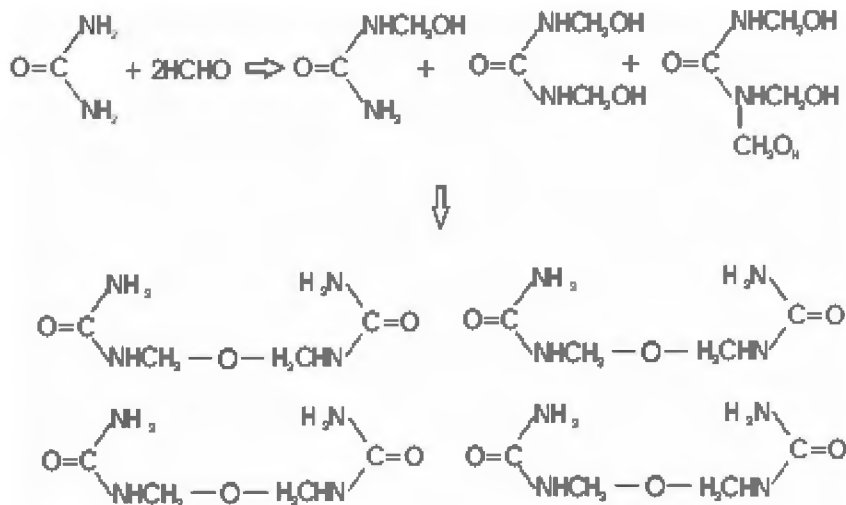
La reacción entre urea y formaldehído para producir el adhesivo es bastante compleja. Los factores más importantes en esta reacción son; la proporción molar entre urea y formaldehído, la temperatura a la que se lleva la reacción, y los valores de pH a los cuales se lleva el proceso, los cuales influyen en el incremento del peso molecular de la resina y las características; así mismo, las características de los productos de la reacción difieren considerablemente cuando disminuye o aumentan los estados de condensación, entre estas características (Dekker, 1983).

El proceso de condensación de la urea formaldehído comprende dos fases:

H) CONDENSACIÓN ALCALINA

La condensación alcalina a mono, di y trimetilureas, estas se forman de la reacción de urea y formaldehído a temperatura ambiente (Dekker, 1983). Se ha estudiado la acción del calor sobre las metilolureas para definir su mecanismo de reacción, teniendo así que, cuando se calienta dimetilolurea, se desprende media mol de formaldehído y un mol de agua y cuando se calienta monometilurea se desprende una mol de agua, pero no hay desprendimiento de formaldehído.

En presencia de álcalis se desprende menos agua de la dimetilurea y se desprende menos formaldehído (Kirk, 1961 b). De la reacción de urea y formaldehído, y de mono y dimetilurea, se tiene (Dekker, 1983):



1) CONDENSACIÓN ÁCIDA

La segunda es la condensación ácida de las metilureas; los productos precipitados de las soluciones acuosas de urea y formaldehído, o de metilureas son metiloureas de bajo peso molecular $\text{H}_2\text{NCONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_n\text{H}$ (Dekker, 1983).

La estructura de los productos de reacción de la urea y el formaldehído bajo diferentes condiciones de reacción son las siguientes (Dekker, 1983):

- $\text{H}_2\text{NCONH}_2 + 0.75 \text{HCHO} \rightarrow (\text{pH } 1) \rightarrow \text{H}_2\text{NCONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_4\text{H}$
- $\text{H}_2\text{NCONH}_2 + 1.0 \text{HCHO} \rightarrow (\text{pH } 1) \rightarrow \text{H}_2\text{NCONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_{5-6}\text{H}$
- $\text{H}_2\text{NCONH}_2 + 1.0 \text{HCHO} \rightarrow (\text{pH } 3) \rightarrow \text{monometilol-} \text{H}_2\text{NCONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_{5-6}\text{H}$
- $\text{H}_2\text{NCONH}_2 + 1.0 \text{HCHO} \rightarrow (\text{pH } 3) \rightarrow \text{H}_2\text{NCONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_{6-7}\text{H}$

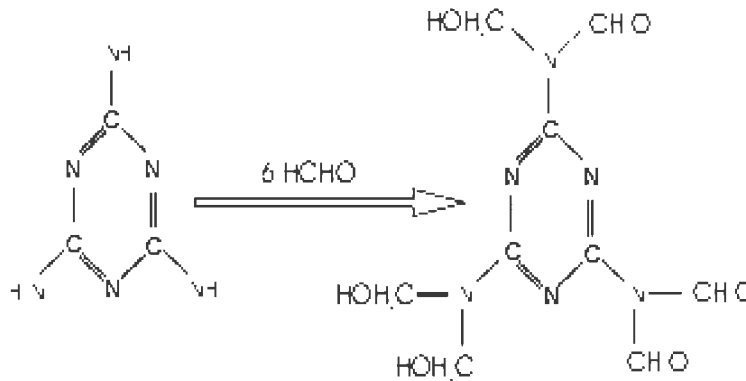
Las resinas urea formaldehído son muy susceptibles a la degradación cuando están expuestas al agua. Especialmente a partir de 40 – 60° C, la unión se deteriora muy rápidamente (AITIM, 1996). Dentro de las propiedades de uso de la urea formaldehído, a parte de sus bajos costos, tenemos también que requiere menos tiempos de fraguado, menos temperaturas, produce tableros de colores claros pero no tan resistentes a la humedad (Jonson, 1956). Si se añaden agentes endurecedores, tales como sales de amonio (Cloruro de amonio), pueden acelerar su fraguado (Mullins, 1981). Dentro del análisis de control de la urea formaldehído se tiene un pH de 8.17, un 50% de contenido de sólidos, 0.42% de formol libre y 1.264 g/cm³ (CORFO – INFODEMA, 1990).

2.4.5 ADHESIVO A BASE DE MELAMINA FORMALDEHÍDO

La melamina (C₃H₆N₆) se obtiene de la cianamida cálcica (CaCN₂) (Nutsch, 2000). Por acidificación se forma cianamida (CH₂N₂); ésta se polimeriza fácilmente y se convierte en dicianoamida (C₂H₄N₄), con la que se fabrican materiales plásticos, por condensación con formaldehído. La mayoría de fundamentos para la elaboración de melamina se fundan en el calentamiento de dicianodiamida a altas temperaturas (350° C); a estas temperaturas se desprende amoniaco y se forman productos de condensación de melamina, entre ellos melam (C₆H₉N₁₁), melem (C₆H₆N₁₀) y melom (C₉H₁₃), que son poco solubles en agua y no son útiles como coproductos de reacción (Kirk, 1961 b).

El formaldehído, insumo importante en la elaboración de urea formaldehído se revisó en el punto 2.4.4.

La reacción de condensación entre la melamina y el formaldehído es similar al de la urea y el formaldehído; el formaldehído primero ataca a los grupos amino, formando compuestos metilol (Dekker, 1983). A causa de la poca solubilidad de la melamina en agua esta reacción se realiza a 80-100° C (Kirk, 1961 b). La adición de formaldehído a la melamina ocurre mas fácil y completamente que la urea, aceptando así el grupo amino, dos moléculas de formaldehído; el proceso de metilación permite series de compuestos metilol (hexametilolamina) con dos a seis grupos metilol (Dekker, 1983). Por esto la melamina es menos soluble que la urea, por la estabilidad de la hexametilolamina, pues no puede polimerizarse hasta que se elimine el formaldehído y luego, la estructura del polímetro sería sumamente ramificada, lo que concuerda con la insolubilidad de los polímeros que se forman (Kirk, 1961 b).



La resina melamina formaldehído, es un producto de condensación de una amina, en este caso la melamina y un aldehído, como el formaldehído (Averell, 1963). Esta resina tiene propiedades generales parecidas, pero es más resistente al agua que la urea formaldehído por lo que algunas veces se mezcla con ésta para mejorar su resistencia (Kirk, 1961 a). Este adhesivo resiste el tratamiento de cocción en agua y da origen a uniones de tipo V-100 (Poblete, 2001). Dentro del análisis de control de la urea formaldehído se tiene un pH de 6.8, un 96.3% de contenido de sólidos, 0.42% de formol libre y 1.264 g/cm³ (Anexo 1).

2.4.6 CLORURO DE AMONIO

El catalizador recomendado para este tipo de resinas es el cloruro de amonio, el cual genera ácido clorhídrico disminuyendo el valor del pH del ambiente en que se fragua el adhesivo. En relación con el efecto del catalizador sobre las propiedades de los tableros depende tanto de la especie como del proceso mismo (Poblete, 2001).

Los problemas de fraguado que la acidez de la madera provoca al adhesivo se solucionan con la adición de catalizadores o retardantes, los que durante el prensado reaccionan con el agua y liberan compuestos que determinan el pH en que fraguara el adhesivo (Poblete citado por FONDEP, 1991).

La reacción de descomposición del cloruro de amonio es la siguiente:



2.5 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

El Cuadro 1 muestra algunas características de los tableros comerciales que el mercado ofrece.

Los tableros OSB tienen propiedades muy diferentes a los tableros de partículas normales, asemejándose mucho a los tableros contrachapados y con exigencias específicas. Debido a que es un producto no muy desarrollado, en Europa solo se encuentran normas relacionadas con OSB en el grupo de Normas UNE-EN, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 1 Características técnicas de los tableros tipo OSB comerciales

Espesor (mm)	Densidad (Kg./m ³)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Tracción (N/mm ²)	Hinchamiento 24 h.	C.H. %	Desprend. Superficial (N/mm ²)	Distancia Máx. apoyos en techumbre (cm.)	Distancia Máx. apoyos en pisos (cm.)	Distancia Máx. pies derechos tabiques (cm.)
6	630	3500	0,34	20	5-9	0,50 ±0,05	no utilizar	no utilizar	no utilizar
9,5	630	3500	0,34	25	5-9	0,50± 0,05	40	no utilizar	40,0
11,1	610	3500	0,32	20	5-9	0,50± 0,05	60	no utilizar	60
15,1	580	3500	0,32	20	5-9	0,60 ±0,05	60	40	60
18	580	3500	0,32	20	5-9	0,60 ±0,05	no utilizar	40	no utilizar

*Fuente: www.masisa.com.pe

Cuadro 2 Exigencias mínimas establecidas para las propiedades físicas y mecánicas de los tableros OSB

Propiedad	Exigencia Norma EN 300 para Tableros OSB					
	uso interior seco espesor (mm)			uso exterior húmedo espesor (mm)		
	6 a 10	> 10 < 18	18 a 25	6 a 10	> 10 < 18	18 a 25
Flexión - MOR (N/mm ²)	20	18	16	22	20	18
Flexión - MOE (N/mm ²)	2500	2500	2500	3500	3500	3500
Tracción (N/mm ²)	0,30	0,28	0,26	0,34	0,32	0,30
Hinchamiento 24 h (%)	25	25	25	20	20	20

*Fuente: Normas UNE – EN 300:1997

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCION

La elaboración y los ensayos físico-mecánicos de los Tableros OSB se efectuaron en los Laboratorios de Paneles y de Ensayos Tecnológicos de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 ESPECIE

Se utilizaron residuos de chapas decorativas de Cedro (*Cedrela montana*) procedente de la empresa General Product S.A.C. ubicada en la ciudad de Aguatía, distrito y provincia de Padre Abad, departamento de Ucayalí. La identificación de la especie se realizó en el laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria – La Molina.

3.2.2 INSUMOS

- Resina urea formaldehído (UF).
- Resina melamina formaldehído (MF).
- Cloruro de amonio.
- Agua.
- Otros.

3.2.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Prensa de platos calientes HORMA MACCHINE.
- Prensa Universal TINIUS OLSEN.
- Estufa eléctrica.
- Micrómetro digital.

- Medidor de pH.
- Pistola pulverizadora.
- Compresora.
- Caja formadora.
- Caja orientadora.
- Sierra de cinta.
- Sierra circular.
- Sierra radial.
- Vernier.
- Lápiz de cera.
- Cuchilla.
- Desecadores.
- Computadora.
- Otros.

3.3 METODOS.

3.3.1 DETERMINACIONES PREVIAS

J) DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA

Se tomaron 20 muestras de chapas de 20 cm. X 10 cm., para obtener el valor de densidad básica. Se determino la densidad básica y anhidra de acuerdo a lo estipulado en la Norma ITINTEC N° 251.01, “Método de la determinación de la densidad”.

K) PH

Se tomaron 4 muestras de astillas obtenidas de chapas decorativas de cedro. El pH se determinò con aserrín de cedro previo molido en un molino de martillos. El procedimiento consistiò en tomar 25 g de harina que pasò por un tamiz de 40 mesh y quedò retenido en un tamiz de 60 mesh; a esto se añadiò 250 ml de agua destilada en un balòn de 500 ml el cual se colocò en un aparato para el reflujo por 20 minutos de ebullición, luego se filtrò la mezcla y se obtuvo el extrato para la determinación del pH, previa estandarización del medidor de pH con un bufer al pH=7.

3.3.2 PREPARACIÓN DE TABLEROS

L) PREPARACIÓN DE LAS VIRUTAS

Se dimensionaron los residuos de las chapas de cedro en función a la ubicación de las virutas en el tablero (capa exterior o capa media) así como también el contenido de humedad al cual se tienen que llevar.

M) COEFICIENTE DE ESBELTEZ (CE)

Se tomaron 400 muestras de virutas, para medir sus dimensiones (largo, ancho y espesor) y determinar su coeficiente de esbeltez (largo entre espesor).

N) SECADO

Según las dimensiones de las virutas se determinó la posición de estas en el tablero, teniendo así que, las virutas largas serian destinadas a las capas exteriores y las cortas a la capa interior. Luego, las virutas se secaron en estufa a una temperatura de 80° C, para lograr obtener un contenido de humedad de 4% en promedio para las caras interiores y 8% para las caras exteriores.

O) ENCOLADO

El encolado de las virutas se realizó utilizando el método de pulverización y se empleó dos tipos de adhesivos: Melamina formaldehído (MF) y Urea formaldehído (UF). La formulación de la cola se hizo en base a dimensiones de los tableros, peso de las virutas, contenido de humedad final del tablero, densidad deseada, porcentaje de resinosidad establecido, contenido

de sólidos del adhesivo y porcentaje de catalizador, obteniéndose así los valores mostrados en el cuadro 3.

Luego de obtener la formulación se aumentó un 10% de cola, para así contrarrestar las pérdidas causadas por el mismo proceso de encolado y la manipulación del adhesivo. El total de la cola se distribuyó en tres partes iguales para capa, tal como se muestra en el cuadro 3. Así mismo, el peso total de las virutas fue de 1182.86 g para los tableros de 12 mm y 1872 g para los tableros de 19 milímetros, estos valores fueron divididos en tres partes iguales para agregarle la tercera parte del total de la cola.

