



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

DISTRIBUCION RESERVADA

DP/ID/SER.A/671
24 enero 1986
ESPAÑOL

15353

DESARROLLO DE PUENTES MODULARES DE MADERA

SI/CHI/84/803

CHILE

Informe de Avance y Recomendaciones

Preparado para el Gobierno de Chile
por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
organismo de ejecución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en el trabajo del Ingeniero José Carlos Cano,
Consultor de Ingeniería de Maderas

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Viena

* El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

C O N T E N I D O

	Página
1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Descripción General de la Situación del Proyecto	3
3.1 General	3
3.2 Area de Factibilidad de Sitios y Diseño de Estribos	3
3.3 Consideraciones de Diseño	6
3.3.1 Madera para el primer puente	6
3.3.2 Placas Metálicas	8
3.4 Area de Fabricación	9
4. Diseño	10
4.1 Caras de puentes en Chile y su distribución	10
4.2 Resistencia del puente	11
4.3 Sismos	12
4.4 Normas de Calidad de la Madera	13
5. Avance del Proyecto	14
5.1 General	14
5.2 Cuadro de Avance	15
5.3 Cronograma de Actividades	16
6.0 Marcos de Ensayo	18
ANEXOS	
A.1 Introducción	19
B.1 Introducción	24
B.2 Puentes Modulares	25
B.3 Vigas y Columnas	25
B.4 Paneles constructivos	26
B.5 Trjferales y Cerchas	27
B.6 Ensayos de Larga duración	28
B.7 Ensayos de Probetas	29
B.7.1 Propiedades Físico-mecánicas	29
B.7.2 Uniones estructurales	30
B.8 Espacio físico para laboratorio	31
C Relación del equipo mínimo para montaje	32
D Revisión Proyecto No. 2	34
E Requisitos para obtener aprobación	35

1.0. Introducción

De acuerdo con las varias misiones técnicas realizadas tanto de parte ONUDI a Chile como de técnicos chilenos al Proyecto de Puentes en Honduras y posteriormente a TRADA, Inglaterra, se formuló un proyecto de asistencia técnica en el área de agroindustria de la rama industrial de la ONUDI a fin de transferir la tecnología de Puentes Modulares de Madera para Chile. Adaptar el sistema de las condiciones chilenas de regulación de carga, de comportamiento frente a solicitaciones y determinación del uso de maderas chilenas para los puentes.

A tal efecto una primera misión tuvo lugar del 8 al 21 de Marzo de 1985 en la que se dieron lineamientos generales y especificaciones técnicas para iniciar el proyecto. Una segunda misión ha sido efectuada entre el 1° y el 10 de Octubre de 1985 con el fin de hacer seguimiento y asesorar en la toma de decisiones de la marcha del proyecto.

Se ha evaluado el avance, asesorado en el diseño, construcción y bases para la adecuación total del programa y se han dejado recomendaciones para las actividades futuras.

Cabe hacer notar que existe un gran interés en respaldar y promocionar el uso de madera, sobre todo de Pino Insigne, en la construcción por lo que el autor ha realizado labores de intercambio de experiencias en investigación, diseño y construcción de estructuras de maderas propias y provenientes de otros lugares.

2. OBJETIVOS DE LA MISION

El objetivo principal de esta misión es el de hacer un seguimiento del programa y asesorar sobre las dificultades surgidas en el desarrollo del mismo. Así también preparar las acciones pertinentes previas al lanzamiento del primer puente.

Como es natural en un ambiente universitario y en áreas de promoción para el desarrollo del sector, surgieron otras inquietudes que son expuestas más adelante y que cubrieron áreas de presentación de ejemplos de construcción con madera en otros países, intercambio de opiniones sobre planeamiento, necesidades, implementación y prioridades en la promoción de la madera para incrementar su uso, etc.

3.0. DESCRIPCION GENERAL DE LA SITUACION DEL PROYECTO

3.1. General

En términos generales el proyecto ha avanzado en ciertas áreas, pero se ha detenido en dos de ellas, fundamentalmente debido a dudas sobre el diseño y el comportamiento del puente, así como dudas sobre los valores de resistencia de las maderas chilenas. El área de diseño y el área de construcción.

