

Proyectos de investigación del Forest Products Laboratory. 1993

156

1. LISTA DE LOS PROYECTOS DE 1993 CLASIFICADOS POR AREAS.

1.1. LA MADERA COMO MATERIAL Y LA TECNOLOGÍA DE MEDICIONES.

- a). Proyectos de investigación nacionales.
 - Propiedades químicas y plastificación de la madera.
 - Examen tridimensional de la superficie de la madera.

- Aplicación del sensor de membrana electreto para la medida de los defectos de la madera.
- Modificación de la madera utilizando tratamientos de calor.
- Daños originados por las bacterias en los troncos durante su almacenamiento en condiciones húmedas.
- Aplicaciones de los composites (materiales compuestos).
- b). Proyectos de investigación internacionales.
 - Modificación química de la madera: materiales compuestos de fibras de madera.
 - Evaluación de la calidad utilizando sistemas inteligentes de inspección superficial.

En este artículo resumen los proyectos de investigación desarrollados por el Laboratorio de Productos Forestales - FPL durante 1993, con el fin de exponer las líneas actuales de investigación en el campo de la madera.

Los proyectos se han clasificado en las siguientes áreas:

- La madera como material y la tecnología de mediciones.*
- La industria de aserrado y de carpintería.*
- La fabricación de tableros.*
- Los tratamientos superficiales y la conservación de la madera.*
- Los productos derivados de la madera.*

1.2. LA INDUSTRIA DE ASERRADO Y DE CARPINTERÍA.

- a) Proyectos de investigación nacionales.
 - Mejora de la calidad en el secado de la madera.
 - El sistema continuo para el secado de componentes húmedos.
 - Nuevas soluciones de automatización para la industria de la madera.
 - Elaboración de programas informáticos para la industria de aserrado.
 - Programa de enseñanza para la clasificación de los productos derivados de la madera.
 - Optimización del corte transversal (retestado) de la madera.
 - Modelos de control que tienen en cuenta el efecto del tiempo para los aserraderos.
 - Sistema de marcado individual para los productos aserrados.
 - Piezas calibradas para las máquinas automáticas de clasificación.
 - Aplicación de la teoría de sistemas en el aserrado.

- b) Proyectos de investigación internacionales.
 - FINT - Tecnología de la fabricación flexible para la industria nórdica de la madera.

1.3. FABRICACIÓN DE TABLEROS.

- a) Proyectos de investigación nacionales.
 - Perspectivas de desarrollo en la fabricación de tableros de partículas.
 - Mejora de las propiedades de las chapas y de los tableros contrachapados de picea.

- Optimización del encolado de chapas.
- b) Proyectos de investigación internacionales.
 - El método de la cámara para la determinación de la emisión de formaldehído de los tableros derivados de la madera.

1.4. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y LA CONSERVACIÓN DE LA MADERA.

- a) Proyectos de investigación nacionales.
 - Estudio de los acabados superficiales de la madera.
 - Mejora de la eficacia y de las características medioambientales de la protección de la madera.
 - La protección contra la pudrición utilizando extractos naturales.
 - Reparación del daño en suelos de madera instalados sobre soleras de hormigón.
 - Factores que afectan al desarrollo de los mohos y de la pudrición en las construcciones de madera.

1.5. Productos derivados de la madera.

- a) Proyectos de investigación nacionales.
 - Proyecto para el desarrollo de placas clavo para cerchas.
 - Métodos de cálculo avanzado de la resistencia al fuego.
- b) Proyectos de investigación internacionales.
 - Determinación de la emisión de formaldehído de los muebles.
 - Efecto de los productos derivados de la madera en el medio ambiente.
 - Dimensionado de estructuras mediante modelos experimentales.

2. PROYECTOS DE INVESTIGACION.

Los cambios térmicos generalmente originan un empeoramiento de la resistencia de la madera. Un ejemplo extremo es la resistencia a flexión que se reduce hasta un 50% cuando se mantiene la madera a una temperatura de 180-200°C durante 1-4 horas y a una presión de 8-10 bar.

Publicaciones:

- Plastificación de la madera utilizando calor y humedad (en finlandés, en impresión). Pennanen, J.
- Plastificación de la madera con productos químicos (en finlandés, en impresión) Pennanen, J.

2.1. PROPIEDADES QUÍMICAS Y PLASTIFICACIÓN DE LA MADERA.

Coste: 1,3 millones de FIM (35,1 millones de pesetas).

 El objeto del estudio es comprender y conocer el concepto básico de la plastificación de la madera y aplicarlo en el desarrollo de procesos de producción y de productos en la industria mecánica de la madera. Las posibles áreas de aplicación incluyen el moldeado de la madera y el diseño de técnicas de secado más rápidas.

Resultados de la investigación:

Las temperaturas de plastificación de algunos componentes de la madera seca son bastante altas, aproximadamente 180°C para la hemicelulosa, 200°C para la lignina y 230°C para la celulosa no cristalina o amorfa. La temperatura o el punto de fusión de la celulosa cristalina es superior a la temperatura correspondiente a su descomposición.

La madera verde puede comprimirse solamente un 2-3 % en la dirección de la fibra a temperaturas de 20°C, aunque en la dirección perpendicular a la fibra y, en particular, en la dirección radial es posible comprimirla hasta un 40-50 %. La compresibilidad en la dirección de la fibra puede mejorarse aplicando calor. Por ejemplo, a una temperatura de 70°C la tensión última de compresión del abedul en la dirección de la fibra es un 20% superior.

En la flexión de la madera no es posible incrementar significativamente la tensión última de tracción con la ayuda de la temperatura, por lo menos con temperaturas inferiores a 100°C. Por ejemplo, el valor de la resistencia del abedul verde aumenta de un 1% a un 2,5% cuando la temperatura se aumenta desde 15°C hasta 70°C. Los cambios químicos que se producen en la madera provocados por las altas temperaturas tienen efectos muy significativos. En primer lugar, la madera se descompone térmicamente cuando la longitud de la cadena de los polímeros disminuye. La descomposición térmica se acelera con temperaturas superiores a los 150°C. La hemicelulosa es el componente más sensible a la descomposición térmica, mientras que la lignina es el más durable. En segundo lugar, la cadena de polímeros produce nuevos enlaces covalentes incrementándose el encadenamiento en la dirección perpendicular a la fibra.

Las propiedades de la madera que dependen de su contenido de humedad cambian como consecuencia de la descomposición térmica y de las reacciones de encadenamiento que se producen en la dirección perpendicular a la fibra. El tratamiento térmico de la madera, realizado bajo condiciones apropiadas, puede reducir considerablemente su contenido de humedad de equilibrio, su hinchazón y su merma.


Por ejemplo, ha sido posible disminuir la hinchazón y la merma de la madera hasta un 50-80 %, cuando se ha calentado dicha madera (que tenía un contenido inicial de humedad adecuado) a temperaturas de 180°-200°C durante 1-2 horas a la vez que se le sometía a una presión de 8-10 bar.

Los cambios térmicos pueden mejorar la resistencia biológica de la madera contra la pudrición. Este hecho puede explicarse por la reducción del contenido de humedad de equilibrio que junto con los cambios de los componentes de la madera origina que exista menos alimento para los hongos.

2.2. EXAMEN TRIDIMENSIONAL DE LA SUPERFICIE DE LA MADERA.

Coste 650.000 FIM. (17,55 millones de pesetas)

La rugosidad, ondulación y planicidad de la superficie son parámetros que tienen una gran importancia en la calidad de la mayoría de los productos fabricados con madera. Las mediciones, utilizando métodos basados en sensores de gran precisión, se realizan fundamentalmente en centros de investigación. Desde el punto de vista de la calidad competitiva de los productos es importante diseñar métodos de valoración rápidos y baratos que puedan utilizarse por la industria para comprobar la calidad de las superficies planas.

 Uno de los objetivos de este proyecto es desarrollar métodos adecuados para la medición y el control de la calidad de la rugosidad, ondulación y planicidad de los productos de la industria de la madera, que utilicen con un coste mínimo el procesamiento de imágenes de los ordenadores comerciales y las cámaras CCD.

Las aplicaciones más importantes de los métodos que se están desarrollando requieren que se defina la planicidad de la topografía de la superficie de la madera:

- 1 - Variaciones de la rugosidad
- 2 - Variaciones de la ondulación
- 3 - Defectos de forma

En el desarrollo de los métodos del procesamiento de imágenes del FPL se están utilizando equipos y programas informáticos de otros proyectos preliminares. Las superficies que se están investigando se fotografían con una cámara CCD y con la iluminación adecuada. Para el análisis de las imágenes se utiliza un espectro de Fourier, una matriz de ocurrencia KO y los métodos más sencillos de procesamiento de imágenes. Las distribuciones indican que el perfil de la superficie puede determinarse utilizando la ya conocida teoría de la iluminación.

En este estudio se están empleando 2 métodos: el análisis de sombras y las medidas triangulares con láser.

El método de las sombras incluye el análisis de la sombra obtenida con una iluminación adecuada utilizando varios métodos de procesamiento de imágenes. Valiéndose de la teoría de la iluminación, es posible determinar las distribuciones que caracterizan al perfil de la superficie. Esta técnica es rápida, barata y no se ve afectada por las vibraciones.