P) PRENSADO

Se realizó con una presión manométrica de 23.76 Kg. /cm², Tiempo de prensado fue de 10 minutos para los tableros de 12 mm de espesor y 15 minutos para los tableros de 19 mm de espesor. La temperatura de prensado fue de 140° C. Luego del prensado se procedió a enfriar el tablero, se codificó y se escuadró. La distribución y extracción de las probetas se pueden apreciar en la Figura 2.

Q) CARACTERÍSTICAS DE LOS TABLEROS

Los tableros OSB obtenidos tienen las siguientes características:

- Conformación: tres capas perpendiculares entre sí.
- Densidad: 0.6 g/cm³
- Dimensiones: 40 x 40 x 1,2 cm.
40 x 40 x 1.9 cm.
- Resinosidad: 8 %
- Catalizador: 8%

3.3.3 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS

R) PROPIEDADES FÍSICA

Se evaluaron las propiedades de Hinchamiento, Contenido de Humedad y Densidad. La preparación de las probetas se realizó según lo señalado por las Normas Europeas:

Hinchamiento 24 h (%) UNE - EN 317: 1994

Contenido de humedad UNE - EN 322: 1992

Densidad UNE - EN 323: 1993

S) PROPIEDADES MECÁNICA

Se evaluaron las propiedades mecánicas mediante determinación de Resistencia a la Flexión (MOR), Módulo de elasticidad (MOE) y Tracción perpendicular. La preparación de las probetas para estos ensayos se realizó según lo señalado por las Normas Europeas:

Resistencia a la flexión – Modulo de ruptura UNE - EN 310: 1994

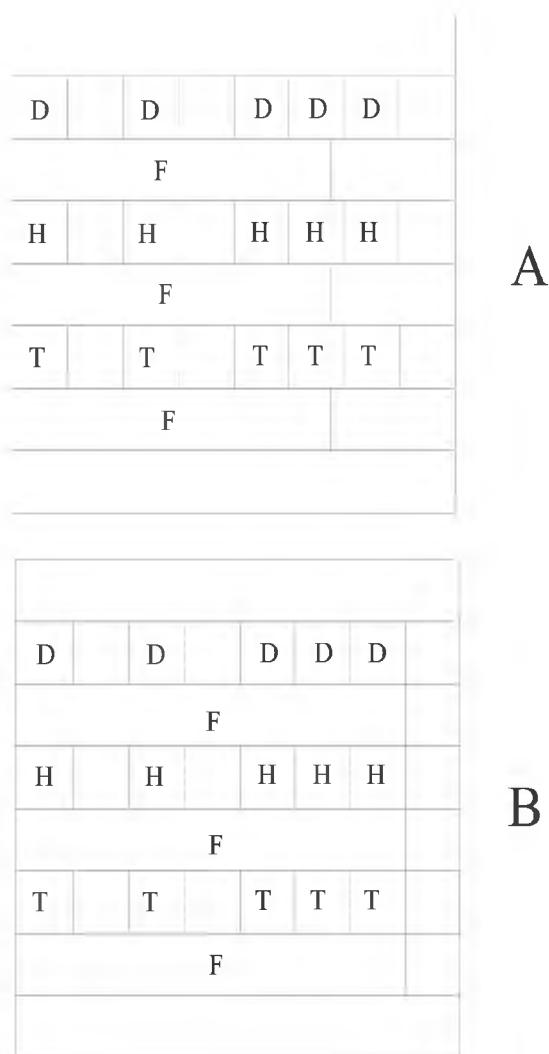
Resistencia a la flexión – Modulo de elasticidad UNE - EN 310: 1994

Tracción UNE - EN 319: 1994

Cuadro 3 Formulación de la cola para la elaboración de los tableros OSB

Material	Tipo de Tablero OSB			
	UF – 12 mm	MF – 12 mm	UF – 19 mm	MF – 19 mm
Resina (g)	167.62	88.22	265.41	139.69
Agua (g)	23.06	102.45	36.48	162.20
Cloruro de amonio (g)	6.70	6.71	10.62	10.62
Peso total de la cola (g)	197.38	197.38	312.51	312.51
Peso de cola por Capa (g)	65.79	65.79	104.17	104.17
Peso de virutas por tablero (g)	1182,86	1182,86	1872.86	1872.86
Peso de Virutas por capa (g)	394.29	394.29	624.29	624.29

Figura 2 Distribución de las probetas para los tableros OSB según norma UNE-EN 325:1993



A. Tablero de 12 mm

B. Tablero de 19 mm

D : Densidad y Contenido de humedad

H : Hinchamiento

T : Tracción

F : Flexión estática

(50 x 50 x 12 mm) (50 x 50 x 19 mm)

(50 x 50 x 12 mm) (50 x 50 x 19 mm)

(50 x 50 x 12 mm) (50 x 50 x 19 mm)

(290 x 50 x 12 mm) (350 x 50 x 19 mm)

T) DISEÑO ESTADÍSTICO

Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). En los tratamientos se consideraron los dos tipos de espesor (12 mm y 19 mm) y en los bloques se tuvo los dos tipos de adhesivo (Urea Formaldehído y Melamina Formaldehído). El Modelo Aditivo Lineal es el siguiente (Freese, 1978):

$$\chi_{ij} = \mu_{..} + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

χ_{ij} = Observación correspondiente a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

$\mu_{..}$ = Media de todas las observaciones del experimento.

τ_i = Parámetro que mide el efecto del i-ésimo tratamiento (espesores).

β_j = Parámetro que mide el efecto del j-ésimo bloque (adhesivos: Melamina formaldehído y Urea formaldehído).

ε_{ij} = Término aleatorio denominado error que mide el efecto que no puede ser explicado con la variabilidad entre tratamientos.

Para el análisis de estos resultados se utilizó el programa estadístico Minitab 13.1.

Asimismo los valores medios de los ensayos físico – mecánicos se compararán con las exigencias mínimas de las normas UNE – EN 300: 1997. La expresión de resultados de ensayo se mostraron como indica la norma UNE – EN 325: 1993.

4. RESULTADOS

4.1 DETERMINACIONES PREVIAS DE LAS VIRUTAS

4.1.1 DENSIDAD BÁSICA (DB)

Se halló una Densidad Básica promedio de 0.41 g/cm^3 . En el Anexo 3 se muestran los valores experimentales.

4.1.2 PH

Para las virutas secas de cedro se obtuvo un pH promedio de 5.63. Los valores experimentales se muestran en el Anexo 4.

4.2 ELABORACION DE TABLEROS

4.2.1 COEFICIENTE DE ESBELTEZ (CE)

El Cuadro 4 incluye los valores promedios de longitud, ancho, espesor y los valores promedio, máximo y mínimo del coeficiente de esbeltez de las virutas producidas para la elaboración de los tableros. Se obtuvo un coeficiente de esbeltez promedio de 121.59, con un rango que oscila entre 26.60 y 264.00. Los Valores experimentales se detallan en el Anexo 2.

Cuadro 4 Valores promedio de las dimensiones de las virutas y su coeficiente de esbeltez (CE)

Saco	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	CE Máx.	CE Min.	CE Promedio	Capa
1	78.37	26.33	0.67	215	51.9	117.78	Externa
2	72.53	23.96	0.72	239	26.6	109.17	Interna
3	54.89	38.93	0.67	161	33	82.51	Interna
4	117.62	25.20	0.67	264	51.9	176.89	Externa
Promedio						121.59	

4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TABLEROS OSB

4.3.1 HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS

El cuadro 5 muestra los valores promedio del ensayo de hinchamiento del espesor a las 24 horas de los tableros elaborados con urea formaldehído y melamina formaldehído. En los tableros de 12 mm a base de urea formaldehído se obtuvo un valor promedio de 25.9 %, mientras que para los tableros de 12 mm a base de melamina formaldehído se tuvo un valor promedio de 18.6 %. Asimismo, para los tableros de 19 mm a base de urea formaldehído se tiene un valor promedio de 18.6 %, para los tableros de 19 mm a base de melamina formaldehído se tuvo un valor promedio de 17.1 % (Anexo 5).

El cuadro 6 muestra el resultado del análisis estadístico del hinchamiento en el cual se puede apreciar que hay diferencias significativas entre los espesores para los tableros de 12 mm para urea formaldehído y melamina formaldehído, así también para los tableros de 19 mm con los mismos adhesivos. Con respecto a los adhesivos se puede observar también diferencias significativas. Finalmente realizó la prueba de Tukey para comparar los valores de hinchamiento entre espesores y adhesivos, teniéndose diferencias significativas entre estos (Anexo 6).

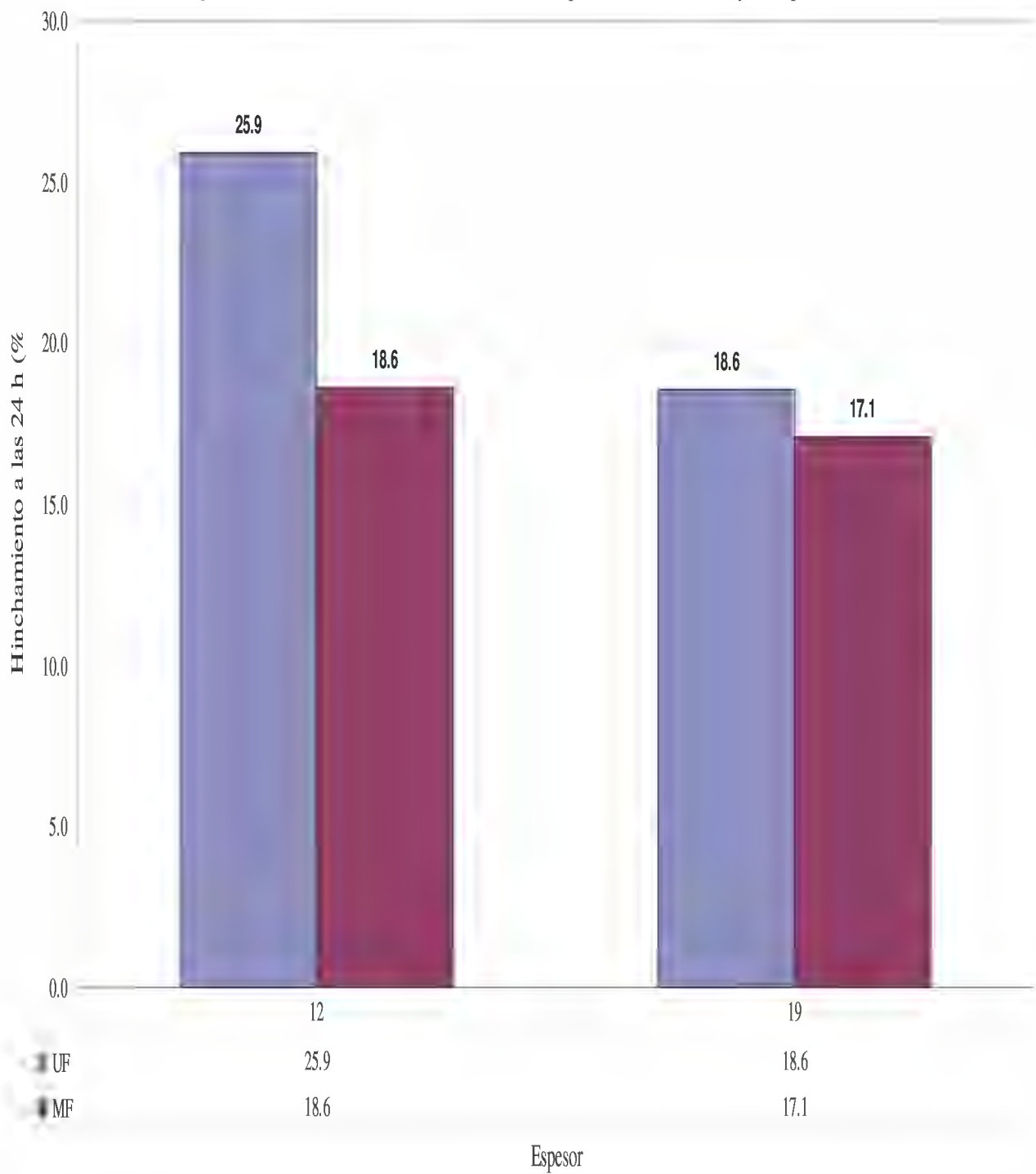
Cuadro 5 Valores promedio de hinchamiento a las 24 horas (%) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores.

Tratamiento (mm)	Bloque	Hinchamiento a las 24 horas			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	20.7	25.6	31.4	25.9
12	Melamina Formaldehído	19.4	20.0	16.4	18.6
19	Urea formaldehído	14.8	23.0	18.0	18.6
19	Melamina Formaldehído	14.9	20.0	16.4	17.1

Cuadro 6 Análisis de variancia del hinchamiento a las 24 horas (%) del los tableros OSB elaborados con dos adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre espesores	1	438.7	438.7	18.22	**
Entre adhesivos	1	431.6	431.6	17.92	**
Error	57	1372.7	24.1		
Total	59	2243.0			

Figura 3 Variación del hinchamiento a las 24 h (%) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



4.3.2 CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

Tal como se muestra en el cuadro 7 el contenido de humedad promedio para los tableros de urea Formaldehído es de 10.7 % y para el de melamina Formaldehído 13.3 %, para los tableros de 12 mm de espesor. Para el caso de los tableros de 19 mm. de espesor se tuvo un contenido de humedad de 12% para la urea formaldehído y 12.5% para melamina formaldehído. Los valores experimentales se muestran en el Anexo 7.

Los valores del cuadro 8 muestran los resultados del análisis estadístico del contenido de humedad en el cual se puede apreciar que no hay diferencias significativas entre los dos espesores para ambos adhesivos, en cuanto a los adhesivos si se tienen diferencias significativas para un nivel de significancia del 5%. Finalmente se realizó la prueba de Tukey para comparar los valores de Contenido de humedad entre espesores y adhesivos, teniéndose diferencias significativas para los espesores mas no así para los dos tipos de adhesivo (Anexo 8).

