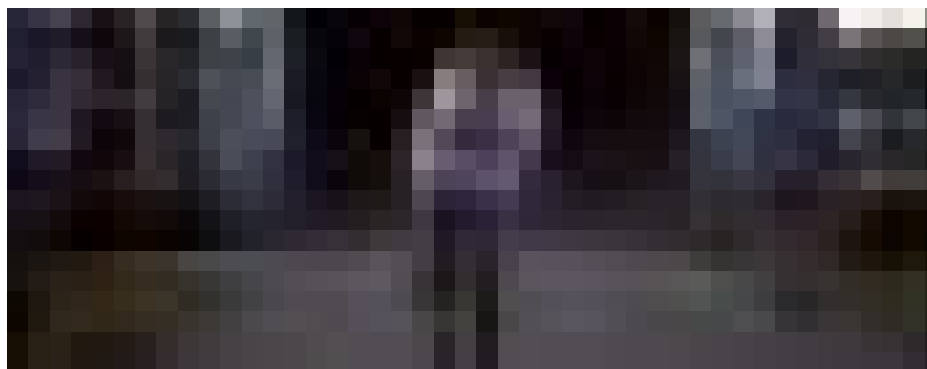


# Puentes de madera

## en los países nórdicos

(EXTRACTADO DE LA COMUNICACIÓN "NORDIC TIMBER BRIDGE PROGRAM - AN OVERVIEW. ERIK" AASHEIM, INSTITUTO NORUEGO DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA. WEI CONGRESS, OSLO, AGOSTO 1997.

El Nordic Timber Bridge Program es una acción de cooperación de Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia integrada por la industria de la madera, Administración en el ámbito de la construcción de puentes de carretera e Instituciones de investigación. El objetivo principal del programa es el incremento de la competitividad de los puentes de madera frente a otros materiales como el acero y el hormigón. El programa comenzó en junio de 1994 y terminó en septiembre de 1996.



### Antecedentes

En los países nórdicos los puentes de madera han sido ampliamente utilizados, aunque en las últimas décadas principalmente para tráfico ligero, como peatones y ciclistas. Sin embargo los últimos desarrollos para autopistas en otros países como los Estados Unidos de América del Norte, Canadá, Australia, Alemania y Suiza han demostrado que

son también competitivos en el tráfico pesado.

### Actividades del programa

Las acciones principales de este programa son las siguientes:

- Mercado de los puentes de madera en los países Nórdicos y otros países Europeos.
- Competitividad de los puentes de madera.
- Desarrollo de las regla-

mentaciones de cálculo, con especial énfasis en el Eurocódigo 5.

- Desarrollo de nuevas soluciones técnicas utilizando las nuevas posibilidades que ofrecen las técnicas modernas de fabricación.

- Estudio y desarrollo de métodos de protección, incluyendo rutinas para la inspección y el mantenimiento.

- Presentar a la madera como un material competitivo para la construcción de puentes ante los usuarios, proyectistas y fabricantes a través de la información basada en los resultados de este programa.

El programa se desarrolla a través de un grupo que reunía dos representantes de cada país Nór-

Pasarela en Jyväskylä (Finlandia)

### Estudio de mercado

Se realizó una encuesta dirigida a las autoridades de carreteras a nivel regional, municipal y de condados forestales así como las de líneas de ferrocarril. Los resultados mostraron que las estimaciones del número de puentes de madera que serán construidos anualmente en los años siguientes es de cerca de 200 puentes de autopista y 100 peatonales en el conjunto de los países Nórdicos.

Las razones aducidas para no apoyar la construcción de puentes en madera eran las siguientes:

El escepticismo sobre la durabilidad de los puentes de madera. La falta de soluciones normalizadas.

Poca experiencia con la madera como material estructural. El precio de la estructura acabada. Falta de oferta de los fabricantes.

Como conclusión se planteó un plan estratégico para lograr un cambio de la actitud general hacia las estructuras de madera a través de información objetiva y clara.

### Competitividad de los puentes de madera

El costo de la construcción y el mantenimiento, junto con la esperanza de vida de los puentes son factores vitales en relación a la competencia frente a los de acero y hormigón. En este proyecto se analizan y discuten estos aspectos, estableciéndose comparaciones que demuestran que

la madera es un material a tener en cuenta. Además se incluye el factor estético como baza favorable a la madera.

### **Cálculo y proyecto**

En este informe se presentan las reglas de cálculo aplicables al proyecto de puentes de madera, incluyendo el planteamiento de los Eurocódigos. Se aclaran los valores de las cargas a utilizar y se recogen otros aspectos como el tratamiento químico, las uniones y las vibraciones.

### **Puentes mixtos de madera-hormigón**

La utilización del hormigón y la madera como estructura mixta no es una idea nueva. El tema ha sido estudiado desde 1930, pero las realizaciones en la construcción de puentes son reducidas. Prácticamente casi todas las aplicaciones recientes han sido desarrolladas para edificación en lugar de puentes.