Las medidas triangulares con láser incluyen un rastreo rápido de las deflexiones en la superficie de un rayo láser. La reflexión del rayo se mide con un sensor de localización muy sensible. Esta técnica es exacta, aunque presenta problemas cuando se requiere una velocidad elevada. Este método es muy sensible a las vibraciones.

El método más apropiado, de entre estos dos, se selecciona de acuerdo con el tipo de superficie que se quiere investigar. Estos métodos pueden utilizarse en conexión con otro examen óptico de la superficie, por ejemplo, con la detección de defectos.

En el proyecto, se está investigando la adecuación de los métodos a los distintos tipos de superficie, y se

está diseñando el plano de la planta piloto.


Este estudio está integrado dentro del programa de investigación del TDC (Technology Development Centre) «Equipos de visión en la automoción industrial».

Publicaciones:

- Sistemas de medida de la rugosidad superficial. Estudio preliminar (en finlandés, en impresión) Lepistö-Saukko. VTT Forest Products Laboratory. VTT Research notes.

2.3. APLICACIÓN DEL SENSOR DE MEMBRANA ELECTRETO PARA LA MEDIDA DE LOS DEFECTOS DE LA MADERA.

Coste 430.000 FIM (7,31 millones de pesetas).

 El objeto de este estudio es investigar el potencial que tienen los métodos basados en el sensor de film electreto para medir en tiempo real los defectos locales de la madera, y fabricar en el laboratorio un prototipo para demostraciones.

El film electro-térmo-mecánico (ETMF) es una innovación finlandesa, basada en las propiedades electrostáticas de una fina membrana plástica que contiene burbujas planas de gas. La membrana puede polarizarse permanentemente utilizando el método de corona o con una proyección de electrones, de esta forma se obtiene una membrana electret. Se pueden fabricar, de forma muy barata, sensores extremadamente sensibles que se utilizan para realizar mediciones a partir de la membrana electret. La energía mecánica y acústica puede convertirse en una señal que se puede medir eléctricamente, por ejemplo como una vibración si se utiliza un sensor de movimiento. La membrana también puede utilizarse para producir o crear vibraciones.


La utilización de vibraciones mecánicas para la valoración de las propiedades de la madera es una práctica habitual. Sin embargo, estos métodos se limitan, en la práctica, a definir la velocidad media de la progresión de la oscilación que permite estimar la resistencia. Además, actualmente, se están utilizando equipos de ultrasonidos para medir la calidad del encolado de los tableros contrachapados.

El objetivo del proyecto se centra en la medición localizada de los defectos de la madera utilizando la oscilación mecánica y la tecnología del sensor electreto. Las mediciones de las bases teóricas se examinan aplicando la teoría de sonidos. Basándose en esta teoría, se puede diseñar y fabricar un prototipo de laboratorio. Esto permitirá realizar medidas en productos aserrados y en contrachapados. Las mediciones se concentrarán en la identificación de los nudos y en los fallos del encolado.

2.4. MODIFICACIÓN DE LA MADERA UTILIZANDO TRATAMIENTOS DE CALOR.

Coste 1 millón de FIM (27 millones

de pesetas).

 El calentamiento de la madera a altas temperaturas provoca el cambio sus propiedades físicas y químicas. Como resultado de estos tratamientos se reduce la hinchazón de la madera producida por los incrementos de su contenido de humedad y además se incrementa su resistencia biológica contra la pudrición.

La temperatura crítica se sitúa alrededor de los 150°C. Los ensayos iniciales del laboratorio han demostrado que la resistencia de la picea contra la pudrición se incrementa y se aproxima a la del duramen de los pinos, y a la vez la hinchazón originada por un incremento de su contenido de humedad se reduce a la mitad de la correspondiente a una picea que no haya sufrido este tratamiento.

Los tratamientos con calor producen un oscurecimiento de la madera. Con la adición de agentes colorantes adecuados se puede conseguir la coloración final deseada. La adición del agente colorante está ligada a los tratamientos con calor y se consigue que se introduzcan y que penetren en la madera.


Los tratamientos con calor además de utilizarse en la madera sólida, también pueden emplearse para chapas, fibras y partículas de madera.

Para mejorar las propiedades de la madera a la que se va a someter de una forma controlada a los tratamientos por calor, es necesario examinar los efectos que van a producir las altas temperaturas sobre los componentes químicos de la madera y sobre su microestructura. Los cambios originados por los tratamientos con calor varían en función de las especies, el contenido de humedad inicial, la duración del tratamiento y la temperatura.

El objetivo de este proyecto es investigar los prerequisites para conseguir que el tratamiento por calor tenga éxito y además desarrollar los métodos a utilizar para la madera aserrada finlandesa.

1). Madera que no se hinche y merme, y que sea biológicamente resistente a la pudrición. Estas maderas son muy adecuadas para revestimiento exteriores, ventanas y otras aplicaciones en las que la madera está sometida a la variación de la humedad y a la intemperie.

2). La madera que tenga las propiedades antes mencionadas además del tono de color deseado, será adecuada para aplicaciones estructurales en las que sea importante la estética.


 Los trabajos ha desarrollar son:

- a - desarrollo de equipos y métodos
- b - desarrollo de la tecnología del tratamiento con calor
- c - evaluación de los efectos de los tratamientos con calor en la madera
- d - investigación de las propiedades de los productos
- e - extracción de conclusiones y decisión de las medidas a tomar.

Este estudio abre nuevas posibilidades para nuevos tipos de productos desarrollados con materiales de madera, además de reducir la hinchazón y la merma debidas a variaciones de humedad y de mejorar su resistencia a la pudrición. Se amplían significativamente las posibilidades de sus aplicaciones en el exterior sin tener que utilizar protectores de la madera. Estas aplicaciones incluyen revestimientos exteriores, cercos de ventanas, muebles de jardín y también sustituirá a las maderas tratadas con protectores de la madera y colorantes.

2.5. DAÑOS ORIGINADOS POR LAS BACTERIAS EN LOS TRONCOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES HÚMEDAS.

Coste 400.000 FIM (10,8 millones de pesetas).

 Los daños causados por las bacterias en la madera es un problema antiguo. El daño bacterial se produce durante las estaciones templadas del año, antes del aserrado, durante el transporte y el almacenamiento de los troncos. El daño originado se incrementa en mayor medida cuando los troncos se transportan por agua o se almacenan en agua, que cuando se transportan o se almacenan por/en tierra. El descortezado de los troncos acelera el inicio de este daño. Desde el punto de vista práctico de las operaciones de los aserraderos, se recomienda que los troncos descortezados no permanezcan más de 2 semanas en el patio de apilado (antes de aserrarse) durante las estaciones templadas del año.

El daño causado por la bacteria no puede observarse por inspección visual cuando se realiza la clasificación de los troncos, se descubre cuando se realizan los tratamientos superficiales contra el azulado o cuando se protegen con pinturas de la clase B: madera tratada con protectores orgánicos. El daño bacterial aparece en los productos finales en forma de franjas coloreadas. Y se origina por el cambio de permeabilidad causado por la bacteria. Si se tiene en cuenta este incremento de la permeabilidad, los puntos que presentan daños tienen una coloración más oscura que la de las zonas adyacentes.

Este proyecto se inició en el FPL del VTT en 1990 con el objetivo de encontrar la forma de prevenir los cambios de permeabilidad de la madera originados por la bacteria. El proyecto incluye una revisión bibliográfica, una valoración de los problemas en situaciones reales y también incluye las investigaciones que actualmente se están realizando en el laboratorio.

Esta investigación ha sido encargada por la industria. Los resultados que se obtengan tendrán un carácter confidencial.

2.6. APLICACIONES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.

Coste: 300.000 FIM (8,1 millones

de pesetas).

El proyecto está dividido en 4 partes:

1. Materiales compuestos adecuados para estructuras existentes

En esta parte se están buscando las soluciones a nivel de sistemas constructivos, estructurales y de los materiales. Parte del trabajo se está realizando en colaboración con otros laboratorios de la División de la Tecnología de la Construcción y Desarrollo de la Comunidad del VTT.

2. Uniones en estructuras mixtas y uniones con materiales compuestos.

En esta parte, el objetivo del trabajo es mejorar las aptitudes de las uniones en estructuras mixtas y las uniones con materiales compuestos.

3. Productos de madera reforzados con fibras.

En esta parte, los objetivos se centran en mejorar las aptitudes para desarrollar los productos de madera con reforzados con fibras. Se está dando un énfasis particular en dar soluciones a las necesidades de la industria del mueble.

4. Refuerzo de agujeros en piezas estructurales mediante materiales compuestos.


En esta parte se desarrollan programas de cálculo con ordenador para reforzar los agujeros de las vigas de madera.

El énfasis que se está dando a las partes 2, 3 y 4 será decisivo para el desarrollo del estudio.

En la fase inicial del proyecto se revisarán los resultados y otras consecuencias del programa de materiales compuestos del VTT. Uno de los objetivos del proyecto es desarrollar la cooperación con la industria, especialmente en los estudios experimentales.

2.7. MODIFICACIÓN QUÍMICA DE LA MADERA: MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS DE MADERA.

Coste: 470.000 FIM (12,69 millones de pesetas).

 Esta investigación está relacionada con el proyecto de investigación «Modificación química de la madera» del programa de la Comunidad Europea AIR (Agricultura y Agroindustria incluyendo pesca).