Es indiscutible la necesidad de reforzar esta área dentro del excelente grupo humano de trabajo del Centro.

El autor ha recorrido paso a paso toda la mecánica del diseño y ha ido despejando todas las dudas ocurridas, siempre con el propósito claro y firme de construir el primer prototipo y abrir el camino para análisis más profundo del sistema y del comportamiento de las especies de maderas chilenas. Las dudas que aún subsisten son muy pocas y no deberían entorpecer más la marcha de esta etapa del programa.

3.2. Área de Factibilidad de sitios y diseño de estribos

De los sitios visitados en la anterior oportunidad se habfan escogido tres posibilidades para el primer prototipo: un puente a construirse por encargo de Vialidad en reemplazo de un puente de troncos de eucalipto existente en el camino de Santa Juana a Carampangue de 10 m de luz actual, que debfa adaptarse a la altura y luces requeridas por el sistema modular.

Dos puentes alternativos a construirse en la Universidad, con fondos provenientes de la misma. Están ubicados, el uno en el interior de la UBB sobre el Estero Nonguén y servirá de servicio y habilitado de nuevas áreas y el otro sobre el mismo estero que voltea al ingreso de la Universidad y comunicaría la playa de estacionamiento interior con la calle General Novoa.

Por razones de trámites y regularizaciones los puentes de servicio público deben ser aprobados por la Dirección de Vialidad, la cual comprueba todas las exigencias técnicas y avala su construcción.

Esto no se ha podido cumplir hasta la fecha por parte de los ingenieros a cargo del cálculo estructural, por desconocimiento de las memorias de cálculo originales y por falta de entrenamiento en el diseño con madera.

De allí que hace algún tiempo, se decidiera iniciar los trabajos de construcción de los cimientos y empezaran las investigaciones de suelos pertinentes en el interior de la Universidad que por ser de uso particular y con financiamiento interno, no requiere de la aprobación antes mencionada.

El suelo resultó ser de capacidad resistente muy baja y de composición muy pobre, lo cual obliga a usar pilotes para mejorar la capacidad soportante. Se está preparando el diseño final de los estribos de concreto armado y tradicional.

Cabe mencionar que se están estudiando estas otras alternativas para los estribos basándose en la experiencia de las empresas madereras. Los estribos más baratos parecen ser de troncos de madera entrecruzados, formando un muro de contención. Este concepto se está mejorando al estabilizar el suelo que los soporta y uniformar en algo las secciones de los troncos.

En todo momento se está comparando costos de una u otra solución.

3.3. Consideraciones de Diseño

Durante la primera visita el Consultor encontró discrepancia entre los valores oficiales de diseño de Pino Insigne, con resultados de investigaciones anteriores y una no muy clara clasificación estructural.

Se decidió hacer pruebas de resistencia de vigas de madera de Pino Insigne a tamaño natural.

Los resultados, aún cuando son limitados y muy rudimentario el proceso indicaban que hay posibilidades de mejorar la calidad estructural de la madera seleccionando la troza y las piezas de madera dentro de la troza.

Así mismo indicaron las pruebas que de no provenir la madera de árboles de mayor edad, el grupo adecuado sería F5. Los ensayos mostraron resultados cercanos a aceptables para F7 con madera proveniente del anillo central de los árboles de más de 40 años de edad.

3.3.1. Madera para el primer puente

Teniendo en cuenta la recomendación anterior y mientras no se encuentren valores de resistencia confiables que den estructuras para el puente que sean económicamente competitivas, los técnicos del programa decidieron usar madera de Roble (*Nothofagus oblicua*) para los módulos y arriostres del puente muestra. Fabricaron 42 módulos y se encuentran almacenados para su uso.

El Roble chileno tiene una densidad básica de 492 kg/m^3 en verde y 607 kg/m^3 para un 12% de contenido de humedad, no seca con facilidad, es más, hay que trabajarla húmeda y tarda más de 2 a 3 años en secarse al aire. No necesita preservación de acuerdo con(B-) y no se deja preservar con facilidad.

Esta madera no aparece en los manuales de diseño del sistema de ONUDI de puentes de madera por lo que se tomaron los siguientes valores (Ver Anexo A) para flexiones estáticas.