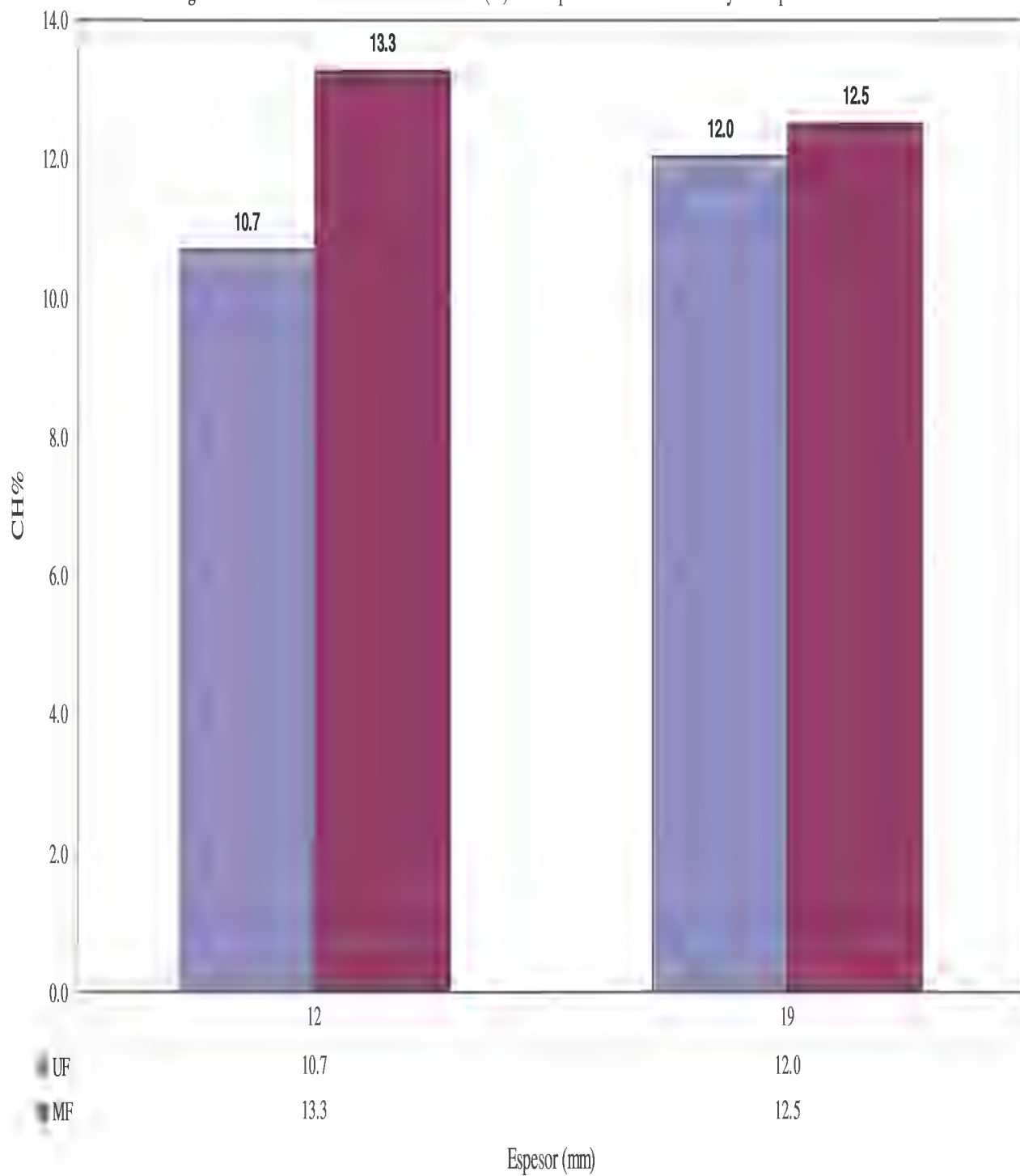
Cuadro 7 Valores promedio del contenido de humedad (%) de los tableros OSB elaborados con dos adhesivos y dos espesores

Tratamiento (mm)	Bloque	Contenido de Humedad (%)			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	10.5	10.5	11.2	10.7
12	Melamina formaldehído	18.3	10.1	11.4	13.3
19	Urea formaldehído	13.4	11.9	10.8	12.0
19	Melamina formaldehídos	13.3	12.9	11.4	12.5

Cuadro 8 Análisis de variancia del contenido de humedad (%) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre espesores	1	6.7	6.7	0.66	n.s
Entre adhesivos	1	54.5	54.5	5.38	*
Error	57	577.8	10.1		
Total	59	639.0			

Figura 4 Variación del contenido de humedad (%) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



4.3.3 DENSIDAD DEL TABLERO.

Se puede apreciar en el cuadro 9 los valores promedios de densidad de los tableros producidos a base de urea formaldehído y los de melamina formaldehído, estos valores varían desde $0,64 \text{ g/cm}^3$ hasta $0,68 \text{ g/cm}^3$ respectivamente. Así tenemos que para los tableros elaborados con urea formaldehído de 12 mm se tiene un valor de $0,68 \text{ g/cm}^3$ y para los de melamina formaldehído del mismo espesor un valor de $0,67 \text{ g/cm}^3$. Así también para los tableros de urea formaldehído de 19 mm un valor promedio de $0,64 \text{ g/cm}^3$ y $0,67 \text{ g/cm}^3$ para los de melamina formaldehído de 19 mm. Los valores experimentales se muestran en el anexo 8.

El cuadro 10 muestra los resultados de análisis de variancia del ensayo de densidad de los tableros, se puede apreciar que no hay diferencias significativas a un nivel de significancia de 5% con respecto al espesor entre ambos adhesivos. Los resultados obtenidos en la prueba de Tukey demuestran también que no hay diferencias significativas con respecto a los espesores y adhesivos (Anexo 9).

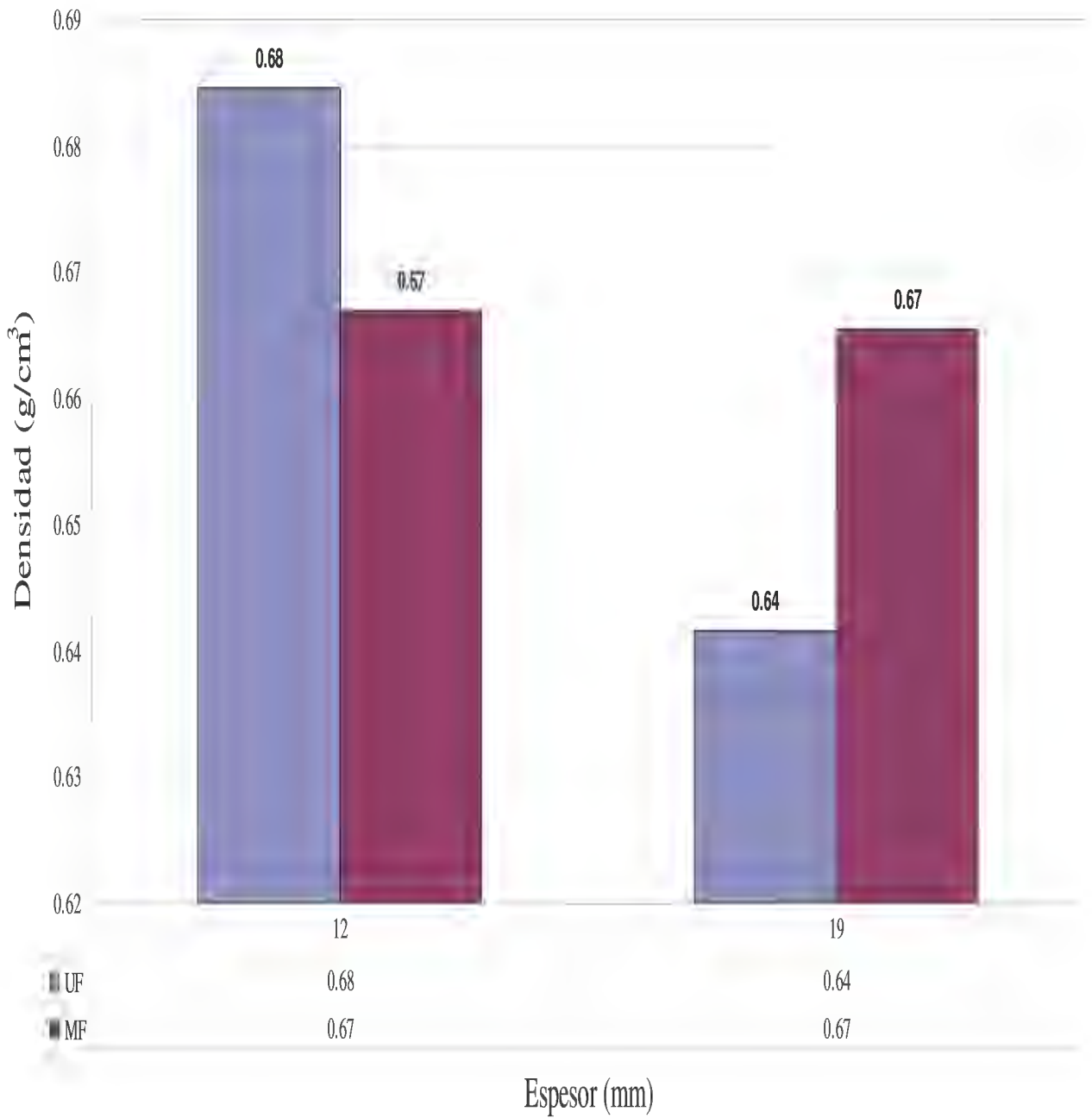
Cuadro 9 Valores promedio de la densidad de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Tratamiento (mm)	Bloque	Densidad (g/cm ³)			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	0.71	0.69	0.66	0.68
12	Melamina formaldehído	0.68	0.71	0.61	0.67
19	Urea formaldehído	0.60	0.66	0.66	0.64
19	Melamina formaldehído	0.63	0.68	0.68	0.67

Cuadro 10 Análisis de variancia de la densidad de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre espesores	1	0.00704	0.00704	1.21	n.s
Entre adhesivos	1	0.00013	0.00013	0.02	n.s
Error	57	0.33291	0.00584		
Total	59	0.34009			

Figura 5 Variación de la densidad (g/cm³) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



4.4 PROPIEDADES MECANICAS.

4.4.1 MODULO DE RUPTURA EN FLEXION ESTATICA (MOR)

El cuadro 15 muestra los valores promedios del modulo de ruptura (MOR) de los tableros elaborados con dos espesores y dos tipos de adhesivos. Así tenemos que para el caso de los tableros de urea formaldehído de 12 mm y 19 mm, se tuvo un valor de 12.5 N/mm^2 y 12.7 N/mm^2 , respectivamente. Para los tableros elaborados a base de melamina formaldehído de 12 mm y 19 mm se tienen los valores de 12.6 N/mm^2 y 14.8 N/mm^2 . Los valores experimentales se muestran en el anexo 11.

De los resultados mostrados en el cuadro 16, el análisis de variancia del MOR en flexión estática para los tableros OSB elaborados a base de melamina y urea formaldehído, no muestra diferencias significativas. Así mismo se tiene un valor promedio para los tableros de urea formaldehído de 12.6 N/mm^2 y de 13.7 N/mm^2 para los tableros de melamina formaldehído. En el caso de los promedios por espesor se tienen valores de 12.5 N/mm^2 y 13.7 N/mm^2 para los tableros de 12 mm y 19 mm respectivamente. Los resultados obtenidos en la prueba de Tukey confirman que no hay diferencias significativas con respecto a los espesores y bloques adhesivos para el ensayo de Resistencia a la flexión (Anexo 12).

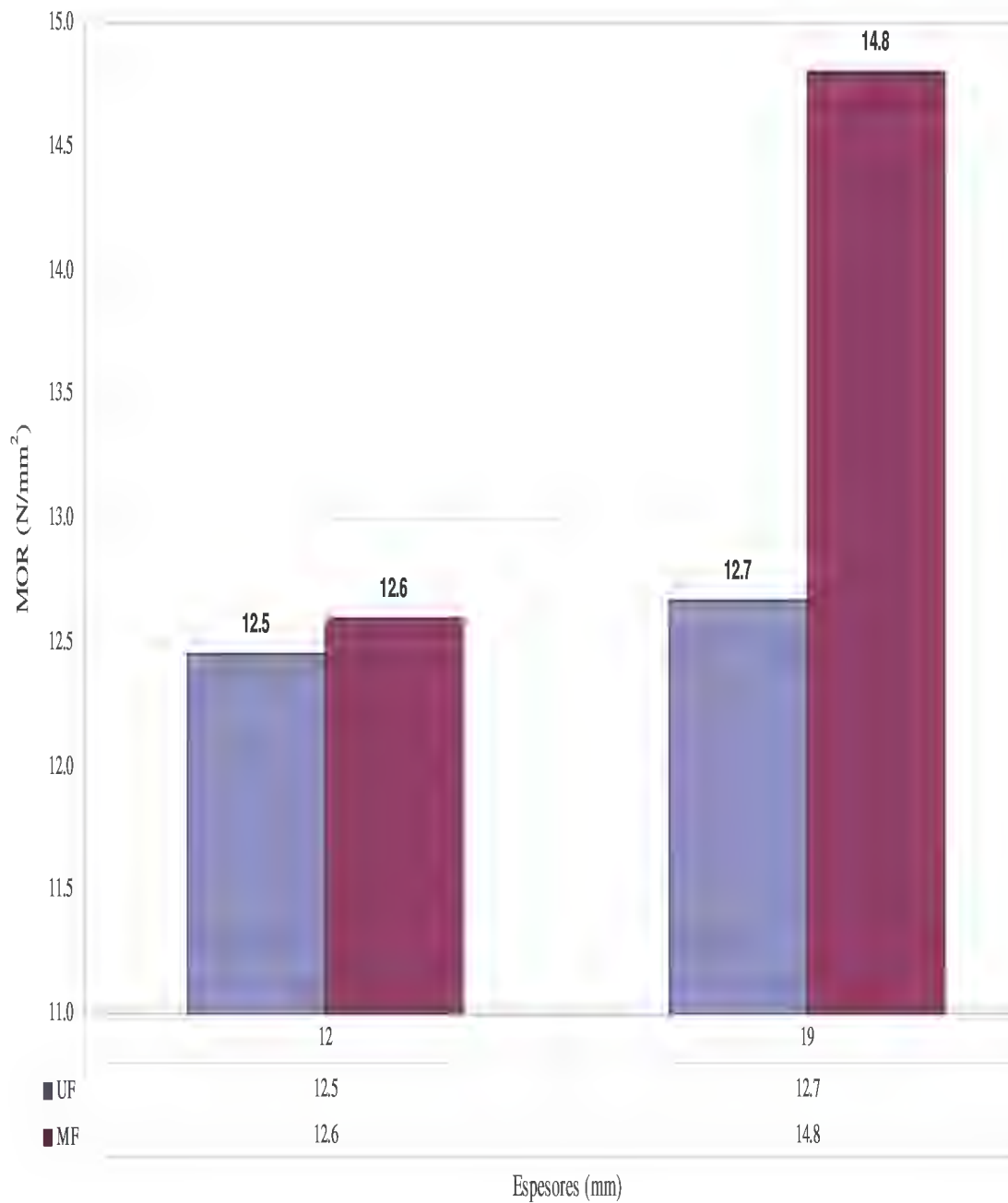
Cuadro 11 Valores promedio del modulo de ruptura en flexión estática (MOR) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Tratamiento (mm)	Bloque	Resistencia a la Flexión(N/mm ²)			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	11.1	13.1	13.2	12.5
12	Melamina formaldehído	11.5	13.0	13.3	12.6
19	Urea formaldehído	16.0	10.9	11.1	12.7
19	Melamina formaldehído	16.9	14.9	12.6	14.8

Cuadro 12 Análisis de variancia del modulo de la ruptura en flexión estática (MOR) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre adhesivos	1	11.72	11.72	2.34	n.s
Entre espesores	1	13.15	13.15	2.62	n.s
Error	33	165.56	5.02		
Total	35	190.43			

Figura 6 Variación del modulo de ruptura en flexión estática (N/mm²) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



4.4.2 MODULO DE ELASTICIDAD EN FLEXION ESTATICA (MOE)

El cuadro 17 muestra los valores promedios del modulo de elasticidad de los tableros elaborados con dos espesores y dos tipos de adhesivos se muestran en el cuadro 15. Así tenemos que para el caso de los tableros de urea formaldehído de 12 mm y 19 mm, se tuvo un valor de 6225.6 N/mm² y 5134.1 N/mm², respectivamente. Para los tableros elaborados a base de melamina formaldehído de 12 mm y 19 mm se tienen los valores de 9390.2 N/mm² y 5375.5 N/mm² respectivamente. Los valores experimentales se muestran en el anexo 13.