El objetivo de la investigación es desarrollar métodos para modificar químicamente la madera y las fibras de la madera con el fin de mejorar su resistencia biológica y sus propiedades técnicas de la madera, que sean respetuosos con el medio ambiente.

El objetivo de este proyecto del FPL es desarrollar materiales compuestos de fibras de madera utilizando fibras de madera junto con agentes modificadores y aditivos plásticos. Las cualidades técnicas de estos materiales compuestos de madera, especialmente su comportamiento frente a la humedad, su estabilidad dimensional y su moldeabilidad son claramente superiores a las de la madera normal.

El objetivo es producir productos de alta calidad a partir de materias primas baratas (incluyendo materiales de desperdicio y materiales reciclados). Las propiedades de estos productos pueden controlarse de tal forma que sean adecuados para determinadas aplicaciones, entre las que se incluyen materiales estructu-

rales y entablados para el transporte, estructuras ligeras para edificaciones, revestimientos exteriores, aislante térmico, accesorios y muebles. Las propiedades «hechas a medida» se consiguen con una adecuada elección de las materias primas y de los aditivos conjuntamente con la modificación de los procesos productivos. Las estimaciones iniciales indican que estos nuevos tipos de materiales compuestos de fibras de madera son claramente superiores en términos de precio/calidad a los productos actuales.

Las actuaciones de la investigación son:

- La aptitud de uso de las materias primas a base de fibras de madera para fabricar materiales compuestos de fibras.

Se está estudiando la aptitud de varias materias primas de madera para fabricar materiales compuestos de fibras teniendo en cuenta el efecto de la calidad de la materia prima sobre las propiedades del material compuesto. Los distintos tipos de materias primas de fibras se seleccionarán teniendo en cuenta su disponibilidad, precio, análisis de calidad y mediante ensayos preliminares de las materias primas.

- Modificación de las fibras y aditivos.

Para modificar las fibras se están utilizando tratamientos de acetilación, de ácido maleico, de anhídrido/glicerol; y se podrán utilizar otros tipos de tratamientos con expectativas prometedoras. Las mejores modificaciones y los mejores aditivos, que incrementan la calidad de los productos finales, se seleccionarán previamente mediante ensayos preliminares.

- Tecnología de producción para los materiales compuestos de fibras.

La manta de fibras se fabricará utilizando equipos de ensayo de la industria y se prensará en la prensa del laboratorio para fabricar el producto con la forma del tablero, que posteriormente será ensayado. Además, la manta de fibra prensada a la que se va a dar forma, se examinará con el ensayo de moldeo. También se investigarán la influencia de la presión, el tiempo y la temperatura del moldeo sobre las propiedades del producto.

- Fabricación y ensayos de los prototipos.

Los ensayos de prototipos se definirán después de haber utilizado diferentes métodos elegidos después de realizar ensayos preliminares. Los ensayos de producto investigaran la densidad, la calidad superficial, la estabilidad dimensional, la resistencia a la humedad, resistencia/rigidez, la resistencia biológica, la resistencia a la intemperie y, cuando sea posible, la resistencia al fuego.

- Evaluaciones preliminares sobre la competitividad de estos productos desde el punto de vista técnico y económico.

La evaluación inicial se realizará teniendo en cuenta la adaptación al uso y la competitividad obtenidas con los ensayos de los productos en diferentes aplicaciones.

2.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD UTILIZANDO SISTEMAS INTELIGENTES DE INSPECCIÓN SUPERFICIAL.

Coste: 30 millones FIM.

Este proyecto está integrado dentro de un proyecto de investigación BRITE-EURAM. Los participantes de este proyecto incluyen empresas, institutos de investigación y universidades de Alemania, Gran Bretaña, Italia, España y Finlandia. Su objetivo es desarrollar sistemas automáticos y rápidos de medida de la calidad para las líneas automáticas de inspección de superficies.

En este proyecto se están desarrollando 3 aplicaciones para diferentes sectores industriales:

- clasificación de láminas de acero según su microestructura
- control de los acabados del terciopelo
- clasificación de las chapas de los tableros contra-

chapados

Se han construido 3 prototipos industriales y los sensores utilizados para la medida de las superficies son diferentes para cada aplicación. La información suministrada por los sensores se recoge en un módulo de evaluación de la calidad, que es común para las 3 aplicaciones. Este módulo es inteligente y opera con los principios de una red de fibras y de lógica borrosa.

El trabajo del VTT, dentro de este proyecto, está centrado en la clasificación de las chapas de los tableros contrachapados. Este sistema de clasificación incluye cámaras de análisis de color y la iluminación requerida para cubrir la línea, los equipos de procesamiento rápido de imágenes, un equipo inteligente de clasificación y la correspondiente interconexión con el resto de los equipos de producción. El proyecto durará tres años. La fase final incluye el ensamblaje y la comprobación del prototipo industrial. Estas comprobaciones se realizarán en 1995 una vez que se instale en una fábrica de tableros contrachapados y se pruebe en condiciones reales. El éxito de los trabajos en desarrollo permitirá evaluar la realización de este rodaje.

2.9. MEJORA DE LA CALIDAD EN EL SECADO DE LA MADERA. Coste: 4,2 millones FIM.

El principal objetivo del proyecto es desarrollar programas informáticos para calcular el secado y el estado de tensiones de la madera, que nos permitan simular el secado y las tensiones que se producen durante el mismo. Los modelos de simulación pueden utilizarse en los aserraderos para analizar y desarrollar el esquema del secado. Otro de los objetivos es encontrar el modo mediante el cual se reduzcan a la mitad las fendas que se producen en el secado de piezas gruesas de madera sin que haya que alargar el tiempo del secado.

El proyecto está dirigido por el profesor Alpo Ranta-Maunus del laboratorio de Estructuras de Ingeniería del VTT. Y se está realizando por los laboratorios de Estructuras de Ingeniería y el laboratorio de Productos Forestales del VTT, el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad de Tecnología de Helsinki y la Facultad de Ingeniería e Inspección Civil, la compañía CTS-Consulting y el Departamento de Química de Polímeros de la Universidad de Helsinki.

El LPF participó en la verificación de los modelos de simulación con ensayos de secado además de proporcionar datos para posteriores desarrollos de nuevos modelos. En el Laboratorio se determinan los ensayos de secado (que comprenden 30 ensayos), el promedio del contenido de humedad, el gradiente de humedad y la distribución de tensiones en función del tiempo de secado. Además se miden el flujo de calor en el interior de la madera, el momento flector de la madera durante todo el periodo de secado y el instante en el

que empiezan a producirse las fendas.

La verificación de los modelos de simulación de secado se comprobó en 12 ensayos reales realizados en dos aserraderos distintos.

Los resultados más importantes del proyecto son dos programas para el secado de la madera:

- Con el programa unidimensional (1-D) LAATUKAMARI, solamente se estudia en una dimensión (dirección del grueso de la madera) el transporte de la madera y la distribución de tensiones. Este programa está indicado para que se utilice en los aserraderos.

- El programa bidimensional calcula el transporte de la humedad y la distribución de tensiones en la sección transversal de la madera. El programa 2-D posibilita investigar los efectos de los métodos de aserrado, la anchura de la madera y también la proporción de duramen. Este programa está indicado para trabajos de investigación.

Los ensayos de laboratorio indican que los métodos de medida y los sensores desarrollados por el Dr. Manfred Vanek para controlar o medir el secado de la madera y las tensiones de secado funcionan bien. Utilizando ambos dispositivos es posible medir el resultado de los nuevos modelos mejorados.

La transferencia de calor del aire a la madera se correlaciona bien con el secado de la madera. La magnitud de la fuerza (originada por la merma en lugares y en situaciones diferentes, en la superficie y en el interior de la madera) que intenta deformar la sección transversal de la madera se calcula midiendo de forma continua el momento flector. El instante de propagación o aparición de las fendas y el instante en que cesan se determina por medio de un film con pintura de plata eléctricamente conductivo.

Los ensayos reales se utilizaron para evaluar el promedio del contenido de humedad de la madera, el gradiente de humedad y las fendas que se producen durante el secado. Los resultados obtenidos con el programa LAATUKAMARI indican que el promedio del contenido de humedad simulado se desvía menos de un 1 % del contenido de humedad real de la madera. El lugar de procedencia de la madera también influye en el secado, por lo que las nuevas mejoras para predecir la exactitud del modelo tendrán que tener en cuenta este factor.

El riesgo de que se produzcan fendas en la madera es mayor cuando en el modelo aparecen tensiones relativas superiores al 60 %. La reducción del valor económico de la madera se correlaciona bien con la tensión máxima. La comparación indica que por cada tanto por ciento que las tensiones relativas superen el 53 %, habrá una disminución en valor económico del 1,25 %.

Publicaciones:

- Forsen H, Ranta-Maunus A., Hakala J. & Siimes H., Aparición de fendas en la madera en ensayos industriales de secado. VTT Research Notes (en finlandés, en impresión).

- Ranta-Maunus A., Forsen H., Hanhijärvi A., Hukka A. & Partanen J. Simulación del secado de la madera. Informe final del Proyecto. VTT research Notes (en finlandés, en impresión).