Roble Estructural 1	98 kg/cm^2	F10
Roble Estructural 2	82 kg/cm^2	F8

(B) Vicente Pérez. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF. FAO. PNUD FO:DP/CHI/76/003 Documento de Trabajo N° 47, Abril. 1983.

No existen tablas de diseño para F10
Se asume F8 por lo tanto para ambos casos
Para H-20 de carga:

CARGA	CLASE	Luces para		
		15	18	21 mts.
H-20	F8	4	4	6

NUMERO DE CERCHAS CORDON
INFERIOR LIVIANO

3.3.2. Placas metálicas

Con anterioridad los módulos fueron considerados como parte de un "puente pesado" y se han fabricado placas con pines gruesos. Además se han hecho variaciones en los cordones metálicos.

Comprobada la sección efectiva en la zona crítica de tracción se procedió a observar si habría algún problema en el montaje, determinándose que aparentemente no habría problemas. Sin embargo, se recomienda antes de continuar con cualquier otra modificación y fabricación de otras piezas, que se armen provisionalmente 4 módulos que incluyan

4 arriostres verticales y 4 tirantes metálicos en el suelo a manera de ejercicio de comprobación.

3.4. Area de Fabricación

Además de los cambios antes mencionados se han fabricado las placas y piezas grandes con holgura suficiente para recibir los cordones modificados.

Los moldes empleados están bien en términos generales, pero no son lo suficientemente fuertes para soportar muchas repeticiones. Ya presentan desajustes ligeros y se recomienda para un próximo puente y los demás, usar madera más dura o pasar a un molde metálico. Un molde compuesto de mesa plana de madera muy sólida y una plantilla de platinas corridas de acero de 6" de ancho aproximadamente, triangular.

Se recomienda no dejar los módulos a la intemperie por más que la madera sea muy noble. Pueden desarrollarse rajaduras y los clavos y pernos oxidarse.

4.0 . DISEÑO

4.1. Cargas de puentes en Chile y su distribución

De las conversaciones realizadas con los ingenieros calculistas se llegó al siguiente entendimiento:

a) Que las Normas Chilenas son derivadas de la AASHTO, por lo que las cargas son similares a las planteadas en el sistema y su distribución también.

De acuerdo a ello se estudió en el programa una redistribución de cerchas cuando el diseño indique más de 4. Juntándose en pares y distribuyendo mejor la carga.

Se acordó que el grupo técnico chileno prepare una separata de esta modificación incluyendo cálculos que permita que el sistema sea mejorado, no sólo en Chile sino de beneficio a otros países.

b) El diseño de piso y rodadura exige para Pino Insigne dimensiones mayores que las usuales (15 cm para piso y 7.5 cm para la rodadura). Esto debe comprobarse para los trenes de carga crítica y los casos de tener sólo 4 cerchas cuya distribución vuelve más crítico aún el diseño. Con los valores encontrados en las Normas Chilenas, su interpretación y definición aceptada se puede en corto tiempo llegar a los valores definitivos.

4.2. Resistencia del puente

El sistema no ha sido analizado o recalculado en su conjunto. Se han hecho comprobaciones aisladas como el cordón inferior, piso y rodadura, un análisis de flexo-compresión de la zona crítica de un módulo (el cual fue interpretado más claramente después de analizarse en conjunto con el consultor), etc.

El camino más lógico para producir memoria de cálculo del sistema es el de tomar uno de los puentes y diseñarlo comprobando todos y cada una de sus piezas e introduciendo en ellas posteriormente las cargas producidas por sismos.

Esto se ha hecho en otros países y se han satisfecho las inquietudes técnicas surgidas.

El consultor se comprometió en hacer llegar cuanto antes toda la información al respecto a fin de ayudar a este análisis.

Como este análisis no se puede hacer sin valores de resistencia de las maderas chilenas, se ha preparado un juego de valores de resistencia de las maderas en cuestión, obtenidos de las Normas Chilenas actuales y en algunos casos se asumen valores y coeficientes conservadores que permitan llegar a los valores apropiados de diseño. Se incluye valores de uniones. En el caso de requerirse otros valores adicionales se sugiere seguir la metodología descrita y llegar a los valores de diseño deseado de otras propiedades (Ver Anexo A).