El planteamiento consiste en utilizar un conjunto de vigas de madera con una capa superior de hormigón que forma el tablero. Los dos materiales son obligados a trabajar conjuntamente mediante unas conexiones que impiden total o parcialmente el deslizamiento entre ambos materiales. En el proyecto se desarrollan nuevos sistemas de conexión a cortante.

### **Puentes en arco**

El arco es una de los elementos estructurales de

mayor interés de los que se utilizan en el diseño de puentes. En el proyecto se clarifican los aspectos de cálculo que intervienen y se incluyen recomendaciones prácticas sobre las soluciones estructurales. Los arcos tipo estudiados salvan luces de 30, 50 y 70 m para puentes de carretera y emplean secciones en cajón formados por dos arcos de madera laminada con forma circular.

### **Tableros de madera laminada postensada**

El sistema se basa en utilizar un tablero formado por piezas de madera colocadas de canto que se mantienen unidas por la presión ejercida lateralmente con tensores de acero que atraviesan el tablero. La mayoría de los tableros así contruidos en los países Nórdicos salvan pequeñas luces del orden de los 10 m.

### **Puentes de celosía**

En este proyecto se estudian tres tipos de celosías: viga de cordones paralelos, viga de cordón inferior horizontal y superior en arco y celosías con cordones en arco para luces importantes. Las soluciones estudiadas han sido diseñadas para luces de 40, 60 y 100 metros, respectivamente.

### **Uniones en puentes de madera**

El objetivo principal de este proyecto es el estudio de la fatiga en las uniones utilizadas en la

construcción de puentes de madera. Debido al enorme consumo de tiempo de este tipo de ensayos el análisis se ha limitado a un sólo tipo de unión. Ésta, consiste en placas de acero de 8 mm de espesor cosidas por pasadores de acero de 12 mm de diámetro. Las conclusiones preliminares muestran una resistencia a la fatiga ligeramente superior a la deducida por el método indicado en el Eurocódigo 5.

### **Detalles constructivos en puentes de madera**

Principalmente se estudiaron las soluciones constructivas de barandillas y apoyos. El resultado del proyecto se resume en un informe basado en una revisión bibliográfica, recopilación de experiencias y ensayos.

El sistema constructivo de las barandillas tiene una importancia decisiva en el resultado estético del puente. Además, este elemento constructivo está expuesto al viento y a las inclemencias del tiempo. Los apoyos de los puentes de madera son muy distintos si se trata de pequeños vanos o de puentes de autopista. En el proyecto se presentan diversas soluciones para barandas y apoyos.

### **Pilas para puentes de madera**

En principio la cimentación de un puente podría ser independiente del material con el que se construye. La única dife-

*Probeta para ensayo de conexión madera-hormigón*

rencia que aparece al utilizar madera es que el peso propio es inferior al de un puente construido con hormigón. En el proyecto se tratan estas cuestiones y, además, se propone un sistema de pilas prefabricadas de hormigón.

### **Superficie de rodadura**

La superficie de rodadura más tradicional en un puente de madera es un entablado. En la actualidad se emplea con frecuencia una capa de asfalto o de hormigón. Los tableros constituidos por un laminado postensado son muy estables y pueden utilizarse las mismas capas de rodadura que en los puentes de acero u hormigón. Es muy importante la adecuada elección de la membrana que se dispone entre el tablero de madera y el asfalto. El proyecto pretende demostrar que es posible construir superficies de rodadura de calidad y costo reducido. Incluye resultados de ensayos de abrasión y resistencia al cortante.

## **Métodos de protección**

*El informe que resume este proyecto constituye una guía sobre el tratamiento de conservación de la madera Nórdica como material para la construcción de puentes. Los temas tratados son: durabilidad, protección por diseño, protección química, tratamiento superficial y planes de inspección y mantenimiento.*

## **Observaciones finales**

*Este proyecto comenzó en junio de 1994 y su terminación estaba prevista en septiembre de 1996. A partir de entonces se iniciaba un nuevo programa con el objetivo de profundizar en alguno de los temas analizados inicialmente. Entre los temas importantes para el futuro se encuentran las propiedades de la madera y de las uniones frente a la fatiga. Es crucial el desarrollo y la promoción de material de ayuda al diseño y la formación de los proyectistas de puentes. Y por encima de todo, la durabilidad de la madera y de los puentes de madera, sigue siendo el problema de mayor importancia, como se ha mencionado anteriormente*

PERSONAS DE CONTACTO:

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS DEL NORDIC TIMBER BRIDGE PROGRAM, DIRIJASE A UNO DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO DE REDACCIÓN DEL PROGRAMA:

MARTIN GUSTAFSSON, FAX: +46 910 652 65

KELD HENRIKSEN, FAX: +45 43 50 40 24

AARNE JUTILA, FAX: +358 0 451 3826

ERIK AASHEIM, FAX: +47 22 60 42 91