De los resultados de análisis de variancia del modulo de elasticidad en flexión estática para los tableros OSB mostrado en el cuadro 18, se encontraron diferencias significativas tanto para los adhesivos como para los espesores de los tableros a un nivel de significancia de 0.05. La prueba de Tukey efectuada para comparar valores del modulo de elasticidad, muestra diferencias significativas con respecto a los espesores y adhesivos (Anexo 14).

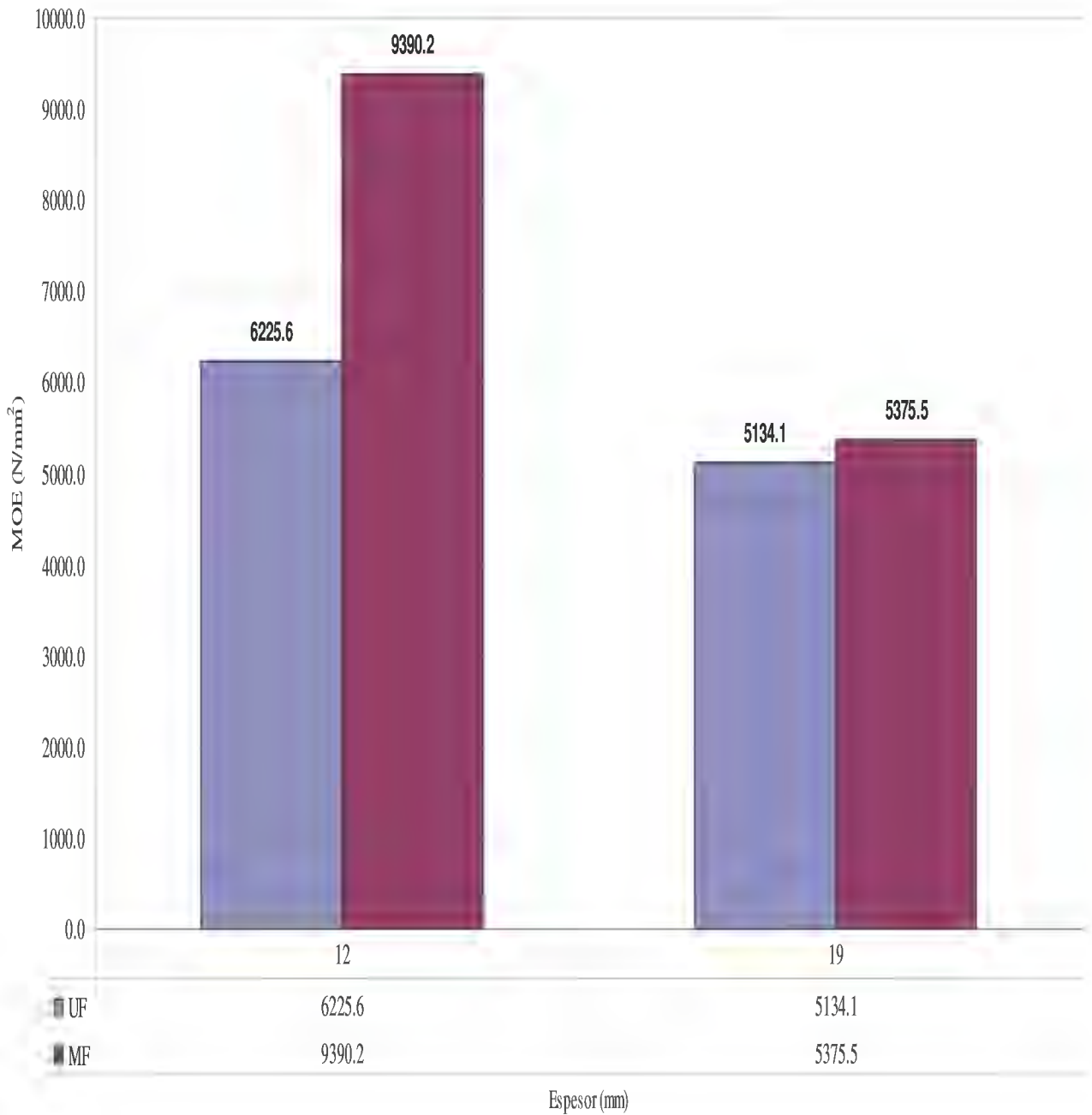
Cuadro 13 Valores promedio del modulo de elasticidad en flexión estática (MOE) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Tratamiento (mm)	Bloque	Modulo de elasticidad (N/mm ²)			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	6443.5	6236.0	5997.4	6225.6
12	Melamina formaldehído	8503.1	8731.0	10936.5	9390.2
19	Urea formaldehído	6094.3	4960.1	4347.9	5134.1
19	Melamina formaldehído	6331.5	5447.1	4347.9	5375.5

Cuadro 14 Análisis de variancia del modulo de la elasticidad en flexión estática (MOE) de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre espesores	1	45530083	45530083	27.91	**
Entre adhesivos	1	17190629	17190629	10.54	**
Error	33	53832895	1631300		
Total	35	116553607			

Figura 7 Variación del modulo de elasticidad en flexión estática (N/mm²) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



4.4.3 TRACCION PERPENDICULAR.

Los valores promedios de resistencia a la tracción perpendicular de los tableros OSB, se muestran en el cuadro 15. Para los tableros elaborados a base de urea formaldehído de 12 mm y 19 mm, se tienen los valores de 0.10 N/mm^2 y 0.09 N/mm^2 . En cuanto a los valores promedio de los tableros a base de melamina formaldehído de 12 mm y 19 mm, se tiene 0.13 N/mm^2 y 0.10 N/mm^2 respectivamente. Los valores experimentales se muestran en el anexo 15.

El cuadro 16 muestra los resultados de análisis de variancia del ensayo de tracción para los tableros OSB, no se encontraron diferencias significativas tanto para los adhesivos como para los tableros a un nivel de significancia de 5 %. Así mismo se tiene un valor promedio para los tableros de urea formaldehído de 0.09 N/mm^2 y de 0.11 N/mm^2 para los tableros de melamina formaldehído. En el caso de los promedios por espesor se tienen valores de 0.11 N/mm^2 y 0.09 N/mm^2 para los tableros de 12 mm y 19 mm respectivamente. Se realizó la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%, también se observó que no hay diferencias significativas con respecto a los espesores y adhesivos para la tracción (Anexo 16).

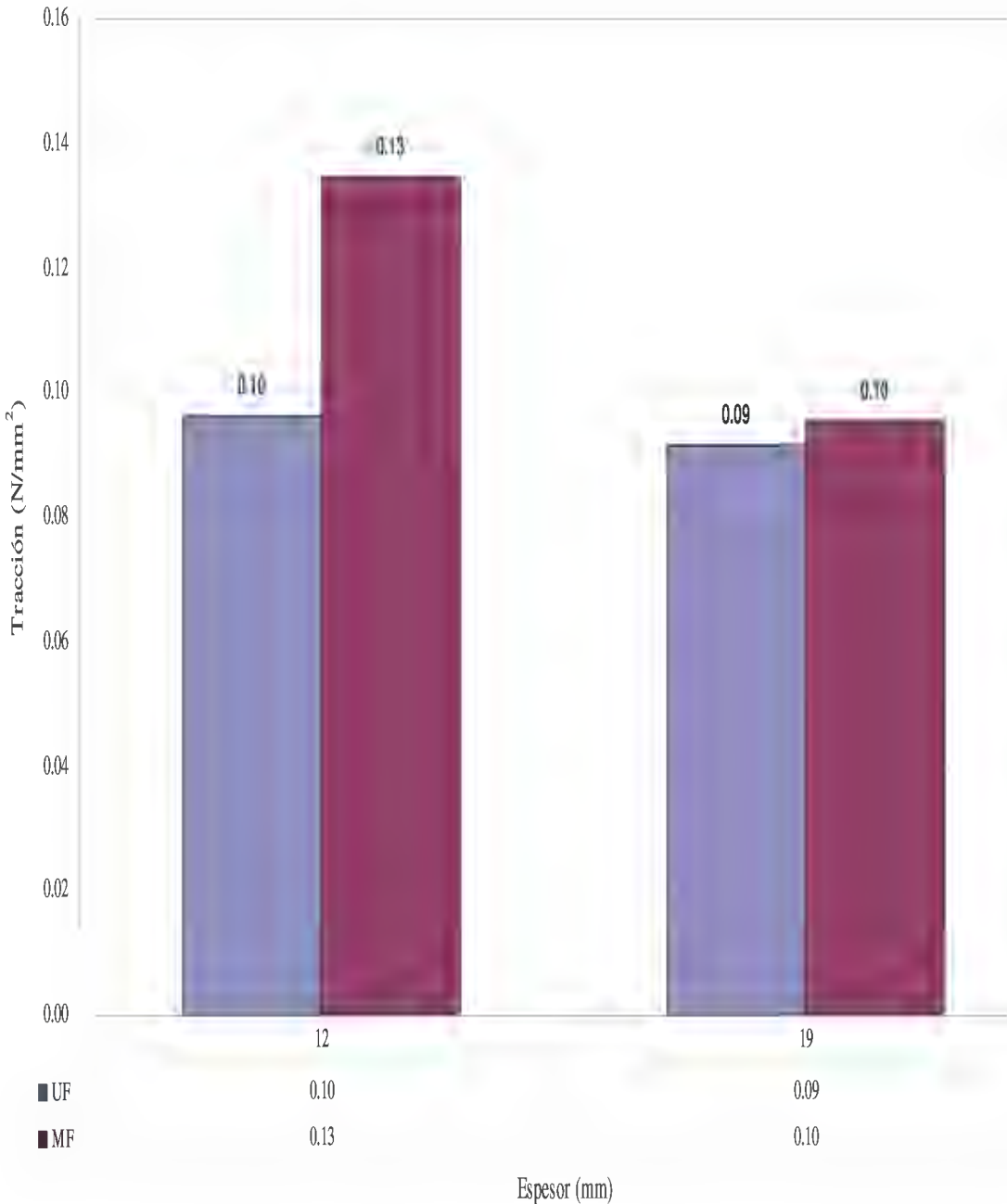
Cuadro 15 Valores promedio de Tracción perpendicular de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Tratamiento (mm)	Bloque	Tracción (N/mm ²)			Promedio
		tablero 1	tablero 2	tablero 3	
12	Urea formaldehído	0.07	0.11	0.10	0.10
12	Melamina formaldehído	0.14	0.13	0.14	0.13
19	Urea formaldehído	0.11	0.07	0.10	0.09
19	Melamina formaldehído	0.06	0.14	0.08	0.10

Cuadro 16 Análisis de variancia de tracción perpendicular de los tableros OSB elaborados con dos tipos de adhesivos y dos espesores

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	Significancia
Entre espesores	1	0.00704	0.00704	5.04	*
Entre adhesivos	1	0.00704	0.00704	5.04	*
Error	57	0.07960	0.00140		
Total	59	0.09369			

Figura 8 Variación de la tracción perpendicular (N/mm²) con respecto a los dos adhesivos y dos espesores



5. *DISCUSIÓN*

El cedro mostró un pH de 5.63, este valor es relativamente ácido. Poblete (1978), señala que maderas con poca acidez retardan el proceso de fraguado. Es por esto que se requirió la adición de un catalizador, en este caso se agregó cloruro de amonio, para facilitar el fraguado de los adhesivos (urea formaldehído y melamina formaldehído) ya que reaccionan en medio ácido.

El coeficiente de esbeltez promedio de las virutas empleadas para la elaboración de tableros OSB fue mas bajo que los obtenidos por Geimer y Price citados por CORFO-INFOR (1987), quienes encontraron valores de coeficiente de esbeltez hasta de 300 los cuales afectan favorablemente la flexión; así mismo Arola, McNatt, Rauma-Repola, Vadja, citados también por CORFO-INFOR (1987) y Moeltner (1981) en cuanto a las virutas, proponen largos entre 30 a 150 mm y espesores entre los valores de 0.26 a 0.7 mm, dimensiones similares a las virutas empleadas para este estudio, las cuales cuentan con un espesor promedio casi constante de 0.7 (largo máximo para la elaboración de tableros OSB) , esto produce valores bajos del coeficiente de esbeltez, se podría inferir que estas dimensiones también influyen en las propiedades mecánicas de los tableros.

Los tableros OSB elaborados con chapas de cedro presentan valores de hinchamiento más bajos que los permitidos por la Norma UNE – EN 300: 1997 excepto los tableros de urea formaldehído de 12 mm, en consecuencia los tableros de melamina de ambos espesores podrían ser usados en ambientes húmedos, mas no así los de urea formaldehído de 19 mm, los resultados obtenidos coinciden con estudios realizados por Pizzi citado por Poblete (2001) que señala que la melamina formaldehído produce uniones de mayor resistencia a la humedad que las de urea formaldehído.