4.3. Sismos

Como se ha expresado anteriormente, este sistema no ha sido analizado anteriormente ante la eventual acción de un sismo. Sin embargo lo liviano, del puente, transparente de las cerchas y la propiedad resiliente de la madera hacen pensar que el sismo no afectaría fundamentalmente la estructura.

Sin embargo, cabe hacer notar que hay puntos críticos en el puente que debe ser materia de análisis. Ya se ha dado una solución a la interacción entre el puente mismo y las bases. Los ingenieros calculistas concordaron en señalar que se aplicará el mismo criterio usado en otros puentes en Chile, es decir se dejará libre un apoyo y se dejará fijo el otro permitiendo libre desplazamiento del puente al ocurrir un sismo.

Se señaló la necesidad de comprobar el comportamiento de las uniones entre los módulos, resistencia del corte de los pines y chavetas de sujeción y afectación de los tensores metálicos por inversión de esfuerzos eventuales.

En general fue unánime la aceptación que las cargas y efectos de los sismos en el sistema no representa un problema crucial y que el equipo de calculistas puede analizar todos los problemas surgidos.

4.4. Normas de Calidad de la Madera

Se analizó el manual correspondiente de Tecnología de Madera y se hizo uso de las tablas de grados de calidad y esfuerzos clasificados. Asimismo se discutió las Normas de Calidad desarrolladas para Coníferas y Latifoliadas.

Para la madera empleada en los módulos se comprobó que para la Norma Estructural N° 2 holgadamente (salvo uno o dos módulos muy defectuosos). El Roble puede fácilmente cumplir con la Norma Estructural N° 1, pero habría que haberla escogido antes de armar los módulos.

En el caso de Pino Insigne se recomienda usar la Norma Estructural N° 3 a fin de mejorar la resistencia de la madera y asegurar un buen comportamiento del piso y rodadura.

5.0. Avance del Proyecto

5.1. General

En general el proyecto se encuentra en un 50% avanzado; se han salvado las dificultades propias de todo proyecto en su etapa pre-operativa y se tiene un entendimiento cabal de todo el proceso incluidas las consideraciones técnicas de diseño, fabricación y montaje. La etapa que resta es prácticamente de ejecución y ella representa según el cuadro que se adjunta un 50% del proyecto.

Cabe mencionar que paralelo al proyecto se deben realizar actividades tendientes a difundir la técnica y abrir mercado de estos puentes en el país. Para ello es necesario realizar entre otras las siguientes actividades concretas:

a) Aprobación del sistema

La Dirección General de Vialidad debe aprobar el sistema a fin de permitir su participación como sistema alternativo en la construcción de puentes del país. Dentro de las limitaciones intrínsecas del sistema modular prefabricado.
Ver Anexo E.

b) Determinación de Costos

No sólo por el hecho de competir en licitaciones para construcción de puentes, sino como medio de sub-contratar, comparar diseños, mantener optimizaciones en la alternativas de luces, cargas y especies propuestas.

c) Compañías contratistas de puentes

De acuerdo con la información recibida, ningún puente puede ser construido sin la aprobación de la Dirección de Vialidad y si el Estado lo va a financiar, debe ser construido por concurso de precios, participación de firmas constructoras acreditadas y registradas, con experiencia, etc. Por lo tanto, se debe ya empezar a tomar contacto con ellas a fin de interesarlas a participar en este sistema.

5.2. Cuadro de Avance (estimado)

ACTIVIDAD	% PARTICIPACION	% AVANCE	% RESTANTE
1.0 Diseño	10	5	5
2.0 Materiales del puente	20	20	-
3.0 Fabricación	20	15	5
4.0 Equipo	10	3	7
5.0 Construcción Bases	20	2	18
6.0 Montaje	10	-	10
7.0 Ensayos	5	-	5
8.0 Asesoramiento Otras áreas	5	2	3
TOTAL	100	47	53

5.3. Cronograma de Actividades

Para las actividades restantes se designó los siguientes responsables:

- RESPONSABLE GENERAL DEL PROYECTO : WILLIAM GIBSON G.
- DISEÑO ESTRUCTURAL : EDUARDO CASTRO Z.
WILLIAM GIBSON G.
- FABRICACION DE POSTES Y PIEZAS : GUILLERMO HERNANDEZ V.
- CONSTRUCCION DE BASES : EDUARDO CASTRO Z.
WILLIAM GIBSON G.
- ADQUISICION DE EQUIPOS : GUILLERMO HERNANDEZ V.
- MONTAJE : WILLIAM GIBSON G.
- ENSAYOS DE MODULOS : CARLOS ILABACA U.