2.10. EL SISTEMA EN CONTINUO PARA EL SECADO DE COMPONENTES HÚMEDOS. Coste: 751.000 FIM (20,8 millones de pesetas).

A continuación y como parte de un estudio preliminar se exponen los siguientes puntos de partida de la investigación:

- Si las piezas de madera se secan exclusivamente a la humedad que van a requerir como producto final, la cantidad de madera a secar se reducirá entre un 20 y un 30 %.
- El ciclo de suministro de productos y el tamaño de los stocks puede reducirse significativamente si se

utiliza el método que se expone.

- El consumo de energía puede reducirse a la mitad.
- El secado de piezas de pequeñas dimensiones es más rápido y más fácil de controlar que el secado tradicional de la madera aserrada.
- Las tablas de madera inmediatamente después del aserrado están derechas, de aquí se deduce que pueden eliminarse pérdidas importantes y problemas operacionales causados por los defectos del secado.
- Las partículas húmedas, en términos de calidad, son mejores que las partículas obtenidas de madera seca.

Se establecen los siguientes objetivos del proyecto:

- La eliminación de los defectos del secado.
- El secado de componentes con una longitud de 1 a 2 metros en 3-4 horas.
- Reducción del consumo de energía a 1/3 de la cantidad actual.
- El diseño de procesos de secado que funcionen en continuo.

La investigación preliminar fue desarrollada con ensayos aleatorios en cámaras de secado de bajo coste. De los ensayos realizados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Muestras de picea (50 x 50 x 595 mm) pueden secarse utilizando temperaturas de 150 °C durante 5-6 horas, desde el estado verde hasta un contenido de humedad del 7 % sin que se produzcan defectos de secado.
- Cuando se utilizan temperaturas de 150-200 °C se producen fendas interiores en los pinos.
- Durante el proyecto se desarrolló la idea del «secado cíclico» que constituía un área importante a desarrollar. Su objetivo era incrementar el transporte de humedad desde el interior a la superficie de las piezas por medio de la variación de las temperaturas.

Los ensayos aleatorios realizados en la investigación preliminar indicaron que los objetivos establecidos no eran posibles. Basándose en ellos se inició un programa de investigación cuya fase 1ª tenía los objetivos que se exponen a continuación :

Fase 1ª.

El diseño y fabricación de un ensayo adecuado de secado, requería una parte significativa de los recursos del proyecto. En los ensayos que se estaban desarrollando solamente se pudo experimentar, debido a la falta de tiempo, con un secado de (190°C), un enfriamiento (79°C) y una velocidad del aire (20 m/s).

De los ensayos desarrollados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las bases teóricas para el secado cíclico diseñado se descubrieron en la bibliografía estudiada y el método funciona en la práctica.
- Los pinos que contienen duramen son difíciles de secar en 4 horas desde el estado verde hasta un contenido de humedad del 10%.
- El nivel de humedad en la parte central (15 x 15 mm) de las piezas (50 x 50 x 1.200 mm) tiende a permanecer muy alto, aunque la media del contenido de humedad sea correcta. De aquí se deduce que es necesario diseñar un acondicionado como parte integrante del proceso.
- El tiempo de secado y la iniciación de las fendas interiores está relacionada con la temperatura del interior de la sección de la pieza a secar. Debido a la duración del secado la temperatura no debería exceder de 120°C ni disminuir por debajo de 105°C.
- Todo el proceso de secado debería controlarse

utilizando los valores límites de las temperaturas internas, estableciendo previamente los ciclos a utilizar. Esta observación obedece a que se han introducido nuevos esquemas de secado y nuevos tiempos de duración del secado.

2.11. NUEVAS SOLUCIONES DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA MADERA.

Coste: 3,5 millones FIM (94,5 millones de pesetas).

El objetivo de este proyecto es desarrollar nuevas soluciones automatizadas para los procesos productivos de la industria de la madera. El estudio incluye el desarrollo de métodos para detectar los defectos de los troncos y de la superficie de la madera, para clasificar el producto en diferentes grados o clases y para optimizar el uso de la materia prima madera.

El proyecto comprende las siguientes etapas:

- 1 - Diseño y desarrollo de células de producción automatizadas.
- 2 - Desarrollo de algoritmos optimizadores.
- 3 - Medida y detección automática de defectos.

En el LPF construirá una célula de producción, su componente esencial será una máquina de control numérico de 5 ejes y un robot móvil sobre raíles. La célula incorporará los procesos de control necesarios.

Se empleará una amplia gama de programas informáticos de simulación para estudiar las posibles soluciones de automatización, particularmente en las industrias de carpintería y del mueble.

El objetivo es conseguir técnicas comerciales para producir componentes con una cara aserrada. Se están desarrollando algoritmos de optimización para optimizar las ventas de los componentes con una cara aserrada, la producción y la compra de materias primas teniendo en cuenta las necesidades del consumidor y la fuente de materia prima. Los algoritmos también se están desarrollando para la clasificación automática de los troncos, los productos aserrados, los productos cepillados y las chapas de madera.

Además se están desarrollando métodos y algoritmos para detectar los defectos en el interior de la madera, en la superficie de la madera y para clasificar en diferentes procesos industriales.

2.12. ELABORACIÓN DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS

PARA LA INDUSTRIA DE ASERRADO.

Coste: 500.000 FIM (13,5 millones de pesetas).

VTT está desarrollando programas informáticos, compatibles con ordenadores personales, adecuados para grandes y pequeños aserraderos; que permitirán planificar y optimizar las ventas, la producción, establecer el método de aserrado, el límite de la clase de troncos y la compra de la materia prima.

El sistema de planificación está combinado con un programa informático que optimiza el tronzado de los fustes apeados, que tiene en cuenta la situación de las ventas. El programa informático busca los fustes más adecuados para su despiece, teniendo en cuenta la situación particular del mercado, con lo que habremos conseguido describir toda la cadena de procesos de la materia prima madera desde el patio de apilado hasta el cliente.

El sistema de planificación comprende:

- un programa de simulación del aserrado
- un programa informático del modelo de aserrado
- un programa informático para optimizar el límite de las clases de los troncos
- un programa informático para optimizar el tronzado de los fustes

El modelo de simulación predice la cantidad de madera aserrada por clases de calidad, la cantidad de astillas y serrín que puede obtenerse a partir de un tronco o de una clase de troncos, de tal forma que el resultado calculado se corresponda lo máximo posible al real. El modelo de simulación presta especial atención a la predicción de la distribución de calidades de la madera aserrada. Esta distribución depende principalmente de la nudosidad de los troncos.

El modelo de aserrado define las relaciones matemáticas entre la compra de troncos, la producción de madera aserrada y las ventas de madera aserrada. Su objetivo es calcular el modo más económico de fabricación para el aserradero, dentro de una planificación específica para un periodo o varios periodos de tiempo. El resultado de los cálculos indica que despieces deberían utilizarse para aserrar, teniendo en cuenta los contratos de ventas, y como aserrar el resto de los troncos para conseguir el máximo beneficio para el aserradero en un periodo de tiempo definido. La producción de madera aserrada disponible para vender se convierte en el objetivo de ventas. El programa informático puede utilizarse para comparar los beneficios o rendimientos de varias peticiones de madera aserrada y poder decidir qué contrato es el más ventajoso.

El programa de optimización de la clasificación de troncos calcula el límite de la clase óptima de troncos, teniendo en cuenta la situación de las ventas. En teoría existe una gran variedad de alternativas para clasificar los troncos, por lo que la determinación del método óptimo de clasificación sería imposible sin la ayuda de un ordenador. En el futuro las clases de los troncos cambiarán muy rápidamente dependiendo de la situación de las ventas. La necesidad de orientarse hacia las necesidades del cliente y de aumentar los rendimientos, requerirán un sistema dinámico de clasificación de troncos.

Los programas para los ordenadores personales disponen de una interfase basada en la técnica de ventanas (windows). El programa informático examina automáticamente los valores de entrada e indica los

errores que tienen.

Existen diferentes sistemas de gestión de material para los aserraderos que se basan en la recopilación de los datos requeridos por el sistema de planificación. Este sistema puede unirse a los sistemas de información y transmitirles los nuevos datos de entrada. Estos datos incluyen las características de los troncos, la situación de compra de los troncos, las ventas, las peticiones de compra, etc.

2.13. PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MADERA.

Coste: 150.000 FIM (4 millones de pesetas).

En la formación industrial cada vez es más habitual la aplicación de sistemas multimedia (dibujos, gráficos y sonido). Además permiten presentar los resultados de investigación de una forma más descriptiva.

El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de formación para la clasificación de los productos derivados de la madera mediante el cual las piezas de madera puedan clasificarse en una pantalla. Otro de los objetivos es diseñar una aplicación gráfica multimedia para visualizar los resultados de un programa de simulación de aserrado.

El proyecto desarrollará:

- el diseño y la fabricación de una extensión al sistema del ordenador del LPF con una cinta de video controlable de tal forma que permita clasificar los productos de madera.
- la programación del sistema, de tal forma que esté sincronizado con el movimiento de las piezas y que sea posible enviar impulsos del ordenador que indiquen la calidad de los productos de madera. El programa incorpora una retroalimentación de la calidad de las operaciones de clasificación realizadas. Y puede utilizarse para la formación de las operaciones de clasificación en cualquier fábrica.
- el diseño y la programación de las salidas gráficas de datos del programa informático de planificación para aserraderos.

2.14. OPTIMIZACIÓN DEL CORTE TRANSVERSAL (RETESTADO) DE LA MADERA.

Coste: 400.000 FIM ((10,8 millones de pesetas).