La densidad que los tableros OSB presentan es ligeramente mayor que la densidad teórica planteada, esto se debe probablemente a las limitaciones en cuanto a los equipos para la elaboración de estos (orientación y distribución de las virutas), así mismo, las Normas UNE - EN 300: 1997 no establecen valores máximos para la densidad, sin embargo, comercialmente se encuentran tableros OSB entre los rangos de 0.58 a 0.63 g/cm³, estos son determinados por el fabricante. Así mismo, puede inferir que la densidad esta influenciada por la distribución y orientación muy variable de las virutas, ya que esta operación se realizó manualmente.

Para el ensayo de modulo de ruptura se obtuvieron valores por debajo de la exigencia mínima de la Norma UNE – EN 300:1997, así mismo, estudios realizados por Heebink y Hann citados por Poblete (2001) señalan que para el modulo de ruptura, un aumento del largo en la viruta, con lleva a un aumento de los valores de estas propiedades hasta cierto límite. Se puede inferir que existe un largo o un espesor máximo en el no se logran mayores valores para esta propiedad. En el mercado esta no es una propiedad determinante para el uso de estos tableros.

Los valores del modulo de elasticidad de los tableros OSB elaborados estan por encima de la Norma UNE – EN 300:1997. Estudios realizados por Natus y Schöler citados por Poblete (2001), mencionan valores para esta propiedad en un rango de 5600 N/mm² a 7500 N/mm² para los tableros fabricados en Europa, esto coincide con los valores de los tableros producidos en este estudio para los cuales se emplearon virutas con largos similares, por otro lado los datos obtenidos por Guillwald citado por FONDEP (1991), coinciden en que los tableros producidos con residuos de la industria del laminado tienen mejor comportamiento de resistencia a la flexión. Tenemos también que los tableros de melamina formaldehído muestran valores mayores que los elaborados a base de urea formaldehído, así como también los valores de los tableros de 12 mm son mayores que los de 19 mm para ambos tableros con ambos adhesivos.

En el ensayo de tracción podemos ver que los valores obtenidos están por debajo de los valores mínimos exigidos por la Norma UNE - EN 300: 1997, este resultado coincide en relación a estudios hechos por CORFO-INFOR (1987), que señalan que la adhesión interna entre las virutas decrece cuando aumenta el largo de las virutas. Otros estudios realizados por Poblete (2001) muestran que el tamaño de la gota de adhesivo influye inversamente en las propiedades de tracción, comparándolo con el proceso de pulverizado del adhesivo empleado, este fue irregular; por consiguiente, se puede deducir que con un largo mínimo apropiado y mejorando la calidad del encolado se tendrá una mejor tracción.

6. CONCLUSIONES

Los tableros OSB a base de melamina formaldehído presentan mayor resistencia al hinchamiento que la urea formaldehído.

El modulo de elasticidad en flexión estática y tracción de los tableros OSB elaborados a base de Melamina formaldehído tienen valores mayores a los tableros a base de Urea formaldehído.

El modulo de elasticidad en flexión estática y tracción de los tableros OSB de 12 mm tienen valores mayores a los tableros OSB de 19 mm.

Existen otros factores ajenos a los adhesivos empleados que afectan considerablemente las propiedades mecánicas de los tableros OSB, estos podrían ser largo de las virutas, orientación de las capas y el pulverizado del adhesivo.

7. RECOMENDACIONES

Seguir con investigaciones similares utilizando otros adhesivos y mezclas, con la finalidad de obtener un producto con mejores características.

Investigar sobre tableros OSB elaborados con otras especies de diferentes densidades y mezcla de estas.

Estudiar la influencia del largo y orientación de las virutas en la elaboración de tableros OSB.

Los tableros OSB elaborados a base de chapas decorativas con Urea formaldehído pueden emplearse en muebles de interiores de todo tipo, cajas acústicas, paneles de división, etc.

Los tableros OSB elaborados a base de melamina formaldehído pueden emplearse en cubiertas de techos, revestimiento de tabiques, pisos falsos y vigas.

BIBLIOGRAFÍA

AITIM. 1998. Productos: tableros de viruta OSB. AITIM N° 194:82.

AITIM. 1996. Nuevas tendencias en las adhesivos empleados en tableros. AITIM N° 179:82.

ASTM (American Society for Testing and Materials). 1978. Standard definitions of terms relating to wood base fiber and particle panel materials. ASTM - ASMI/ASTM D 1554-78. USA. p.130

Averrel, P. R. 1963. Analytical chemistry of polymers. New York, USA. Intescience Publish Inc. 666 p.

Coons, K. W. 1951. Agentes tensoactivos: Aspectos teóricos y aplicaciones industriales. Madrid, ES. Aguilar S.A. 298 p.

CORFO-INFODEMA (Corporación de Fomento de la Producción – Industria Foliadora de Madera S.A.). 1990. Segundo Informe de Avance. Características Básicas. Poblete H.; Peredo, M. Informe de Convenio N° 173. Valdivia, CL, Universidad Austral de Chile. 11 p.

CORFO-INFOR (Corporación de Fomento de la Producción – Instituto Forestal). 1987. Tecnologías y perspectivas de tableros de partículas tipo Waferboards, Flakeboards y OSB. Informe Técnico N° 109. Santiago, CL, Universidad de Chile. 74 p.

- Dekker, M. D. 1983. Wood adhesives: chemistry and technology. New York, USA, A. Pizzi. 364 p.
- FONDEP (Fondo de Desarrollo Productivo). 1991. Tableros a base de desechos de contrachapados. Valdivia, CL, Universidad Austral de Chile. 81 p.
- Freese, F. B. 1978. Métodos estadísticos elemental para la técnicos forestales. Washintong, USA, Servicio Forestal – Departamento de Agricultura de los EE.UU.. 102 p.
- García, L.; Guindeo, A.; Peraza, C.; Palacios, P. 2002. La madera y su tecnología. Madrid, ES, Ed. Mundi-Prensa. 322 p.
- Geimer, R. E. 1996. Critical variables in the rapid cure and bonding of phenolic resins. Forest Products Journal. Vol. 46 (11/12):67 – 72.
- Ginzler, P. J. 1966. Tecnología de tableros de partículas. Madrid, ES. Ed. Fonseca. 187 p.
- Houwink, R. F. 1978. Adherencia y adhesivos. Barcelona, ES, Bilbao S.A. 638 p.
- Johnson, E. H. 1956. Wood particle board handbook. North Carolina, USA, The Industrial Experimental Program of the School of Engineering. 303 p.
- Kirk, P.; Othmer, D. 1961. Enciclopedia de tecnología química. Tomo I. Mexico, MX, UTEHA. 985 p.

- Kirk, P.; Othmer, D. 1961. Enciclopedia de tecnología química. Tomo XIII. Mexico, MX, UTEHA. 961 p.
- LARCO, I. 2000. Estudio dendrológico, anatómico y físico-mecánico de “cedro virgen (*Cedrela montana*) de la provincia de Satipo. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 80 p.
- Malones T. M. 1992. OSB/ waferboards :tableros de virutas. Asociación de Investigación Técnica de la Madera y el Corcho N° 161: 46.
- Maloney, T. 1977. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. New York, USA, Miller Freeman Publications. 672 p.
- Moeltner, H. G. 1981. An integrated plywood/ waferboard plant utilizing poplar as raw material. Vancouver, CA, Canada Corp., 144p.
- Moslemi A., 1974. Particleboard. Vol. I: materials. Boston, USA, Southern Illinois University Press. 245 p.
- Mullins, J. 1981. Canadian woods: Their properties and uses. Ottawa, CA, Canada Corp. 389 p.
- Norma ITINTEC (Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas) Método de la determinación de la densidad. N° 251.01. Lima, PE. 5 p.
- Nutsch, W. 2000. Tecnología de la madera y el mueble. Barcelona, ES. Reverte S.A. 509p.

- Pallmann, Z. 1994. La utilización de segundo uso. una tecnología desarrollada para el reciclaje. ES. Asociación de Investigación Técnica de la Madera y el Corcho N° 170:71 -73.
- Peredo, M.; Wolff, J.1987. Utilización de pino oregón en la fabricación de tableros de partículas resistente a la intemperie. Bosque 14 (1): 13- 22. CL.
- Poblete, H. 1978. Uniones de madera con adhesivos. Valdivia, CL., Universidad Austral de Chile. 43 p. (Publicación técnica N° 1)
- Poblete, H. 2001.Tablero de partículas.Valdivia, CL, El Kultrún.177 p.
- Torres, E.1989. Utilización de desechos industriales de aserrio, chapas y contrachapados. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, CL., UACH. 86 p.
- UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros de virutas orientadas (OSB). Definiciones, clasificación y especificaciones. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 300:1997. 5 p.
- UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros derivados de la madera. Determinación del modulo de elasticidad en flexión y de la resistencia a la flexión. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 310:1994 8p.
- UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la hinchazón en espesor después de la inmersión en agua. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 317:1994 6p.

UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras el tablero. Norma Técnica Europea. UNE-EN , 319:1994 5p.

UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros derivados de la madera. Determinación del contenido de humedad. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 322:1992 7p.

UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 323:1993 5p.

UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros derivados de la madera. Determinación de las dimensiones de las probetas. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 325:1993 9p.

UNE-EN (Una Norma Española - Norma. Europea). Tableros derivados de la madera. Muestreo, despiece e inspección. Parte 1: muestreo y despiece de probetas y expresión de resultados de ensayo. Norma Técnica Europea. UNE-EN, 326:1994 8p.

ANEXO 1

DATOS TÉCNICOS PROPORCIONADOS POR CLARIANT DE LA MELAMINA FORMALDEHÍDO

Aseguramiento de Calidad

División TLP
Dirección Carretera Central Km. 3.7 - Lima 3
Teléfono (511) 3171500
Fax (511) 4379800

Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Código: 162105
Fecha 07.07.2004
Página 1/1

Certificado de Análisis

Orden de Compra

Fecha -----
Número -----
Nombre de material -----
Código de Material -----

Pedido de venta

Número de Remito -----
Fecha -----
Número -----
Nombre del Material Arkofix NMPE liq
Código de material -----

Material/Lote

Número de Lote PEAA008646
Fecha de Fabricación 01.07.2004
Fecha de Vencimiento 26.06.2005-01-17

Parámetro	Resultado
Aspecto	Translucido
Color	Incoloro
Solubilidad	Aceptado
% Formol Libre	1,92
pH 10%	6,8
Sólidos	96,3
Densidad	0,36

Observaciones Importantes

1. Los datos facilitados solamente reflejan los resultados de los controles realizados sobre una muestra representativa y no eximen al cliente de realizar su control de recepción.
2. La empresa no se responsabiliza por el uso inadecuado que se haga del producto y/o de la información suministrada.
3. Este certificado es emitido electrónicamente por el laboratorio de control de calidad por lo que no requiere firma.

ANEXO 2

VALORES EXPERIMENTALES DE LAS DIMENSIONES DE 400 MUESTRAS DE CADA UNO DE LOS 4 SACOS DE LAS VIRUTAS EMPLEADOS

	Saco 1				Saco 2				Saco 3				Saco 4			
	largo	ancho	espesor	CE	largo	ancho	espesor	CE	largo	ancho	espesor	CE	largo	ancho	espesor	CE
1	114.94	19.74	0.77	149.27	89.62	52.70	0.73	122.77	44.83	23.54	0.65	68.97	137.73	31.09	0.65	211.89
2	79.36	21.23	0.68	116.71	106.97	23.03	0.65	164.57	56.60	10.17	0.61	92.79	138.48	22.22	0.66	209.82
3	77.58	15.66	0.68	114.09	80.86	32.46	0.71	113.89	53.29	19.13	0.63	84.59	135.90	31.14	0.66	205.91
4	57.56	23.49	0.75	76.75	88.02	19.79	0.68	129.44	55.21	15.10	0.60	92.02	107.30	11.19	0.66	162.58
5	68.23	30.38	0.65	104.97	82.60	18.82	0.74	111.62	60.08	16.70	0.70	85.83	117.87	27.52	0.72	163.71
6	77.77	32.50	0.65	119.65	104.40	26.09	0.65	160.62	74.33	15.75	0.69	107.72	124.09	18.89	0.73	169.99
7	73.35	28.29	0.77	95.26	85.56	26.11	0.69	124.00	46.65	13.33	0.69	67.61	118.89	27.18	0.70	169.84
8	78.01	34.64	0.76	102.64	82.77	23.01	0.75	110.36	41.33	20.76	0.68	60.78	112.35	20.46	0.66	170.23
9	112.08	16.70	0.63	177.90	124.72	16.22	0.66	188.97	28.68	8.24	0.67	42.81	141.48	16.17	0.66	214.36
10	74.53	39.54	0.96	77.64	50.55	36.57	0.64	78.98	57.09	21.10	0.74	77.15	123.50	20.92	0.65	190.00
11	69.17	20.06	0.62	111.56	81.23	30.25	0.68	119.46	60.55	10.98	0.74	81.82	68.55	19.77	0.69	99.35
12	71.77	38.30	0.66	108.74	107.42	22.33	0.63	170.51	53.89	8.56	0.70	76.99	121.71	22.54	0.74	164.47
13	79.69	33.74	0.68	117.19	125.61	32.25	0.68	184.72	55.94	21.98	0.68	82.26	139.95	26.19	0.64	218.67
14	78.48	35.64	0.69	113.74	46.75	19.47	0.67	69.78	41.64	16.85	0.64	65.06	81.74	29.13	0.66	123.85
15	68.87	35.75	0.67	102.79	88.40	31.68	0.71	124.51	73.56	18.06	0.60	122.60	110.54	19.50	0.68	162.56
16	114.18	24.86	0.60	190.30	61.71	23.95	0.64	96.42	41.80	22.29	0.63	66.35	131.55	30.20	0.73	180.21
17	132.27	40.86	0.68	194.51	47.18	17.20	0.70	67.40	39.23	22.85	0.65	60.35	110.63	21.89	0.65	170.20
18	79.19	24.75	0.63	125.70	88.16	29.41	0.99	89.05	37.81	20.64	0.66	57.29	127.05	29.23	0.72	176.46
19	73.94	30.06	0.79	93.59	79.15	20.90	0.75	105.53	37.18	11.70	0.64	58.09	39.97	19.30	0.64	62.45
20	78.87	32.73	0.68	115.99	105.73	24.35	0.67	157.81	62.72	17.38	0.67	93.61	61.04	33.78	0.67	91.10
21	69.89	24.19	0.67	104.31	58.65	30.98	0.67	87.54	80.96	26.35	0.70	115.66	79.14	28.05	0.65	121.75