Se acompaña un cronograma de actividades próximas a realizar para la finalización del proyecto.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES : PUENTE PROTOTIPO INTERIOR UNIVERSIDAD DEL BIOBIO

Nº	DESCRIPCION	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
1	Ampliación de sondajes para instalación de pilotes	xxxxxx				
2	Diseño de bases y apoyos (c/consideraciones sísmicas)	xxxxxxxx				
3	Construcción de bases y apoyos		xxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx	xxxxxx	
4	Construcción de aproximaciones				xxxxxxxxxx	
5	Fabricación arriostres y habilitado de madera (P.I. seco y preservada)		xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		
6	Equipo lanzamiento: Adquisición complementaria		xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx		
7	Despacho a obra				xxx	
8	Montaje					xxxxxxxxxx

6.0. Marcos de ensayo

De acuerdo con todas las consideraciones observadas tanto durante la primera visita como en ésta, el Pino Insigne es la primera preocupación en cuanto a su uso en construcción. Parece ser que podría emplear dicha madera con seguridad pero en forma restringida en cuanto a luces y carga. A fin de ratificar este hecho y/o mejorar la competitividad del Pino se sugiere ciertas modificaciones al Marco de Carga, el cual está originalmente destinado a sólo control de calidad.

Sería necesario modificar el marco de carga y ampliar la capacidad del gato hidráulico a fin de llegar a la rotura de paneles y poder determinar las diferencias de los valores de resistencia asumidos de los reales.

De ser posible y a fin de dar versatilidad al marco de ensayo se ha bosquejado posibles líneas de estudios para el Pino Insigne y otras maderas. El Apéndice B presenta algunas consideraciones para ensayos que habría que tomar en cuenta para el diseño del marco y para las especificaciones del equipo de carga. A esto habría que agregarle la necesidad de un gato hidráulico de 60 toneladas como mínimo para llevar a la rotura módulos hechos con madera F11.

Se sugiere que esta posibilidad de ampliar el uso del Marco de Ensayos a los descritos aquí y en el apéndice B sea considerada cuidadosamente y de ser necesario se rediseñe el sistema y sus aplicaciones.

Al efecto la participación de TRADA sería muy apropiada tanto en el pre-diseño como la asistencia en la puesta en marcha.

ANEXO A

VALORES DE DISEÑO PARA ALGUNAS MADERAS CHILENAS

A.1. Introducción

Después de revisarse las Normas Chilenas para madera 1198 EOf77 y separando los resúmenes de resultados de ensayos anteriores hechos por el Instituto Forestal y el IDIEM se presentan a continuación los valores que se adoptarían por el momento para el diseño, comprobación y ajustes necesarios en los puentes de madera del Sistema Modular Prefabricado de la ONUDI y su aplicación en Chile.

ESPECIE: ROBLE (*Nothofagus obliqua*)

DESCRIPCION	VALORES	OBSERVACIONES
<u>FLEXION ESTATICA M.O.R.</u>		
Valor promedio \bar{x} (Húmedo o verde)	531 kg/cm ²	NCH 1198 EOF77
Coefficientes de variación C.V.	20%	Asumido
Desviación estandar	106 kg/cm ²	Calculado
Valor mínimo $\bar{x} - 2 \sigma$ min	319 kg/cm ²	Calculado
Factor de Seguridad	2.6	Asumido
Valor Básico $X_{básico}$	123 kg/cm ²	

VALORES DE DISEÑO

Estructural N° 1	98 kg/cm ²	80% $X_{básico}$
Estructural N° 2	82 kg/cm ²	67% $X_{básico}$

MODULO DE ELASTICIDAD

(Flexión estática)

M O E promedio	87.700 kg/cm ²	NCH1198 EOF 77
----------------	---------------------------	----------------