La fabricación de piezas de madera aserrada a la longitud y con la calidad especificada por los consumidores finales o los clientes requiere optimizar la operación de retestado para maximizar el valor del rendimiento de los procesos de fabricación.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema para el aserradero Tornion Saha que mida la geometría y los defectos de las piezas de madera aserrada y que transfiera estos datos a un computador que calculará el despiece óptimo para una determinada operación de venta. El aserrado se realiza mediante el posicionamiento de las hojas de sierras paralelas y el movimiento transversal de las piezas con el objetivo de conseguir el resultado óptimo.

Las etapas del estudio son las siguientes:

- Desarrollo de técnicas de medición que permitan medir con gran precisión y exactitud los defectos y la calidad de la madera aserrada en situaciones

reales.

- Desarrollo de algoritmos optimizadores que permitan calcular el despiece óptimo de las piezas de madera aserrada en base a las mediciones realizadas.
- Planificación de un sistema de aserrado de aplicación industrial.

Como resultado del proyecto se ha diseñado un sistema de aserrado para el aserradero de Tornion Saha que minimiza las pérdidas del despiece. Los sistemas convencionales de despiece producen aproximadamente un 15 % de desperdicios y con el nuevo sistema las pérdidas se han reducido a un 2-5 %.

2.15. MODELOS DE CONTROL, PARA SERRERÍAS, QUE TIENEN EN CUENTA EL EFECTO DEL TIEMPO.

Coste: 150.000 FIM (4 millones de pesetas).

El LPF ha desarrollado un sistema de planificación del aserrado, que ya se está utilizando en varios aserraderos. Una importante ramificación-derivación del trabajo desarrollado es el programa de tiempos de producción. El programa informático genera instrucciones prácticas para el control de procesos y para la valoración de todas las unidades. El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de control para reducir el tiempo de producción y el nivel de stocks, y producir los productos requeridos en el plazo de tiempo estipulado.

El concepto básico del programa de tiempos se está realizando en un formato de diagrama de bloques. Se está desarrollando el programa informático del modelo y se han adquirido los datos iniciales necesarios.

El trabajo se está enfocando hacia la valoración de la precisión del modelo y se están haciendo las modificaciones pertinentes.

2.16. SISTEMA DE MERCADO INDIVIDUAL PARA LOS PRODUCTOS ASERRADOS.

Coste: 50.000 FIM (1,36 millones de pesetas).

Un mayor control de los procesos de aserrado requiere el marcado de la materia prima madera, los componentes aserrados y las piezas acabadas. De esta forma se asegura que una determinada materia prima se utiliza en un producto determinado y a la vez se consiguen reducir al mínimo los productos que no se necesitan. El objetivo del estudio es establecer los conceptos para el sistema de marcado y analizar los beneficios que se pueden obtener.

Estos conceptos se establecen para toda la gestión del aserradero y para el control de determinados procesos. El marcado se puede hacer individualmente para cada pieza o en bloque para un determinado grupo de piezas.

El sistema de planificación de aserrado del VTT se utiliza para calcular los beneficios potenciales del marcado. Los costes inherentes al marcado se están estudiando paralelamente en otro proyecto del Träteck sueco.

2.17. PIEZAS DE CALIBRACIÓN PARA LAS MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE CLASIFICACIÓN.

Coste: 510.000 FIM (13,8 millones de pesetas).

El objetivo del estudio es diseñar y fabricar tablas artificiales para los operadores de máquinas, los fabricantes y las organizaciones de control de calidad. Estas planchas:

- pueden duplicarse, obteniéndose tablas que tienen las mismas propiedades,
- tienen trazabilidad en sus propiedades y en los cambios de sus propiedades (rigidez) a lo largo de su longitud,
- cuando se instalan en las máquinas de clasificación pueden indicar dos o más cambios de las clases en determinados puntos,
- tienen características controlables en relación con los cambios de temperatura y de humedad,
- pueden ser plegadas para su fácil transporte,
- tienen la resistencia requerida al desgaste y a las tensiones mecánicas,
- son adecuadas para las máquinas de clasificación existentes.

Seis países están trabajando en este estudio. El esfuerzo de Finlandia se concentra, principalmente, en investigar el comportamiento de los prototipos seleccionados de entre las máquinas de clasificación que se fabrican en Finlandia.

Este estudio permitirá la fabricación y la elaboración de las instrucciones de calibración y de las instrucciones de uso del principal participante privado, BCR, que comercializará este producto.

2.18. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE SISTEMAS EN EL ASERRADO.

Coste: 290.000 FIM (7,83 millones de pesetas).

El objetivo del análisis de sistemas es comprender la dinámica de procesos, los diferentes controles de retroalimentación, el flujo de información en los procesos y todos los requisitos (de producción, técnicos) del proceso. El análisis de los problemas del proceso permite describir muchos métodos y diferentes modelos.

En este proyecto la planificación de la producción del aserradero se realiza tomando como principal factor los tiempos. Se analizan: el proceso de aserrado, todos los factores que afectan a la calidad del producto y el control de métodos de la calidad de los productos.

El objetivo del estudio es crear un modelo de ase-

rado que incorpore el efecto de los tiempos y un modelo para el sistema de control de calidad del aserradero.

2.19. FINT - TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN FLEXIBLE PARA LA INDUSTRIA NÓRDICA DE LA MADERA.

Coste: 840.000 FIM (22,7 millones de pesetas).

Este proyecto se inició a través de la unión de los grupos de trabajo del Nordic TRÅ-DATA. Su objetivo es promocionar la utilización de tecnología FMS en las fábricas nórdicas de la industria de la madera y del mueble, y también crear un sistema de demostración para cada país nórdico. Existe un importante campo de acción en el que se pueden introducir estos sistemas.

El número de compañías se ha limitado a tres empresas finlandesas de la industria de la madera y del mueble.

Los objetivos del proyecto son:

- Suministrar información para que la dirección de la compañía pueda tomar decisiones técnicas y económicas.

- Evaluar/examinar la amplitud y el objetivo del proyecto. Esto determinará el alcance del concepto FMS (proceso, máquina, equipo y toda la fábrica).

- Calcular los costes, relacionándolos con los beneficios.

- Preparar un primer plan para la implantación del proyecto.

El objetivo individual de cada compañía es conseguir un incremento significativo de la flexibilidad en un área determinada. Este área se define individualmente teniendo en cuenta los medios de la compañía, sus objetivos y sus necesidades.

La Nordic Industrial Fund y el proyecto FINT tienen un objetivo específico para desarrollar e introducir un sistema FMS operativo en cada país/compañía que participa en este estudio, que tiene una duración de 3 años.

Se espera que las empresas piloto incrementen el interés de inversiones similares en las industrias nórdicas de productos de madera y del mueble; y de esta forma se mejore su competitividad cuando se las compare con las de otros países.

2.20. PERSPECTIVAS DE DESARROLLO EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE PARTICULAS.

Coste: 400.000 FIM (10,8 millones de pesetas).

En este proyecto se están elaborando métodos para mejorar la evaluación de:

- El resultado de las áreas más importantes de la fabricación de tableros de partículas, el astillado (partículas) y el encolado.

- El control de los procesos productivos.

Además, se han desarrollado investigaciones preliminares para mejorar el encolado. Teniendo en cuenta los resultados del proyecto y una entrevista centrada en los problemas que tienen los consumidores de tableros de partículas, se ha diseñado la realización de un proyecto con la industria de tableros de partículas. Su objetivo es mejorar la fabricación y las propiedades de los tableros de partículas mediante el programa tecnológico de la industria mecánica de productos de la madera.

Planificación de actividades:

1 - Desarrollo de las bases para la valoración de la calidad de las partículas y las técnicas de medida para evaluar dicha calidad.

2 - Distribución de la cola sobre las partículas.

Desarrollo de los métodos de ensayo.

3 - La utilización de aditivos en el encolado de las partículas. Desarrollo de los ensayos preliminares de encolado.

4 - La utilización de las espumas de adhesivo en el encolado de las partículas.

Investigación de las espumas de adhesivo y desarrollo de ensayos preliminares de encolado.

5 - Desarrollo de las necesidades en la fabricación de tableros de partículas.

Conversaciones con los fabricantes de tableros de partículas teniendo en cuenta los problemas definidos en las entrevistas.

6 - Nuevas perspectivas en la fabricación de tableros de partículas.

Estudio de las mejoras que aportan los suministradores de equipos.

7 - Examen de las bases para el modelo del proceso de la fabricación de tableros de partículas.

8 - Establecimiento de un plan de investigación encaminado a mejorar la producción y las propiedades de los tableros de partículas.

2.21. MEJORA DE LAS PROPIEDADES DE LAS CHAPAS Y DE LOS TABLEROS CONTRACHAPADOS DE PICEA.

Coste: 695.000 FIM (18,7 millones de pesetas).

Objetivos del estudio.

1 - Investigar los métodos que mejoren las propiedades más importantes de la chapa de picea y de los tableros contrachapados fabricados con ellas (propiedades mecánicas, dureza de la superficie, suavidad, homogeneidad); para que tengan, por lo menos, las

mismas propiedades del tablero contrachapado de abedul. Uno de los objetivos es asegurar que las buenas propiedades de la picea como su ligera y su baja permeabilidad se reduzcan lo menos posible. La investigación también incluye la valoración del rendimiento de varios métodos y el establecimiento de un plan para implantar una investigación más profunda.