22	79.58	25.16	0.80	99.48	126.59	24.17	0.65	194.75	65.94	20.08	0.67	98.42	35.83	18.33	0.69	51.93
23	74.23	22.38	0.65	114.20	59.37	17.35	0.69	86.04	64.84	18.30	0.63	102.92	133.75	19.68	0.65	205.77
24	71.91	18.84	0.68	105.75	52.06	20.56	0.64	81.34	56.15	15.95	0.66	85.08	132.56	7.00	0.66	200.85
25	78.26	27.92	0.67	116.81	54.19	19.84	0.59	91.85	26.98	12.45	0.66	40.88	147.75	16.32	0.68	217.28
26	78.89	21.71	0.68	116.01	105.91	25.37	0.66	160.47	54.36	27.76	0.68	79.94	104.21	22.93	0.70	148.87
27	64.35	28.33	0.66	97.50	84.35	31.08	0.66	127.80	37.44	11.76	0.61	61.38	133.14	27.91	0.65	204.83
28	80.37	19.17	0.79	101.73	54.97	18.03	0.67	82.04	59.43	16.51	0.59	100.73	176.47	26.41	0.67	263.39
29	59.06	26.90	0.60	98.43	123.86	35.04	0.70	176.94	21.84	9.45	0.67	32.60	111.07	19.33	0.64	173.55
30	59.46	31.56	0.63	94.38	87.30	18.84	0.65	134.31	64.40	27.06	0.70	92.00	126.46	20.58	0.71	178.11
31	91.20	10.77	0.70	130.29	82.93	36.41	0.69	120.19	91.16	12.40	0.65	140.25	140.21	29.41	0.68	206.19
32	46.96	34.65	0.65	72.25	129.23	23.90	0.54	239.31	67.23	19.30	0.72	93.38	37.46	20.11	0.65	57.63
33	79.26	31.32	0.68	116.56	82.37	22.62	0.69	119.38	25.19	19.14	0.69	36.51	121.54	24.36	0.66	184.15
34	113.49	15.30	0.76	149.33	81.71	25.27	0.58	140.88	39.03	11.64	0.65	60.05	120.15	29.25	0.66	182.05
35	78.07	40.01	0.66	118.29	87.98	30.28	0.56	157.11	37.03	10.56	0.65	56.97	122.64	22.28	0.70	175.20
36	79.64	30.92	0.64	124.44	20.66	19.74	0.66	31.30	47.12	35.55	0.69	68.29	121.58	25.12	0.82	148.27
37	77.15	26.24	0.65	118.69	91.58	48.77	0.71	128.99	34.12	15.09	0.66	51.70	122.93	31.33	0.69	178.16
38	66.82	28.94	0.65	102.80	109.62	12.93	0.67	163.61	64.74	24.44	0.74	87.49	116.88	33.27	0.66	177.09
39	70.36	20.25	0.65	108.25	84.75	25.25	0.65	130.38	63.72	22.30	0.55	115.85	126.92	38.28	0.68	186.65
40	84.39	25.43	0.69	122.30	110.08	29.12	0.69	159.54	91.94	32.91	0.63	145.94	123.93	34.13	0.67	184.97
41	53.45	23.59	0.66	80.98	79.07	34.71	0.66	119.80	50.13	23.13	0.62	80.85	124.13	38.61	0.67	185.27
42	74.71	48.56	0.65	114.94	110.40	21.73	0.69	160.00	61.46	23.44	0.65	94.55	122.29	43.99	0.67	182.52
43	84.61	23.81	0.68	124.43	85.55	18.35	0.66	129.62	55.62	22.27	0.64	86.91	125.97	19.58	0.68	185.25
44	80.71	32.54	0.64	126.11	87.31	35.51	0.68	128.40	62.61	24.43	0.70	89.44	122.40	27.23	0.68	180.00
45	91.89	6.15	0.63	145.86	68.09	31.44	0.66	103.17	57.87	19.95	0.64	90.42	123.32	31.87	0.69	178.72
46	78.89	22.65	0.78	101.14	83.26	29.09	0.56	148.68	65.17	17.48	0.69	94.45	125.36	35.03	0.74	169.41
47	73.01	21.24	0.64	114.08	83.45	23.43	0.66	126.44	71.07	26.46	0.68	104.51	125.39	36.48	0.67	187.15
48	80.40	18.67	0.65	123.69	83.71	43.46	0.69	121.32	40.52	17.01	0.65	62.34	124.08	29.84	0.67	185.19
49	85.42	23.94	0.68	125.62	109.87	25.88	0.70	156.96	64.31	11.43	0.70	91.87	126.63	20.62	0.69	183.52
50	77.05	27.58	0.68	113.31	53.26	22.38	0.65	81.94	57.19	14.38	0.66	86.65	127.00	23.80	0.70	181.43
51	42.78	23.27	0.67	63.85	52.70	27.04	0.65	81.08	60.79	11.12	0.63	96.49	125.26	37.11	0.67	186.96

52	77.61	37.26	0.69	112.48	57.42	37.10	0.68	84.44	39.68	21.95	0.65	61.05	65.93	30.44	0.63	104.65
53	77.56	27.47	0.68	114.06	55.08	28.27	0.69	79.83	43.93	16.81	0.69	63.67	45.53	21.03	0.65	70.05
54	68.12	10.24	0.67	101.67	76.09	37.06	0.64	118.89	38.50	19.41	0.67	57.46	76.32	19.77	0.63	121.14
55	79.37	28.81	0.79	100.47	81.10	23.45	0.63	128.73	61.56	27.86	0.72	85.50	123.94	35.17	0.65	190.68
56	67.97	17.80	0.61	111.43	71.49	17.02	0.66	108.32	65.13	28.13	0.60	108.55	147.11	17.44	0.64	229.86
57	76.90	19.43	0.65	118.31	82.21	39.23	0.63	130.49	58.24	21.29	0.67	86.93	122.30	33.89	0.65	188.15
58	78.56	15.21	0.60	130.93	107.88	26.31	0.64	168.56	59.37	23.90	0.57	104.16	122.88	39.11	0.65	189.05
59	65.38	30.91	0.68	96.15	72.07	30.59	0.66	109.20	62.56	9.10	0.66	94.79	125.39	23.45	0.65	192.91
60	79.99	37.68	0.68	117.63	122.96	21.29	0.65	189.17	58.86	23.68	0.65	90.55	132.85	13.49	0.66	201.29
61	75.20	23.99	0.67	112.24	108.97	49.07	0.61	178.64	26.33	14.00	0.65	40.51	125.40	21.74	0.68	184.41
62	78.49	36.72	0.63	124.59	128.93	19.38	0.60	214.88	62.10	27.61	0.58	107.07	147.07	26.09	0.65	226.26
63	94.80	32.61	0.63	150.48	60.99	23.07	0.66	92.41	91.38	21.05	0.70	130.54	151.15	17.41	0.72	209.93
64	67.98	30.81	0.70	97.11	114.13	28.65	0.71	160.75	53.19	20.76	0.67	79.39	155.73	24.83	0.59	263.95
65	65.49	26.45	0.64	102.33	71.52	18.89	0.67	106.75	40.59	15.71	0.68	59.69	150.42	17.41	0.66	227.91
66	59.06	15.46	0.68	86.85	110.96	28.97	0.71	156.28	57.65	9.68	0.63	91.51	120.75	26.77	0.70	172.50
67	69.48	27.64	0.67	103.70	78.90	34.19	0.61	129.34	27.74	11.80	0.64	43.34	126.28	20.41	0.69	183.01
68	113.96	14.08	0.53	215.02	84.75	35.00	0.60	141.25	67.70	17.33	0.68	99.56	134.84	18.90	0.65	207.45
69	78.11	31.64	0.65	120.17	59.76	10.81	0.63	94.86	45.39	12.23	0.64	70.92	121.17	41.46	0.62	195.44
70	76.02	23.42	0.65	116.95	61.58	18.56	0.64	96.22	69.46	19.02	0.69	100.67	122.39	34.17	0.65	188.29
71	75.23	29.60	0.69	109.03	57.15	33.85	0.66	86.59	55.79	15.76	0.71	78.58	120.54	30.59	0.67	179.91
72	71.41	17.67	0.59	121.03	124.37	22.51	0.67	185.63	42.78	13.31	0.64	66.84	90.76	25.05	0.69	131.54
73	37.35	18.44	0.72	51.88	111.80	30.57	0.72	155.28	61.23	25.84	0.68	90.04	122.29	23.10	0.66	185.29
74	96.82	28.80	0.64	151.28	54.81	32.43	0.68	80.60	27.92	17.99	0.69	40.46	92.71	23.50	0.68	136.34
75	71.83	21.91	0.64	112.23	62.05	24.14	0.68	91.25	37.94	19.07	0.67	56.63	155.50	29.06	0.65	239.23
76	77.46	33.90	0.69	112.26	24.48	13.50	0.63	38.86	36.63	9.90	0.73	50.18	118.11	24.51	0.64	184.55
77	95.56	34.53	0.53	180.30	73.77	32.94	0.67	110.10	63.93	15.00	0.65	98.35	123.17	24.75	0.66	186.62
78	69.53	29.30	0.65	106.97	32.64	26.28	0.70	46.63	33.45	13.60	0.68	49.19	124.87	30.52	0.67	186.37
79	112.87	14.15	0.59	191.31	49.15	15.41	0.67	73.36	60.40	14.28	0.70	86.29	134.62	22.27	0.65	207.11
80	96.55	36.18	0.48	201.15	105.54	13.66	0.64	164.91	44.45	11.15	0.69	64.42	142.39	24.63	0.65	219.06
81	61.36	22.93	0.68	90.24	28.38	19.28	0.68	41.74	61.81	18.29	0.63	98.11	142.09	27.04	0.63	225.54

82	114.27	26.07	0.67	170.55	74.88	21.76	0.59	126.92	42.83	18.93	0.65	65.89	124.35	26.58	0.68	182.87
83	78.42	22.16	0.65	120.65	34.47	16.67	0.69	49.96	60.97	19.38	0.67	91.00	90.76	25.02	0.69	131.54
84	69.32	19.16	0.64	108.31	29.75	14.67	0.67	44.40	33.86	16.30	0.67	50.54	126.77	32.16	0.69	183.72
85	80.55	27.12	0.69	116.74	35.92	21.27	0.70	51.31	63.48	12.81	0.70	90.69	123.48	25.65	0.67	184.30
86	96.54	14.12	0.67	144.09	34.49	23.47	0.67	51.48	27.08	16.15	0.64	42.31	122.97	28.66	0.67	183.54
87	71.88	19.18	0.62	115.94	31.17	10.40	6.30	4.95	78.82	20.59	0.69	114.23	67.17	17.76	0.64	104.95
88	77.94	31.25	0.65	119.91	24.47	13.66	0.66	37.08	48.51	15.46	0.73	66.45	127.76	24.99	0.65	196.55
89	77.70	36.81	0.63	123.33	31.53	13.33	0.62	50.85	43.03	22.10	0.64	67.23	63.24	32.25	0.64	98.81
90	77.00	25.36	0.67	114.93	34.90	15.44	0.72	48.47	71.51	27.77	0.68	105.16	148.75	13.30	0.63	236.11
91	73.09	24.86	0.87	84.01	36.93	12.30	0.67	55.12	68.94	17.87	0.70	98.49	134.63	12.15	0.62	217.15
92	74.20	30.23	0.75	98.93	29.25	13.42	0.69	42.39	62.24	18.65	0.60	103.73	80.79	12.06	0.60	134.65
93	80.26	31.25	0.68	118.03	21.35	7.43	0.63	33.89	57.98	16.56	0.70	82.83	111.17	17.18	0.62	179.31
94	76.66	34.31	0.67	114.42	21.00	7.34	0.65	32.31	111.86	22.02	0.73	153.23	111.38	20.77	0.64	174.03
95	83.50	29.93	0.60	139.17	31.80	4.78	0.63	50.48	25.35	20.69	0.65	39.00	64.05	29.28	0.65	98.54
96	62.16	19.85	0.65	95.63	35.94	12.29	0.65	55.29	65.60	28.77	0.63	104.13	124.96	23.88	0.64	195.25
97	82.79	16.35	0.84	98.56	32.31	9.92	0.68	47.51	39.31	13.78	0.67	58.67	146.87	23.13	0.66	222.53
98	77.75	43.46	0.65	119.62	17.55	12.18	0.66	26.59	120.54	15.45	0.75	160.72	155.00	15.30	0.60	258.33
99	75.95	24.16	0.70	108.50	21.84	12.67	0.68	32.12	65.65	14.08	0.70	93.79	125.93	27.20	0.64	196.77
100	104.46	21.14	0.69	151.39	30.61	6.48	0.61	50.18	83.47	29.29	0.70	119.24	70.60	28.48	0.63	112.06

PROMEDIOS

78.37	26.33	0.67	117.78	72.53	23.96	0.72	109.17	54.89	18.37	0.67	82.51	117.62	25.20	0.67	176.89
-------	-------	------	--------	-------	-------	------	--------	-------	-------	------	-------	--------	-------	------	--------

ANEXO 3

VALORES EXPERIMENTALES PARA HALLAR LA DENSIDAD BÁSICA (DB) DE CEDRELA MONTANA

N° Mtra.	Peso seco (gr)	Largo	Ancho (cm)	Espesor	Volumen (cm ³)	DB
1	7.1	20.0	10.02	0.09	18.44	0.39
2	7.2	20.0	10.06	0.09	18.11	0.40
3	6.9	20.2	10.07	0.09	18.10	0.38
4	6.8	20.0	9.97	0.09	17.94	0.38
5	6.8	20.0	9.94	0.09	17.70	0.38
6	6.7	20.1	10.00	0.08	15.84	0.42
7	7.7	20.2	9.99	0.08	16.75	0.46
8	7.8	20.0	10.14	0.08	17.04	0.46
9	8.2	20.0	10.08	0.07	14.52	0.56
10	8.2	20.1	10.03	0.09	18.30	0.45
11	7.9	20.1	10.03	0.10	19.70	0.40
12	7.8	20.0	9.97	0.09	18.35	0.43
13	6.9	20.0	10.02	0.10	20.03	0.34
14	6.9	20.0	10.06	0.09	17.91	0.39
15	6.9	20.1	10.08	0.10	20.47	0.34
16	7.0	20.0	10.14	0.09	18.45	0.38
17	6.8	20.0	10.04	0.09	18.27	0.37
18	6.9	20.0	10.05	0.08	16.07	0.43
19	7.0	20.0	9.96	0.09	17.53	0.40
20	7.3	20.0	10.05	0.09	17.29	0.42
Prom.	7.24	20.03	10.03	0.09	17.84	0.41