DESCRIPCION	VALORES	OBSERVACIONES
<u>COMPRESION PARALELA</u>		
Valor promedio	263 kg/cm ²	NCh 1198 EOf 77
Coficiente Variación C.V.	20%	Asumido
Desviación estandard σ	52 kg/cm ²	Calculado
Valor mfnimo X_{\min}	159	Calculado
Factor de seguridad F.S.	2.5	Asumido
Valor básico $X_{\text{básico}}$	63 kg/cm ²	Calculado
Estructural N° 1	57 kg/cm ²	90%
Estructural N° 2	55 kg/cm ²	88%

UNIONES

Empernadas
(Para pines $\emptyset = 1/2''$)

Grupo B
Simple cizalla-
miento
t = 4" NCH 1198.EOf 77

$$R = \frac{970}{2}$$

R = 485 kg
por pin

ESPECIE : PINO INSIGNE (Pinus radiata)

DESCRIPCION	VALORES	OBSERVACIONES
<u>FLEXION ESTATICA M.O.R.</u>		
Valor promedio \bar{X} (seco al 12%)	6 57 kg/cm ²	NCh 1198 Eof 77
Coficiente de Variación C.V.	20%	Asumido
Desviación estandard	131 kg/cm ²	Calculado
Valor mínimo X_{min}	395 kg/cm ²	Calculado
Factor de seguridad F.S.	2.6	Asumido
Valor básico (al 12% C.H.) $X_{básico}$	151 kg/cm ²	Calculado
Valor básico (al 18% C.H.)	106 kg/cm ²	Calculado
<u>VALOR DE DISEÑO</u>		
Estructural Nº 1	53 kg/cm ²	F5
Estructural Nº 2	37 kg/cm ²	F4
<u>MODULO DE ELASTICIDAD</u>		
(Flexión estática)		
M O E promedio (Seco al aire)	85.200 kg/cm ²	NCh 1198 Eof 77

DESCRIPCION	VALORES	OBSERVACIONES
COMPRESION PARALELA		
Valor promedio (seco al 12%) \bar{X}	370 kg/cm ²	NCh 1198 Eof 77
Coefficiente de Variación C.V.	20%	Asumido
Desviación Estandard	74 kg/cm ²	Calculado
Valor mínimo X_{min}	222 kg/cm ²	Calculado
Factor de Seguridad F.S.	2.5	Asumido
Valor básico (12% C.H.) X básico	88.5 kg/cm ²	Calculado
Valor básico (18% C.H.) X básico	62.0 kg/cm ²	
Estructural Nº 1 (18% C.H.)	39 kg/cm ²	63% X básica
Estructural Nº 2 (18% C.H.)	27 kg/cm ²	44% X básica

GRUPO A

Uniones

Empernados
(Pines Ø 1/2")

Simple cizallamiento

t = 4" NCh 1198 Eof 77

$$R = \frac{500}{2}$$

$$R = 250 \text{ kg/pin}$$

A N E X O B

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN
LABORATORIO DE ENSAYOS Y ESTUDIOS DE MADERA A TAMAÑO
NATURAL

B.1. Introducción

A fin de conseguir que los técnicos de una organización logren un nivel de conocimiento tal que permita recibir en toda su magnitud, adaptar y poner a punto tecnologías acorde con el desarrollo y las necesidades de una región, es necesario primero que dichos técnicos alcancen el nivel básico de conocimientos específicos, segundo que cuenten con medios para probar las teorías y adaptar los conocimientos foráneos y tercero puedan poner en práctica nuevas ideas desarrolladas por la cátedra, la investigación y la experiencia industrial.

La Universidad del Biobío y sus Centros de Desarrollo están empeñados muy seriamente en llevar adelante esa tarea en el campo de la madera aserrada para su uso en la construcción, para ello requieren planificar muy cuidadosamente la infraestructura necesaria a fin de realizar eficientemente su labor y utilizar al máximo los escasos recursos que poseen.

A fin de ayudar a dicha tarea de planificación se acompañan algunas ideas sobre líneas de investigación en ese campo.

B.2. Puentes Modulares

Equipos Marco de acero 2.00 m x 3.50 m
 Bomba hidráulica
 Gata hidráulica 3000 psi
 Controles de velocidad de carga

Performance: Control de calidad de módulos triangulares, ensayos no destructivos

Recomendación: Aumento de capacidad de la bomba y del Gato Hidráulico para ensayos a la rotura. Reforzar el marco de carga.