2 - Investigar el efecto de los métodos de prensado sobre las propiedades de los tableros contrachapados de picea, y buscar las condiciones de fabricación óptimas relativas a la resistencia y a otras propiedades del tablero contrachapado. Además, se están estimando los costes de producción de los tableros contrachapados comprimidos (prensados).

Actuaciones de la investigación:

1 - Buscar en la bibliografía existente y a través de entrevistas con expertos, la forma en que se resalten las propiedades resistentes, la apariencia y otras características prácticas de las chapas de picea y de los tableros contrachapados fabricados con ellas. Los temas de investigación incluyen los tratamientos físicos, químicos y mecánicos.

2 - Valorar las posibilidades de diferentes métodos, comparando los costes y los beneficios obtenidos.

3 - Futuras investigaciones y necesidades de desarrollo.

Los futuros planes de investigación encaminados a la aplicación de los métodos que tienen posibilidades ya se han definido anteriormente.

4 - Sección experimental: Método de prensado.

a) Experimentos en el laboratorio:

- Determinación del valor óptimo de la presión en relación con las propiedades resistentes y el coste de las materias primas.

- Investigación de los métodos que aportan una presión permanente y que, por ejemplo, comunican mejores propiedades superficiales.

- Estudio de los efectos de la estructura del tablero y del grosor de la chapa sobre los resultados finales.

- Examen de los requisitos para la aplicación de cola y de la cantidad de cola a aplicar.

b) Ensayos en fábrica:

- Selección de 3-5 tipos diferentes de tableros contrachapados para que se fabrican por la industria teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio y, posteriormente evaluar sus propiedades.

c) Evaluación de las propiedades del producto.

- Las aplicaciones más adecuadas para los productos desarrollados, tableros contrachapados, se evalúan teniendo en cuenta la resistencia y otras propiedades de los tableros contrachapados fabricados para este propósito en fábrica.

Aplicación de los resultados de la investigación.

Este es un proyecto de investigación preliminar que debería proporcionar resultados que permitan en el futuro un mayor desarrollo del tablero contrachapado de picea y que permitan que se mejore su competitividad. Si económicamente es viable la fabricación de tableros contrachapados de picea con propiedades análogas a las de los tableros de abedul, se habría conseguido aliviar la escasez de abedul (que actualmente está amenazando a la industria finlandesa de tableros contrachapados y provocando que se reduzcan los volúmenes producidos). Al mismo tiempo, se podrían aprovechar una parte de las grandes existencias de picea.

Los resultados de la sección experimental promocionarán el desarrollo de los métodos de fabricación para los tableros contrachapados prensados (comprimidos). Sus aplicaciones industriales se podrían

determinar dentro de 2-3 años, contados a partir del inicio de la investigación.

2.22. OPTIMIZACIÓN DEL ENCOLADO DE CHAPAS.

Coste: 2,5 millones FIM (67,5 millones de pesetas).

Este estudio es parte del proyecto de investigación sobre la tecnología de tableros derivados de la madera «Tableros contrachapados de coníferas 2.000» y «Adhesivos 2.000». Su objetivo es la formación de las líneas de cola durante el encolado de las chapas de acuerdo con los fines de dicho proyecto. Al mismo tiempo la investigación preparará el terreno para el desarrollo del Know-how del encolado de la madera en el LPF del VTT.

El objetivo de la investigación es conseguir una mayor información sobre:

- Los efectos de las propiedades superficiales de la madera en el encolado de chapas de coníferas.
- La formación de las líneas de cola en el encolado de las chapas de coníferas.
- La acción de la cola de fenol-formaldehído en el encolado de las chapas de coníferas.
- Los requisitos para la fabricación de los tableros contrachapados de coníferas y el campo de acción para la optimización del encolado.

La investigación determinará las propiedades más importantes relativas a la superficie de la madera, la cola y las condiciones de encolado con especial atención a la formación y a las propiedades de la línea de cola, diseñará métodos para determinarlas e investigará las interacciones mutuas entre los factores.

Las etapas de la parte experimental son:

- Selección y/o desarrollo de los métodos utilizados en la investigación.
- Información de las líneas de cola.
- Efecto de las cargas y de los aditivos sobre la calidad de las líneas de cola.
- Influencia de los procesos productivos sobre la encolabilidad de la superficie de madera.
- Pretratamientos de la superficie de la madera.
- Influencia del proceso de encolado y de los equipos de encolado.
- Conclusiones e informe.

Los resultados de este trabajo permitirían controlar la formación de la línea de cola durante el encolado de las chapas, de tal forma que el encolado cumpla los requisitos de calidad y se consiga una disminución del coste en un 20%, comparándolo con los costes actuales.

Con estos resultados se beneficiarían:

- La industria de tableros contrachapados: fabricación de tableros contrachapados de calidad, desarrollo de tableros contrachapados para nuevas aplicaciones y mejora de sus procesos de producción.
- Los fabricantes de adhesivos o colas en lo concerniente al desarrollo de adhesivos o colas para la industria de tableros contrachapados.

2.23. EL MÉTODO DE CÁMARA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EMISIÓN DE FORMALDEHIDO DE LOS TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA.

Coste: 100.000 FIM (2,7 millones de pesetas).

El objeto del proyecto es mejorar la comparación de los diferentes métodos utilizados para analizar el formaldehído y determinar los factores de conver-

sión entre los diferentes métodos. Además, se está preparando una propuesta, el método Nordtest, para determinar el contenido de formaldehído en cámaras de pequeñas dimensiones, que está reforzando la posición de los países nórdicos en las conversaciones sobre los métodos de cámaras de pequeñas dimensiones para la normativa CEN. Los resultados de la investigación se utilizarán cuando se establezcan los valores límites para el contenido de formaldehído determinado en cámara grande.

Las actividades de la investigación son:

- El contenido de formaldehído de los tableros de partículas y de los tableros contrachapados encolados con diferentes adhesivos, con los siguientes métodos:
 - * método del perforador
 - * método de cámara: dimensiones de las cámaras: VTT (cámaras de 0,12, 1 y 16 m³) y SP (17 m³).
- Determinación de las interrelaciones entre los métodos y los factores de conversión, cuando sean aplicables.
- Con los resultados obtenidos se propondrá el método Nordtest para determinar el contenido de formaldehído utilizando cámaras pequeñas.

Las determinaciones se están realizando en el LPF del VTT y en Stantens Provningsanstalt. El LPF es responsable de la coordinación de la investigación.

2.24. ESTUDIO DE LOS ACABADOS SUPERFICIALES DE LA MADERA.

Coste: 3,3 millones de FIM (89,1 millones de pesetas)

El objetivo del proyecto era estimar y comprender la duración y las prestaciones de los tableros pintados en aplicaciones de recubrimiento en exteriores.

Los trabajos de investigación se han centrado en los siguientes factores significativos, relativos a la duración y a las prestaciones:

- Adhesión entre la pintura y el sustrato.
- Permeabilidad.
- Contenido de humedad de la madera pintada.
- Extensibilidad del film de pintura.
- Repintado.
- Imprimación.

Se ha estudiado la repelencia al agua de las maderas a las que se las había dado una imprimación utilizando medidas angulares de contacto. Las mejores propiedades de repelencia al agua se han conseguido con tratamientos sin pigmentos con resinas a base de aceite de linaza y con contenido de sólidos superiores a 10%.

Los productos protectores de la madera no pigmentados, las imprimaciones, no protegen la superficie de la madera frente a la acción del sol, pero pueden conseguir retardar la degradación superficial gracias a sus propiedades hidrófugas.

Un retraso en pintar la madera disminuye la adhesión de la pintura a la madera, especialmente si se utilizan pinturas en emulsión. Los tratamientos sin pigmentos no evitan esta disminución. Pero se observó que si se utilizaban imprimaciones pigmentadas, durante ese retraso no se producían disminuciones en la adhesión.

El contenido de humedad del sustrato también afecta a la adhesión de las pinturas en emulsión. Las adhesiones más débiles se producen cuando el sustrato de madera está más húmedo (contenidos de humedad próximos al 18%) que cuando está seco (contenidos de humedad próximos al 13%). El contenido de humedad no influye en la adhesión de pinturas con solventes acuosos.

Existe una gran relación entre el tipo de pintura con el contenido de humedad del sustrato de madera. Las pinturas acuosas y las pinturas en emulsiones acrílicas comunican una mejor protección contra el agua, que las no acrílicas o las acrílicas reforzadas con pinturas en emulsión alquídica. El contenido de humedad de la madera tratada con las primeras era un 6-7% más bajo que el correspondiente a las mencionadas en segundo lugar.

Publicaciones:

- Ahola P. Una revisión del fenómeno del envejecimiento de la pintura mediante el análisis por espectrofotometría con la serie de Fourier transformada. Notas de Investigación del VTT n° 1.204. 1.991 (en finlandés).
- Ahola P. El transporte de humedad en maderas con acabados superficiales. Congreso SLF. Estocolmo (13.15.05.91) (en inglés).

Ahola P. El contenido de humedad de la madera pintada. Seminario sobre la importancia de los tratamientos de imprimación de la madera. 23.05.91. (en finlandés).