ANEXO 4

VALORES EXPERIMENTALES DEL PH DE *CEDRELA MONTANA*

Mtra.	pH
1	5.67
2	5.59
3	5.68
4	5.60
Prom.	5.635

ANEXO 5

DATOS EXPERIMENTALES DE HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS

12 mm				19 mm			
Código	Espesor inicial	Espesor final	Hinchamiento (%)	Código	Espesor inicial	Espesor final	Hinchamiento (%)
1 H.UF 1	11.71	15.18	29.63	1 H.UF 1	20.3	22.74	12.02
2 H.UF 1	13.39	14.90	11.28	2 H.UF 1	20.38	23.51	15.36
3 H.UF 1	12.22	14.95	22.34	3 H.UF 1	19.95	23.25	16.54
4 H.UF 1	12.37	15.10	22.07	4 H.UF 1	19.9	22.97	15.43
5 H.UF 1	12.15	14.36	18.19	5 H.UF 1	20.75	23.76	14.51
1 H.UF 2	12.45	15.64	25.62	1 H.UF 2	19.25	23.37	21.40
2 H.UF 2	12.50	16.50	32.00	2 H.UF 2	19.31	22.85	18.33
3 H.UF 2	12.95	16.50	27.41	3 H.UF 2	19.36	23.37	20.71
4 H.UF 2	12.82	14.64	14.20	4 H.UF 2	19.57	25.7	31.32
5 H.UF 2	11.77	15.14	28.63	5 H.UF 2	19.48	23.98	23.10
1 H.UF 3	12.44	16.54	32.96	1 H.UF 3	19.38	23.97	23.68
2 H.UF 3	12.20	16.25	33.20	2 H.UF 3	19.69	23.18	17.72
3 H.UF 3	12.13	15.40	26.96	3 H.UF 3	21.43	24.99	16.61
4 H.UF 3	12.58	16.52	31.32	4 H.UF 3	20.22	22.85	13.01
5 H.UF 3	12.26	16.28	32.79	5 H.UF 3	20.33	24.16	18.84
1 H.MF 1	12.22	13.83	13.18	1 H.MF 1	19.03	21.34	12.14
2 H.MF 1	12.05	14.76	22.49	2 H.MF 1	19.42	23.3	19.98
3 H.MF 1	12.28	14.90	21.34	3 H.MF 1	19.4	22.35	15.21
4 H.MF 1	13.01	15.52	19.29	4 H.MF 1	19.45	21.89	12.54
5 H.MF 1	11.73	14.17	20.80	5 H.MF 1	19.42	22.27	14.68
1 H.MF 2	12.04	14.56	20.93	1 H.MF 2	19.64	23.1	17.62
2 H.MF 2	11.83	14.63	23.67	2 H.MF 2	19.66	22.16	12.72
3 H.MF 2	12.17	14.71	20.87	3 H.MF 2	20.54	22.18	7.98
4 H.MF 2	12.62	14.52	15.06	4 H.MF 2	19.87	23.47	18.12
5 H.MF 2	11.79	14.11	19.68	5 H.MF 2	19.84	23.03	16.08
1 H.MF 3	13.11	15.62	19.15	1 H.MF 3	19.31	22.22	15.07
2 H.MF 3	13.90	16.25	16.91	2 H.MF 3	20.83	24	15.22
3 H.MF 3	14.35	16.71	16.45	3 H.MF 3	21.2	24.31	14.67
4 H.MF 3	13.47	15.41	14.40	4 H.MF 3	19.45	23.57	21.18
5 H.MF 3	14.91	17.15	15.02	5 H.MF 3	21.65	24.64	13.81

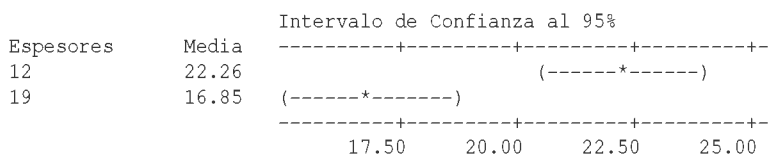
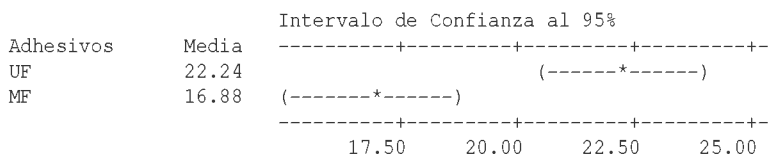
ESPESORES

ANEXO 6

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL HINCHAMIENTO A LAS 24 HORAS (%) DEL LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

Análisis de Variancia para el Hinchamiento

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	431.6	431.6	17.92	0.000
Espesores	1	438.7	438.7	18.22	0.000
Error	57	1372.7	24.1		
Total	59	2243.0			

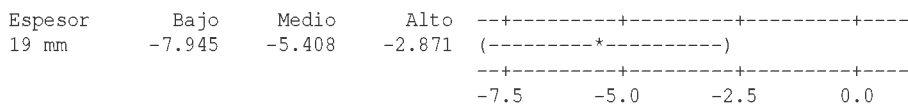


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Hinchamiento

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:

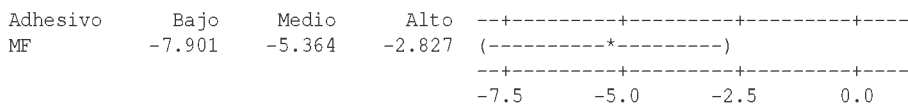


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Hinchamiento

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:



ANEXO 7

DATOS EXPERIMENTALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

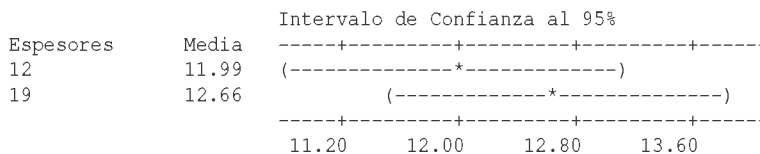
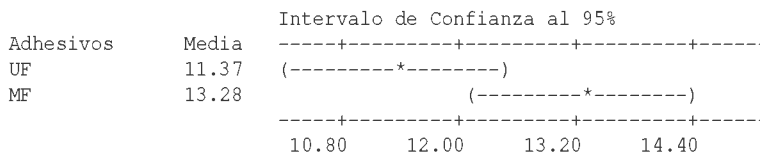
12 mm				19 mm			
Código	Peso Húmedo	Peso seco	CH %	Código	Peso Húmedo	Peso seco	CH %
1 D.UF 1	18	16.81	7.1	1 D.UF 1	36.9	32.6	13.2
2 D.UF 1	22.8	19.88	14.7	2 D.UF 1	26.5	23.3	13.7
3 D.UF 1	23.6	21.75	8.5	3 D.UF 1	27.4	24.1	13.7
4 D.UF 1	26.7	24.16	10.5	4 D.UF 1	31.2	27.6	13.0
5 D.UF 1	24.5	21.98	11.5	5 D.UF 1	31.6	27.9	13.3
1 D.UF 2	22.3	19.78	12.7	1 D.UF 2	37.6	33.7	11.6
2 D.UF 2	21.6	19.38	11.5	2 D.UF 2	37	33.3	11.1
3 D.UF 2	23	20.48	12.3	3 D.UF 2	29.8	26.6	12.0
4 D.UF 2	22.7	20.08	13.0	4 D.UF 2	27.3	24.2	12.8
5 D.UF 2	25.5	24.78	2.9	5 D.UF 2	41	36.6	12.0
1 D.UF 3	21.3	19.28	10.5	1 D.UF 3	34	30.2	12.6
2 D.UF 3	19.6	17.58	11.5	2 D.UF 3	31.5	28.2	11.7
3 D.UF 3	25.8	23.58	9.4	3 D.UF 3	30.5	27.3	11.7
4 D.UF 3	22.4	20.08	11.6	4 D.UF 3	34.1	30.9	10.4
5 D.UF 3	27.9	24.73	12.8	5 D.UF 3	37.2	34.5	7.8
1 D.MF 1	23.5	19.38	21.3	1 D.MF 1	30.5	26.5	15.1
2 D.MF 1	21	16.9	24.3	2 D.MF 1	30.3	27	12.2
3 D.MF 1	20.7	16.6	24.7	3 D.MF 1	30.3	26.7	13.5
4 D.MF 1	21.3	19.2	10.9	4 D.MF 1	34.1	30.2	12.9
5 D.MF 1	22.3	20.2	10.4	5 D.MF 1	32.3	28.7	12.5
1 D.MF 2	21.1	19	11.1	1 D.MF 2	36.2	32.1	12.8
2 D.MF 2	26.2	24.1	8.7	2 D.MF 2	29.8	26.4	12.9
3 D.MF 2	25.2	23.1	9.1	3 D.MF 2	33.8	30	12.7
4 D.MF 2	19.5	17.4	12.1	4 D.MF 2	36.3	32.2	12.7
5 D.MF 2	23.7	21.6	9.7	5 D.MF 2	37.1	32.7	13.5
1 D.MF 3	20.2	18.1	11.6	1 D.MF 3	35.9	31.6	13.6
2 D.MF 3	22.8	20.7	10.1	2 D.MF 3	37.2	32.7	13.8
3 D.MF 3	24.3	22.2	9.5	3 D.MF 3	32.3	28.5	13.3
4 D.MF 3	19.3	17.2	12.2	4 D.MF 3	31.8	28	13.6
5 D.MF 3	17.7	15.6	13.5	5 D.MF 3	41.4	36.3	14.0

ANEXO 8

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DEL LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

Análisis de Variancia para el Contenido de humedad

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	54.5	54.5	5.38	0.024
Espesores	1	6.7	6.7	0.66	0.421
Error	57	577.8	10.1		
Total	59	639.0			

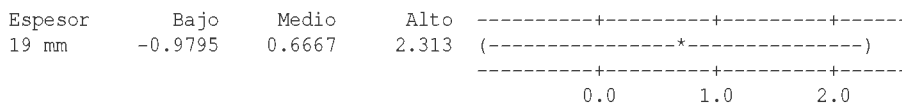


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Contenido de humedad

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:

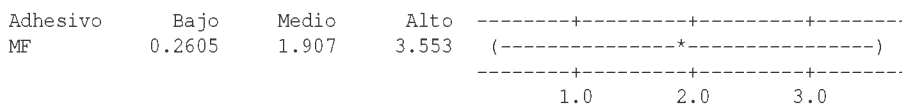


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Contenido de humedad

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:



ANEXO 9

DATOS EXPERIMENTALES DE DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB

Código	Volumen (cm ³)	Peso (g)	Densidad g/cm ³	Código	Volumen (cm ³)	Peso (g)	Densidad g/cm ³
1D.UF 1	31.27	18.0	0.58	1D.UF 1	49.72	36.9	0.74
2D.UF 1	34.13	22.8	0.67	2D.UF 1	51.22	26.5	0.52
3D.UF 1	31.92	23.6	0.74	3D.UF 1	52.35	27.4	0.52
4D.UF 1	33.15	26.7	0.81	4D.UF 1	50.86	31.2	0.61
5D.UF 1	32.86	24.5	0.75	5D.UF 1	51.91	31.6	0.61
1D.UF 2	33.57	22.3	0.66	1D.UF 2	52.91	37.6	0.71
2D.UF 2	33.61	21.6	0.64	2D.UF 2	51.55	37.0	0.72
3D.UF 2	35.91	23.0	0.64	3D.UF 2	51.91	29.8	0.57
4D.UF 2	32.05	22.7	0.71	4D.UF 2	49.64	27.3	0.55
5D.UF 2	32.82	25.5	0.78	5D.UF 2	53.74	41.0	0.76
1D.UF 3	34.22	21.3	0.62	1D.UF 3	51.36	34.0	0.66
2D.UF 3	34.48	19.6	0.57	2D.UF 3	49.13	31.5	0.64
3D.UF 3	41.42	25.8	0.62	3D.UF 3	53.88	30.5	0.57
4D.UF 3	34.25	22.4	0.65	4D.UF 3	50.97	34.1	0.67
5D.UF 3	33.44	27.9	0.83	5D.UF 3	48.55	37.2	0.77
1D.MF 1	31.49	23.5	0.75	1D.MF 1	49.32	30.5	0.62
2D.MF 1	32.60	21.0	0.64	2D.MF 1	49.61	30.3	0.61
3D.MF 1	30.79	20.7	0.67	3D.MF 1	49.55	30.3	0.61
4D.MF 1	33.23	21.3	0.64	4D.MF 1	50.47	34.1	0.68
5D.MF 1	31.85	22.3	0.70	5D.MF 1	50.11	32.3	0.64
1D.MF 2	31.68	21.1	0.67	1D.MF 2	51.64	36.2	0.70
2D.MF 2	36.27	26.2	0.72	2D.MF 2	50.64	29.8	0.59
3D.MF 2	33.11	25.2	0.76	3D.MF 2	50.74	33.8	0.67
4D.MF 2	31.00	19.5	0.63	4D.MF 2	51.08	36.3	0.71
5D.MF 2	31.57	23.7	0.75	5D.MF 2	50.76	37.1	0.73
1D.MF 3	34.53	20.2	0.58	1D.MF 3	50.09	35.9	0.72
2D.MF 3	34.37	22.8	0.66	2D.MF 3	52.91	37.2	0.70
3D.MF 3	32.42	24.3	0.75	3D.MF 3	52.52	32.3	0.62
4D.MF 3	35.07	19.3	0.55	4D.MF 3	53.86	31.8	0.59
5D.MF 3	33.87	17.7	0.52	5D.MF 3	51.80	41.4	0.80

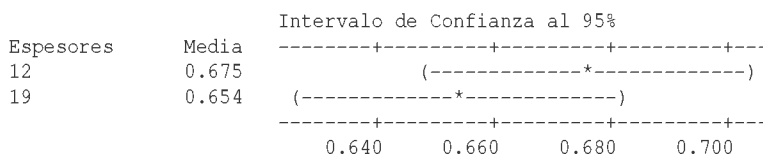
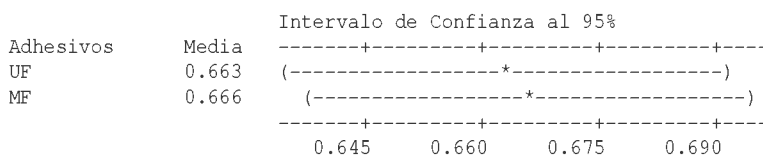
ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