B.3. Vigas y columnas

Equipo: Marco de acero (el de puentes modulares podría servir, aumentando una cimentación adecuada y diseñando una viga de concreto armado transversal al plano del marco.

Bomba y Gato Hidráulicos que desarrollen 15 toneladas de carga por lo menos.

Performance: Ensayos destructivos a rotura de vigas clasificadas resistencia. Controles periódicos de diferentes bosques, aserrfo, humedad, grados de calidad, etc. del Pino Insigne. Ajuste de valores de probetas libres de defectos y manejo de los coeficientes de seguridad.

Recomendación: Adoptar marco de carga de puentes modulares en la primera estada, reforzar la estructura y solicitar equipo más grande.

B.4. Paneles constructivos

Equipo : Marco de acero de por lo menos 3.00 m de alto, Gata adaptable a carga horizontal y carga vertical en dos puntos.

Capacidad del Gato Hidráulico a determinar (se estima inferior al de vigas y columnas).

Perfomance : Ensayos estáticos de carga vertical en dos puntos, horizontal esquina superior, combinada si fuese posible, carga en flexión horizontal del panel. Estudio de resistencia lateral.

Recomendación: Programas de estudio de resistencia lateral de los marcos y la influencia de los distintos revestimientos a usarse en la zona. Incluidos las formas de aplicar los revestimientos contribuyendo a la reglamentación del "como construir". En la primera etapa se podría intentar usar el marco metálico de puetnes modulares, modificándolo a las necesidades de

paneles. Incluir una viga de cimentación de concreto aserrado transversal a la viga planteada en los ensayos de vigas y columnas, o sea en el plano del marco de carga (a fin de proporcionar la fijación necesaria del panel reproduciendo los anclajes tradicionales y sus variaciones).

B.5. Tijerales y Cerchas

Equipos : Sistema de cable y poleas para simular cargas estáticas en los nudos e intermedios. Desarrollado en laboratorio de Princes Risborough en Inglaterra y adaptado en varios laboratorios, recientemente en LADIMA de Pacto Andino. Lectura de cargas por dinamómetros colocados en los cables o por registrador plano no colocado como uno de los apoyos.

Perfomance: Ensayos a rotura de cerchas o tijerales de varias formas, pendientes y arreglos internos de elementos. Variación de diseños y de sus uniones. Variación de maderas y cargas super impuestas. Limitación de la construcción, liviana, no más de 15 m. Se puede ensayar media cercha para cubrir estudios de mayor magnitud.

Recomendación: Solicitar a través de TRADA información detallada del equipo, para su reproducción local.
Solicitar al PADT-REFOORT del Pacto Andino asesoramiento en el diseño y sobretodo en la performance del equipo.

B.6. Ensayos de Larga duración

Equipo : Apoyos para vigas, pesos o cargas permanentes, lectores ópticos de deformación y registro de humedad ambiental.

Performance : En una etapa de adaptación de coeficientes foráneos de comportamiento de la madera a cargas permanentes, deflexiones excesivas, cambios de humedad, este ensayo es muy útil por la cantidad de información que trasmite y su bajo costo. Puede ensayarse a máxima capacidad de carga o a carga intermedia, con o sin revestimiento, carga concentrada o tres puntos, cuatro puntos, etc.

Recomendación: Instalar el patio de ensayos de larga duración aislado de los otros ensayos, bajo techo y registrar periódicamente las deformaciones y otras características digamos los primeros meses fre-

cuentemente y luego más espaciados.
Duración mínima un año o algo más a fin
de cubrir todas las épocas del año. Com
parar resultados de madera húmeda, seca
y el paso de uno a otro estado de humedad
en servicio.

B.7. Ensayos de Probetas

B.7.1. Propiedades Ffsico-mecánicas Libre de Defectos

Equipo : Máquina Universal de Ensayo según (ASTM)
Norma Chilena. (Al principio obtenible den
tro de la Universidad del Biobfo).

Perfomance: Correlacionar resultados de ensayo a tama-
ño natural con valores de ensayo libre de
defectos en probetas pequeñas.

Recomendaciones: Formar un archivo de datos a fin de
incrementar el número estadfstico de ensa-
yos y ajustar periódicamente los coeficien-
tes de seguridad y análisis.

B.7.2. Uniones estructurales

Equipo : Máquina Universal de Ensayos según (ASTM) Norma Chilena. (La misma usada para ensayos libre de defectos).

Perfomance: Obtención de valores unitarios de diseño de las uniones hechas con madera relacionada a los ensayos a escala natural y los diferentes medios de conexión. Se pueden preparar programas sistemáticos de estudios profundos de una unión y programas adicionales de variantes en la unión para su correlación.

Recomendaciones: Estudios de todos los clavos de uso estructural, de obtención fácil y común en el mercado.

Relación y niveles máximos de uniones empernadas.

Estudio de las colas en el mercado, su resistencia y recomendaciones de aplicación.

Factibilidad en el uso de correctores metálicos, de madera dura, etc.

Estudio de placas metálicas y de madera, dentadas, pre-perforadas, etc.

B.8. Espacio físico para laboratorio

Se recomienda prever la disponibilidad de un área techada de 15 m x 30 m mínimo para estos ensayos descritos con la excepción de los ensayos de larga duración que deberán diseñarse de acuerdo con las variables a investigar y ubicarse en otra área.

ANEXO C

RELACION DEL EQUIPO MINIMO PARA MONTAJE A ADQUIRIRSE LOCALMENTE

ITEM Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Tecles de cable, TIRFOR o similar de 3 TM capacidad o mayor para cable de 5/8"	2
2	Poleas dobles con gancho para las torres. Para cable 5/8" 5 TM capacidad	2
3	Poleas simples para cable 5/8" para aumento capacidad del TIRFOR	3
4	Poleas dobles para cable 5/8" para aumento capacidad del TIRFOR	2
5	Polea con gancho para cable 5/8" y 3 TM capacidad	1
6	Cable acero \emptyset 5/8" de 240 pies de largo	1
7	Cable acero \emptyset 5/8" de 140 pies de largo	1
8	Cable de acero \emptyset 5/8" de 100 pies de largo	1
9	Cables acero \emptyset 1/2" de 200 pies	4
10	Bragas o cables acero corto, con 1 lazo a cada extremo, de 30 cm blando. Largo 24 pies (aprox.)	2
11	Bragas o cable de acero corto, con 1 lazo blando a cada lado de 15 a 20 cm de 12 pies (aprox.)	2

ITEM Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD
12	Lazos o sogas de manila o nylon de \emptyset 5/8" y largo 50 mt	4
13	Postes de madera de 9 mt largo y \emptyset 6" mínimo en la punta (Eucalipto de preferencia)	8
14	Accesorios de acero para cabezal de torres incluido pernos de sujeción (según diseño entregado)	2
15	Herramientas de mano para el armado: Llaves de boca para pernos 1", barras de uña, herramientas de mano de carpintería, herramientas de albañilería, combas o mazos (almádanas), etc.	1 jgo.
16	Accesorios menudos a adquirirse en el momento.	

ANEXO D

REVISION PROYECTO N° 2

Octubre 1985

Nº	Partida	\$ Original	\$ 1ra Revisión	\$ 2da Revisión
11-01	Ingeniero de Ma- ras	19,000	19,000	19,000
11-50	Consultores	19,000	-	14,000
16-00	Staff Member Tra- vel	4,500	4,500	4,500
31-00	Beca a Nacionales	10,000	10,000	10,000
42-00	-Equipo Ensayo	2,000	-	8,000
	-Equipo Lanzamiento	3,000	-	4,000
	-Equipo Carpintería	2,000	-	-
51-00	Misceláneos	500	500	500
	TOTAL	60,000	34,000	60,000

ANEXO E

REQUISITOS PARA OBTENER LA APROBACION DEL SISTEMA
MODULAR DE PUENTES PREFABRICADOS DE MADERA- ONUDI
POR LA DIRECCION DE VIALIDAD DEL MINISTERIO DE
OBRAS PUBLICAS

- Descripción del sistema
- Alcances del sistema
- Memoria de cálculo estructuras
- Planos Generales
- Planos Específicos
- Fotografías
- Análisis de Costos
- Presentación de un prototipo