Ahola P. La durabilidad de la madera pintada utilizada en revestimientos exteriores. Predicción de la vida de servicio del mantenimiento de los edificios. Tsukuba 12.16.10.92. Tsukuba 1.992. BRI. VTT. p. 1-7. (en inglés).

Ahola P. & Kiskeh K. El contenido de humedad de los tableros pintados. Färg och Lack Scandinavia 1.992:3. p. 49-52. (en inglés).

Paajanen L. El efecto de las condiciones atmosféricas sobre la madera a las que se ha dado una imprimación. Seminario sobre la importancia de la imprimación de la madera. 23.05.91. (en finlandés).

Juomi-Lindberg L. Repelencia del agua de las imprimaciones. Seminario sobre la importancia de la imprimación de la madera. 23.05.91. (en finlandés).

Juomi-Lindberg L., Ahola P. y Paajanen L. Repelencia al agua de imprimaciones no pigmentadas. Färg och lack Skandinavien 37, 1991, p.241-144 (en inglés).

Viikonen H. Daños por pudrición en los revestimientos exteriores de madera. Rakennuslehti n° 7. 1991. (en finlandés).

Viikonen H. Daños por pudrición en los revestimientos exteriores de madera. Seminario sobre la importancia de la imprimación de la madera. 23.05.91 (en finlandés).

2.25. MEJORA DE LA EFICACIA Y DE LAS CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES DE LA PROTECCIÓN DE LA MADERA.

Coste: 536.000 FIM (14,5 millones de pesetas).

El objetivo del estudio es evaluar las nuevas alternativas que sean menos tóxicas que las sales de CCA y que otros protectores de la madera actualmente utilizados. El estudio profundiza sobre las clases de riesgo, para la utilización de estructuras de madera, que se introducirá en Europa. La información recogida

comprende una base de datos que puede utilizarse para desarrollar nuevos protectores de la madera que sean más seguros.

Este estudio está integrado dentro de un programa europeo Forest.

El LPF ha adquirido el hardware y el software para crear la base de datos. Una aplicación inicial de los programas informáticos ha sido diseñada utilizando por Paradox.

El programa Forest lleva un retraso sobre la planificación prevista.

2.26. LA PROTECCIÓN CONTRA LA PUDRICIÓN UTILIZANDO EXTRACTOS NATURALES.

Coste: 3,1 millones FIM (83,7 millones de pesetas).

El objetivo principal de este proyecto es estudiar los mecanismos de la pudrición parda y estudiar los efectos de los inhibidores naturales, utilizados como protectores de la madera, contra la pudrición.

El proyecto se ha realizado en colaboración con el Laboratorio de Biotécnica del VTT.

Se estudió la influencia de las fuentes de carbono en la producción de peróxido de hidrógeno extracelular por medio de diferentes cultivos. La producción de peróxidos de hidrógeno se estimulaba intensamente utilizando celulosa cristalina que actuaba como fuente de carbono.

Se estudiaron los tipos de enzimas hidrolíticas producidas por los hongos de pudrición parda y se identificó la producción de las diferentes enzimas en función del tiempo. Las actividades más importantes fueron las correspondientes a la xylanosa y a la endoglucanosa. La actividad total de celulosa obtenida es baja e indica que la pudrición parda no descompone enzimáticamente la celulosa cristalina. La degradación de la celulosa cristalina se origina por otros mecanismos que incluyen la producción de peróxido de hidrógeno y reacciones de oxidación-reducción.

La xylanosa, que es una encima de la hemicelulosa, se purificó por métodos cromáticos y por métodos de intercambio de aniones DEAE-Sepharose. Se determinó el punto isoeléctrico y el peso molecular de la enzima.

En el estudio de la forma en que se producía la oxidación, se encontró que la pudrición parda era capaz de producir sistemas de enzimas oxidosas, que están relacionadas con la producción de H₂O₂.

Se estudió la eficacia de los extractos de maderas finlandesas por medio de los ensayos de pudrición. La efectividad depende del hongo utilizado durante el ensayo. Bajo las condiciones de esos ensayos los terpenos volátiles no dieron los resultados esperados, aunque esos componentes son conocidos por su efectividad en esas condiciones de ensayo.

Publicaciones:

- Ritschkoff A-C., Buchert J. & Viikari L. (1991). Identificación de las enzimas degradadoras de carbohidratos por medio de una extracción cruda del hongo de pudrición parda *Gloeophyllum trabeum*. IFG/WP/1483 (en inglés).

- Ritschkoff A-C., Buchert J. & Viikari L. (1991). La producción de peróxido de hidrógeno extracelular por los hongos de pudrición parda. Material u. Organismen 26: 157-167 (en inglés).

- Ritschkoff A-C., Buchert J. & Viikari L. (1992). Identificación de las enzimas degradadoras de

carbohidratos del hongo de pudrición parda *Gloeophyllum trabeum*. Material u. Organismen 27: 19.29 (en inglés).

- Ritschkoff A-C., Pere J., Buchert J. & Viikari L. (1992) El papel de la oxidación de la madera degradada por los hongos de pudrición parda IRG/WP/1562 (en inglés).

- Ritschkoff A-C., Pere J., Buchert J. & Viikari L. (1992). El papel del peróxido de hidrógeno en la degradación de la madera por los hongos de pudrición parda. Second European Workshop on Lignocelluloses and Pulp (EWLP92). Oxidation of Lignocellulose Materials. Grenoble. 2.4.09.92. (en inglés).

- Ritschkoff A-C., Buchert J. & Viikari L. Purificación y caracterización de la xylanosa termofílica del hongo de pudrición parda *Gloeophyllum trabeum*. (Enviado a Applied Microbiology and Biotechnology) (en inglés).

2.27. REPARACIÓN DEL DAÑO EN SUELOS DE MADERA INSTALADOS SOBRE LOSAS DE HORMIGÓN.

Coste: 620.000 FIM (16,74 millones de pesetas).

El objetivo de la investigación es estudiar el aumento de humedad y los problemas de pudrición en los suelos de madera instalados sobre soleras de hormigón sin aislamiento, en los cimientos de los edificios; y diseñar métodos para su posible reparación.

En 1991 se envió un corto cuestionario a las autoridades municipales de la edificación, 23 a la Finlandia meridional y 26 a la Finlandia austral. Los municipios más preocupados tenían poblaciones comprendidas entre 1.500 y 28.500 habitantes. El porcentaje de casas de madera en el sur de Finlandia se sitúa entre el 65 y el 84 % dependiendo de la población, y en el norte de Finlandia entre el 90 y el 95 %.

Existía una variación significativa en el número de suelos de madera instalados sobre soleras de hormigón sin aislamiento entre los diferentes municipios:

	casas de madera con suelos de madera instalados sobre soleras de hormigón sin aislamiento.	casas con daños
	(%)	
Sur de Finlandia	5 - 60 (promedio 29)	38 ¹
Norte de Finlandia	5 - 70 (promedio 35)	89 ²

Total

127¹

1) De acuerdo con el cuestionario de 1.991 (estimado).
2) el 73-86 % de los daños se originó por fugas.

Entre 1.989 y 1.991 el VTT recibió información de un total de 420 casos con daños o muestras con daños biológicos en casas de madera. Los daños se producían en el 43-54 % en los suelos.

El origen de los daños se debía a fugas de tuberías, humedades del suelo, humedades durante la construcción, reparaciones deficientes y defectos estructurales. Los problemas asociados con la humedad iban acompañados con problemas de olores, mohos y pudriciones.

Actualmente se han tomado medidas indicativas en 3 edificios.

Durante 1993 se establecieron los criterios para reparar los suelos.

2.28. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LOS MOHOS Y DE LA PUDRICIÓN EN LAS CONSTRUCCIONES DE MADERA.

Coste: 1,7 millones de FIM (45,9 millones de pesetas).

El objetivo del estudio es crear un modelo de los factores que influyen en el desarrollo de los mohos y de la pudrición en las construcciones de madera.

El estudio se concentra en el pino finlandés y en la madera de picea, y se realizan ensayos de exposición, principalmente, con piezas pequeñas. Con los resultados obtenidos se definirán las condiciones de humedad y de temperatura a las que se originan los mohos y las pudriciones, refiriéndolas al tiempo en que tardan en producirse.

La humedad relativa y la temperatura del aire además de afectar a las propiedades de la madera también afectan a la formación de los mohos. Bajo condiciones constantes, el crecimiento de los mohos sobre la superficie de la madera puede producirse cuando la humedad relativa del aire es superior al 80-90%, dependiendo de la temperatura y de la duración de la exposición.

Cuando las condiciones cambian, la intensidad de la formación de los mohos depende de las condiciones ambientales, duración y repetición de los períodos favorables para que se produzca su desarrollo. El crecimiento de los mohos sobre la madera se produce lentamente y el grado de pudrición es menor cuando varían las condiciones de humedad que cuando las condiciones permanecen constantes.

Además de las condiciones ambientales la susceptibilidad de la madera a los mohos está muy afectada por las propiedades de la superficie de la madera. La superficie amarillenta producida en el secado es más susceptible de tener mohos que las superficies más claras situadas debajo de los rastreles o las superficies que se han aserrado en último lugar. La humedad relativa del aire tiene una gran influencia sobre las condiciones de la humedad de la superficie de la madera y por consiguiente sobre el crecimiento de los mohos en la superficie.

El agua que se almacena no tiene una influencia

decisiva sobre la susceptibilidad de la madera a dañarse si esta está en condiciones normales. Las maderas permeables absorben más cantidad de agua cuando están en contacto directo con el agua que origina un incremento de su contenido de humedad.

Para que se desarrolle el daño por pudrición, la humedad relativa del aire debe exceder del 95% (contenido de humedad de la madera superior al 25/30 %) durante varias semanas junto con unas temperaturas favorables para el crecimiento de los hongos (0 + 50°C). La temperatura tiene una influencia muy importante en el progreso de la pudrición, a 20°C la pudrición se desarrolla mucho más rápidamente que a 5°C.

Para evitar los mohos y los daños originados por la pudrición hay que tener en cuenta la humedad y la temperatura del ambiente, conjuntamente con las propiedades de la madera. Las medidas arquitectónicas para evitar la aparición de mohos no siempre funcionan bien en la práctica y de ahí la necesidad de tener que mejorar las propiedades de la madera.

La resistencia a los mohos y a la pudrición puede mejorarse modificando las propiedades de la madera (modificación de la madera).

2.29. PROYECTO PARA EL DESARROLLO DE PLACAS CLAVO PARA CERCHAS.

Coste: 900.000 FIM (24,3 millones de pesetas)

El objeto del proyecto es examinar los factores que afectan al diseño, fabricación, calidad y utilización de las placas clavo para cerchas. Los fines del proyecto pueden resumirse de la siguiente forma:

- 1 - Revisión de las especificaciones para la fabricación de las placas clavo para cerchas.
- 2 - Ampliación del campo de aplicación de las placas clavo.
- 3 - Mejora del nivel de conocimientos relativo a las placas clavo.
- 4 - Mejora de la calidad y del control de calidad de las placas clavo para cerchas.
- 5 - Reparación y refuerzo de las instrucciones de las placas clavo para cerchas.
- 6 - Desarrollo de los sistemas externos de aseguramiento de la calidad.

La investigación se está realizando en el LPF y constituye una parte de un programa de investigación más amplio dirigido por el profesor Pekka Kanerva de la Facultad de Ingeniería e Inspección Civil de la Universidad de Tecnología de Helsinki. La investigación se está desarrollando conjuntamente con fabricantes y diseñadores de las placas clavo para cerchas.

En la Universidad de Tecnología de Helsinki se están investigando los efectos del contenido de humedad de la madera sobre las uniones con placas clavo. Se calcularán y se publicarán los coeficientes de reducción de las uniones para que puedan utilizarlos los diseñadores y los fabricantes de placas clavo para cerchas.

Se han examinado la necesidad de proteger las placas clavo para cerchas frente a la humedad a través de un extenso programa de ensayos. Las instrucciones de fabricación se han revisado y se han hecho efectivos en Febrero de 1992.

Se han analizado los resultados de los ensayos mecánicos carga para asegurar la calidad de las placas clavo para cerchas. La propuesta se ha realizado teniendo en cuenta los resultados de este análisis, de tal forma que los actuales ensayos mecánicos se pueden reemplazar por una inspección de los diseños de las placas clavo para cerchas.

Se ha elaborado un manual para ayudar a desarrollar los sistemas de aseguramiento de la calidad. Dicho manual contiene las instrucciones para la aplicación de las normas del sistema de calidad ISO 9000 en las placas clavo para cerchas.

Se ha preparado una serie de instrucciones, en tres niveles diferentes, para promocionar la utilización de las placas clavo para cerchas:

- 1 - La carta RT para arquitectos, que presenta detalladamente el campo de aplicación para la adaptación de las placas clavo para cerchas.
- 2 - Una serie de instrucciones más completas enfo-

cadadas principalmente hacia los diseñadores de estructuras, con referencias particulares a la rigidización de toda la estructura del tejado.

3 - Un folleto que sirve como guía de manipulación y de instalación en la misma edificación.

2.30. MÉTODOS DE CÁLCULO AVANZADO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO.

Coste: 140.000 FIM (3,78 millones de pesetas).

Este proyecto se integra dentro de un proyecto estratégico que está realizando la División de Tecnología de la Construcción y de Desarrollo de la Comunidad del VTT. Participan en este proyecto el Laboratorio Tecnológico del Fuego del VTT, el Laboratorio de Ingeniería de Estructuras, el Laboratorio de Calefacción y Ventilación y el LPF.

El objetivo del proyecto es mejorar el nivel de los conocimientos relativos a los métodos de cálculo para medir la resistencia al fuego. Este proyecto espera obtener resultados que tendrá un gran valor a nivel internacional y conseguir nuevas peticiones y proyectos del extranjero.

En la primera parte del proyecto se determinarán las propiedades requeridas por el material para los distintos métodos de cálculo. Se recopilarán y se publicarán de una forma ordenada las propiedades significativas de los materiales de madera y de los productos derivados de la madera.

La segunda parte del proyecto examinará la aplicabilidad y la exactitud de los distintos programas de cálculo de la resistencia de las estructuras frente al fuego. A modo de ejemplo se analizará un pórtico plano de acero con un modelo estático, que cambia en función del tiempo.

En la parte final del proyecto, se analizará el comportamiento total de un edificio teniendo en cuenta su resistencia frente al fuego. Una parte esencial de este trabajo incluye la evaluación de un fuego que puede considerarse localizado en un edificio.

En este proyecto se elaborará un manual para el usuario, y se ampliarán los servicios de cálculo del VTT relativos a la resistencia de las estructuras frente al fuego.

2.31. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE FORMALDEHIDO DE LOS MUEBLES.

Coste: 231.000 DKK.

En relación con la determinación de la emisión de formaldehido de diferentes materiales, las actuales normas del CEN se concentran ampliamente en los tableros derivados de la madera. El método es adecuado para todos los tipos de tableros derivados de la madera, aunque no para los productos acabados como los muebles.

Como no se requiere el cálculo de los valores de formaldehido para otros productos (como por ejemplo los adhesivos) y los componentes de los tratamientos superficiales) es difícil estimar la emisión de los productos finales a partir de la información de los materiales utilizados en su fabricación.

El objetivo de la investigación es:

- Recopilar los métodos utilizados en los países nórdicos y los requisitos de los valores límites establecidos para las emisiones de formaldehido.
- Promocionar la armonización de los requisitos establecidos para las emisiones de formaldehido en los países nórdicos y
- Armonizar los objetivos de los países nórdicos y las actividades de los grupos de trabajo para la realización de los trabajos de normalización del CEN.

En el LPF se está utilizando una cámara de 16 m3 conforme a la propuesta del CEN. Esta cámara es adecuada para investigar la emisión de los muebles y de los materiales empleados en la fabricación de los

muebles.

En la cámara se pueden ensayar muebles y otros accesorios.

Subproyectos:

- Recopilación de información de las legislaciones, métodos, requisitos..., en los países nórdicos.
- Seleccionar y adquirir productos para ensayar.
- Determinar la emisión de formaldehido de productos individuales destinados a soportar condiciones de cargas.
- Desarrollar un modelo para muebles.
- Determinar el contenido de formaldehido del aire para el modelo relativo a los muebles.
- Recopilar un resumen de los materiales a partir de los datos de la literatura y de fuentes experimentales.
- Realizar una propuesta a partir de las conclusiones para un código de práctica en los países nórdicos.

2.32. EFECTO DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA MADERA EN EL MEDIO AMBIENTE.

Para reforzar la competitividad y la cuota de mercado de las industrias de productos de la madera de los países nórdicos es necesario investigar las cuestiones energéticas y las relativas al medio ambiente de los productos de madera a lo largo de su ciclo de vida: bosque-proceso industrial-aplicaciones-reciclado/eliminación.

Esta investigación se ha dividido en varios subproyectos, el primero de los cuales es este estudio. Los resultados de la investigación suministrarán la planificación de los subproyectos que integrarán el proyecto global.

En este estudio se recopilarán todos los datos de los países nórdicos. Y se realizará con la colaboración de los institutos de investigación de los países nórdicos que trabajan en el campo de los productos forestales (Trätek, NTT, DTT, VTT).

Todos los investigadores que trabajan en el proyecto tienen experiencia en cuestiones medio ambientales asociadas a las industrias de productos de madera.

2.33. DIMENSIONAMIENTO EXPERIMENTAL DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA.

Coste: 150.000 FIM (4 millones de pesetas)

Esta investigación es un proyecto conjunto de los países nórdicos en la participan el Statens Provinganstalt de Suecia, el Norsk Treteknisk de Noruega y el LPF de Finlandia.

El objetivo del proyecto es formular una propuesta para un método Nordtest enfocado al dimensionamiento experimental de las estructuras de madera. Otro de los objetivos es que los diferentes institutos demuestren su adecuación para convertirse en colaboradores potenciales de la EOTA, la Organización Europea para Aprobaciones Técnicas.

Este dimensionamiento experimental tendrá interés cuando:

- no existan métodos de cálculo teóricos,
- los métodos de cálculo existentes sean inadecuados,
- las propiedades del material no sean conocidas.

Las etapas de la investigación serán:

- Revisión y comparación de los métodos actuales para la madera y para otros materiales.
- Contactos con las autoridades encargadas de autorizarlas.
- Evaluarán de diferentes métodos estadísticos.
- Establecimiento o definición de una propuesta para un método Nordtest.