ANEXO 10

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

Análisis de Variancia para la densidad

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	0.00013	0.02	0.880	
Espesores	1	0.00704	0.00704	1.21	0.277
Error	57	0.33291	0.00584		
Total	59	0.34009			

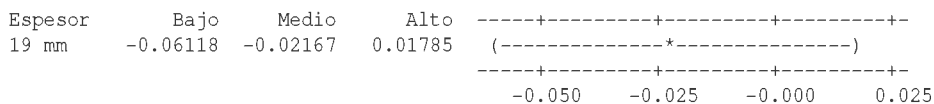


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Densidad

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:

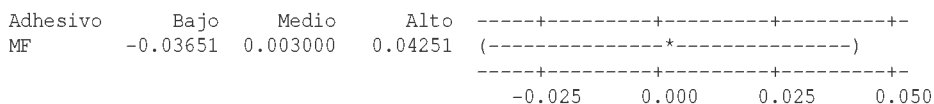


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Densidad

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:



ANEXO 11

DATOS EXPERIMENTALES DEL MODULO DE RUPTURA (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

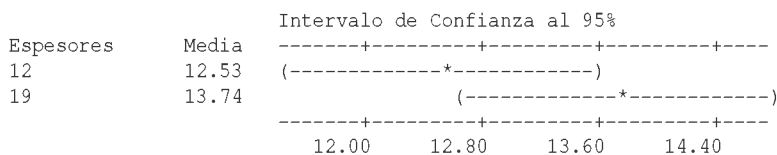
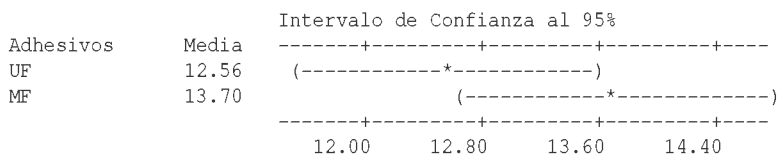
Código	12 mm				19 mm					
	L ₁	Carga	b	t	MOR	L ₁	Carga	b	t	MOR
UF1-1	240	252.4	50.7	11.71	13.07	300	687.22	51.75	20.3	14.5
UF1-2	240	226.8	50.7	13.39	8.98	300	834.00	51.46	20.38	17.56
UF1-3	240	236.9	51.19	12.22	11.16	300	720.58	50.68	19.95	16.08
UF2-1	240	302.5	50.59	12.45	13.89	300	520.42	51.07	19.25	12.37
UF2-2	240	280.8	51.18	12.50	12.64	300	522.64	50.88	19.31	12.4
UF2-3	240	301.4	50.91	12.95	12.71	300	335.82	51.75	19.36	7.791
UF3-1	240	257.0	50.68	12.44	11.80	300	378.08	51.47	19.38	8.801
UF3-2	240	315.8	50.98	12.20	14.98	300	449.25	50.58	19.69	10.31
UF3-3	240	268.0	50.99	12.13	12.86	300	736.14	50.84	21.43	14.19
MF1-1	240	246.9	50.59	12.05	12.10	300	793.97	50.61	19.42	18.72
MF1-2	240	249.1	51.15	12.28	11.63	300	696.11	51.81	19.4	16.06
MF1-3	240	224.6	51.37	12.04	10.86	300	707.23	51.67	19.64	15.97
MF2-1	240	246.9	51	11.83	12.45	300	705.01	50.78	19.66	16.16
MF2-2	240	251.3	50.47	12.17	12.10	300	688.11	50.34	20.54	14.58
MF2-3	240	346.9	50.65	13.11	14.35	300	584.91	50.66	19.31	13.93
MF3-1	240	335.8	50.59	13.90	12.37	300	567.12	50.06	20.83	11.75
MF3-2	240	382.5	50.93	14.35	13.13	300	658.30	50.44	21.2	13.07
MF3-3	240	371.4	51.16	13.47	14.40	300	567.12	51.89	19.45	13

ANEXO 12

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL MODULO DE RUPTURA (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

Análisis de Variancia para el MOR

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	11.72	11.72	2.34	0.136
Espesores	1	13.15	13.15	2.62	0.115
Error	33	165.56	5.02		
Total	35	190.43			

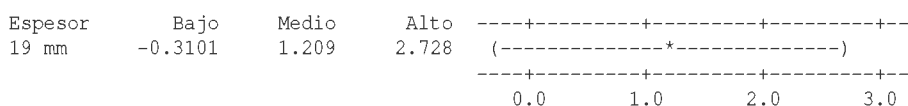


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: MOR

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:

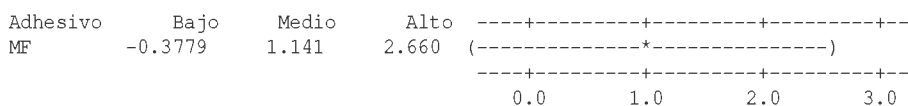


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: MOR

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:



ANEXO 13

DATOS EXPERIMENTALES DEL MODULO DE ELASTICIDAD (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

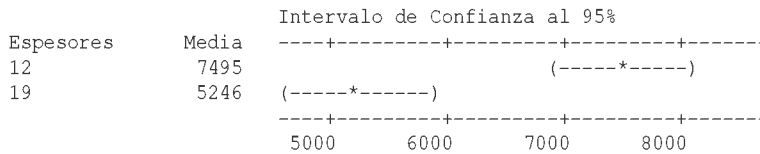
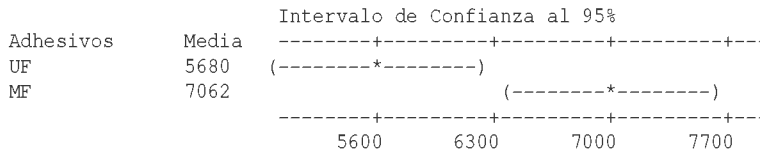
Código	12 mm							19 mm						
	L ₁	Carga	F ₂ -F ₁	b	t	a ₂ -a ₁	MOE	L ₁	Carga	F ₂ -F ₁	b	t	a ₂ -a ₁	MOE
UF1-1	240	252.45	75.73	50.7	11.7	1.130	5557.0	300	687.22	206.16	51.8	20.3	0.53	6065.2
UF1-2	240	226.85	68.05	50.7	13.4	0.560	6739.4	300	834.00	250.20	51.5	20.4	0.60	6461.9
UF1-3	240	236.86	71.06	51.2	12.2	0.730	7034.0	300	720.58	216.17	50.7	20.0	0.63	5755.7
UF2-1	240	302.48	90.74	50.6	12.5	1.025	6121.0	300	520.42	156.12	51.1	19.3	0.43	6727.4
UF2-2	240	280.84	84.25	51.2	12.5	1.210	4701.8	300	522.64	156.79	50.9	19.3	0.61	4735.9
UF2-3	240	301.36	90.41	50.9	13.0	0.700	7885.0	300	335.82	100.75	51.8	19.4	0.53	3416.9
UF3-1	240	257.00	77.10	50.7	12.4	1.050	5080.1	300	378.08	113.42	51.5	19.4	0.60	3406.0
UF3-2	240	315.82	94.75	51.0	12.2	1.180	5854.8	300	449.25	134.77	50.6	19.7	0.48	4908.6
UF3-3	240	268.00	80.40	51.0	12.1	0.845	7057.3	300	736.14	220.84	50.8	21.4	0.63	4729.1
MF1-1	240	246.86	74.06	50.6	12.1	0.730	7736.3	300	793.97	238.19	50.6	19.4	0.69	6286.3
MF1-2	240	249.09	74.73	51.2	12.3	0.590	9025.8	300	696.11	208.83	51.8	19.4	0.54	6900.7
MF1-3	240	224.62	67.39	51.4	12.0	0.580	8747.1	300	707.23	212.17	51.7	19.6	0.63	5807.4
MF2-1	240	246.86	74.06	51.0	11.8	0.730	8110.3	300	705.01	211.50	50.8	19.7	0.67	5563.6
MF2-2	240	251.31	75.39	50.5	12.2	0.740	7559.6	300	688.11	206.43	50.3	20.5	0.56	5704.0
MF2-3	240	346.94	104.08	50.7	13.1	0.585	10523.0	300	584.91	175.47	50.7	19.3	0.64	5073.7
MF3-1	240	335.82	100.75	50.6	13.9	0.550	9100.5	300	567.12	170.14	50.1	20.8	0.67	3788.5
MF3-2	240	382.53	114.76	50.9	14.4	0.720	7148.7	300	658.30	197.49	50.4	21.2	0.56	4953.1
MF3-3	240	371.41	111.42	51.2	13.5	0.550	10936.5	300	567.12	170.14	51.9	19.5	0.73	4148.8

ANEXO 14

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPEORES

Análisis de Variancia para el MOE

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	17190629	17190629	10.54	0.003
Espesores	1	45530083	45530083	27.91	0.000
Error	33	53832895	1631300		
Total	35	116553607			

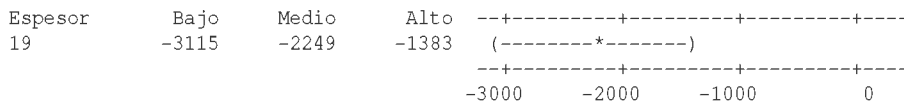


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: MOE

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:

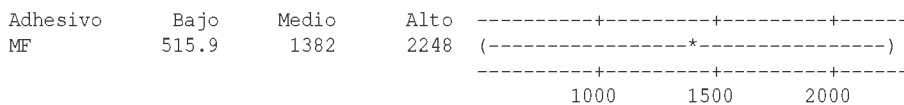


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: MOE

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:



ANEXO 15

DATOS EXPERIMENTALES DE TRACCIÓN (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS TIPOS DE ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

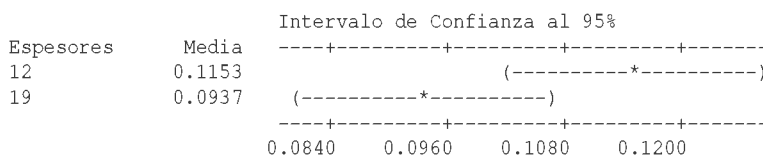
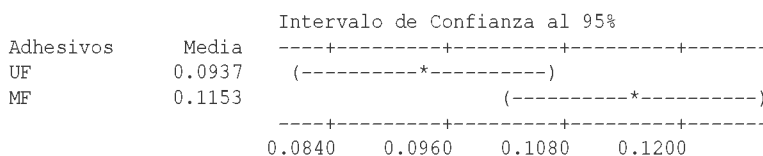
Código	Medida		Carga (N)	Tracción (N/mm ²)	Medida		Carga (N)	Tracción (N/mm ²)
	largo (mm)	ancho (mm)			Largo (mm)	Ancho (mm)		
1 T.UF 1	50.16	51.5	267.2	0.10	50.9	51.02	155.68	0.06
2 T.UF 1	50.34	51.57	156.8	0.06	50.83	51.02	344.72	0.13
3 T.UF 1	50.26	50.78	147.84	0.06	50.52	50.49	209.056	0.08
4 T.UF 1	50.76	51.64	232.96	0.09	50.93	50.91	355.84	0.14
5 T.UF 1	50.08	50.67	143.36	0.06	50.78	50.98	322.48	0.12
1 T.UF 2	50.07	48.84	425.6	0.17	51.2	50.73	100.08	0.04
2 T.UF 2	51.61	50.97	275.52	0.10	50.69	51.08	209.056	0.08
3 T.UF 2	51.33	50.67	224	0.09	51.17	59.94	169.024	0.06
4 T.UF 2	51.46	50.47	273.28	0.11	50.97	51.13	137.888	0.05
5 T.UF 2	50.65	51.7	268.8	0.10	51.24	50.83	262.432	0.10
1 T.UF 3	51.46	50.7	235.2	0.09	50.46	50.91	269.104	0.10
2 T.UF 3	51.68	50.57	282.24	0.11	50.68	50.86	231.296	0.09
3 T.UF 3	50.84	49.87	224	0.09	50.26	51.1	122.32	0.05
4 T.UF 3	50.76	51.42	286.72	0.11	51.25	50.42	295.792	0.11
5 T.UF 3	51.74	50.63	277.76	0.11	50.12	51.31	386.976	0.15
1 T.MF 1	51.28	50.54	477.12	0.18	50.02	51.14	282.448	0.11
2 T.MF 1	49.82	50.18	403.2	0.16	51.1	50.58	82.288	0.03
3 T.MF 1	51.56	50.41	389.76	0.15	51.58	50.7	122.32	0.05
4 T.MF 1	51.38	50.64	282.24	0.11	51.27	50.79	122.32	0.05
5 T.MF 1	50.68	51.87	228.48	0.09	51.54	51.07	209.056	0.08
1 T.MF 2	50.39	50.26	416.64	0.16	50.98	50.54	504.848	0.20
2 T.MF 2	50.71	51.5	291.2	0.11	50.71	50.96	355.84	0.14
3 T.MF 2	51.76	50.71	492.8	0.19	50.84	50.94	440.352	0.17
4 T.MF 2	50.54	51.66	277.76	0.11	50.85	50.86	311.36	0.12
5 T.MF 2	51.58	50.76	163.52	0.06	50.73	51.2	202.384	0.08
1 T.MF 3	50.82	50.14	336	0.13	51.27	50.73	286.896	0.11
2 T.MF 3	50.84	51.69	389.76	0.15	51.22	50.77	200	0.08
3 T.MF 3	50.27	51.58	398.72	0.15	51.09	51.33	155.68	0.06
4 T.MF 3	51.54	50.54	291.2	0.11	51.01	51.4	164.576	0.06
5 T.MF 3	51.61	50.56	389.76	0.15	50.92	50.88	278	0.11

ANEXO 16

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) Y PRUEBA DE TUKEY PARA TRACCIÓN (N/MM²) DE LOS TABLEROS OSB ELABORADOS CON DOS ADHESIVOS Y DOS ESPESORES

Análisis de Variancia para la Tracción

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Adhesivos	1	0.00704	0.00704	5.04	0.029
Espesores	1	0.00704	0.00704	5.04	0.029
Error	57	0.07960	0.00140		
Total	59	0.09369			

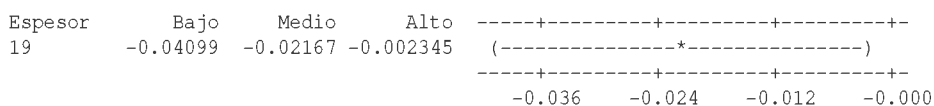


Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Tracción

Comparación con respecto al espesor

Espesor = 12 mm respecto a:



Tukey con un Intervalo de Confianza de 95.0%

Variable: Tracción

Comparación con respecto al adhesivo

Adhesivo = UF respecto a:

