



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

15349

Distr.  
RESERVADA  
UNIDO/IO/R.221  
24 enero 1986  
ESPAÑOL

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

---

APOYO A REHABILITACION DE PUENTES EN AREAS  
DECLARADAS EN EMERGENCIA

UC/ECU/83/206

ECUADOR

Informe final\*

Preparado para el Gobierno de la República del Ecuador  
por la Organización de las Naciones Unidas  
para el Desarrollo Industrial

Basado en el trabajo del Sr. Harald Erichsen,  
Consejero de Industrias Forestales

222

---

\* El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI. Las firmas mencionadas en este documento no son necesariamente endosadas por la ONUDI.

C O N T E N I D O

	Página
1. Resumen y Propuestas .....	1
2. Agradecimientos .....	3
3. Introduccion y Antecedentes .....	4
4. El Proyecto Demostrativo .....	6
4.1. Dificultades que tuvo el proyecto demostrativo ...	8
4.2. Tabla de los Tiempos Consagrados al Proyecto ....	9
4.3. Nota Importante .....	10
5. La Madera .....	11
5.1. Especies .....	13
5.2. Calificacion Visual de la Madera .....	14
5.3. Seccado de la Madera .....	17
5.4. Preservacion de la Madera .....	21
5.5. Grupos de Fuerza - Sistema Australiano - .....	23
5.5.1. Algunas Maderas de la Region con sus Respectivos Grupos de Fuerza .....	26
6. Partes de Acero .....	30
7. Mesa de Asemblaje o Molde .....	32
8. Materiales suplementarios .....	36
9. El Taller .....	39
9.1. Herramental Pequeño del Taller .....	43
10. Estribos .....	44
11. El Lanzamiento .....	45
11.1. Materiales para el Lanzamiento (torres, plataforma) .....	46
11.2. Herramental para el Lanzamiento .....	51
12. Calculo de Costos y Lista de los Materiales para 10 Puentes CNUDI de 15 m de luz .....	52
ANEXOS I - IV .....	55

1. RESUMEN Y PROPUESTAS

El proyecto demostrativo ha comprobado la posibilidad de construir puentes modulares ONUDI en el Ecuador con materiales locales (madera) en combinación con piezas metálicas, también fabricadas en el país.

Los costos de un puente completo (con pasamanos) de una vía y de una especificación de carga de HS20 son de US\$ 350.- (aproximadamente 40.000 sucres) por metro lineal y se comparan muy favorablemente con otros sistemas que usan hormigón armado o acero (p.e. sistema "Bailey").

Los estribos de hormigón ciclópeo cuestan lo mismo que para otros sistemas.

Los puentes ONUDI tienen una vida útil de más de 20 años y superan en esto a muchas obras, las que, por falta de mantenimiento, resultan víctimas de la corrosión.

Los resultados del proyecto demostrativo son:

- Un puente demostrativo sobre el río Pupusa.
- Dos empresas privadas, listas para iniciar la producción de puentes ONUDI.
- Interés del Banco Mundial de incorporar el sistema en proyectos para Ecuador.
- Un taller en el Centro Forestal de Conocoto equipado para producir puentes ONUDI en serie, con una capacidad de aproximadamente 40 puentes de 15 metros por año.
- Un homólogo (Sr. Marcelo Becerra, técnico forestal del Centro), entrenado por el proyecto y capaz de supervisar y dirigir la producción de puentes ONUDI en el taller.
- Un técnico (Sr. Leonardo Silva-López, jefe de infraestructura, DRI Puerto Ila Chone), entrenado por el proyecto ( y otro proyecto similar de la ONUDI en Honduras) y capaz de supervisar y dirigir el lanzamiento y la terminación de puentes ONUDI en el campo. Además conoce los aspectos de estribos y caminos vecinales en general.
- Un grupo de obreros y carpinteros en Conocoto, entrenados por el proyecto y especializados en la construcción de puentes ONUDI.

La necesidad en puentes pequeños (hasta 30 metros de luz) para los caminos vecinales del Ecuador es significativa y alcanza 500 unidades en este momento (estimación basada solamente en las necesidades de los diferentes proyectos DRI).

El consultor propone incorporar el sistema ONUDI a la planificación y rehabilitación de puentes para caminos vecinales y utilizarlos para luces de 9 a 21 metros sin cambios del diseño. Para luces superiores a 21 metros, se requieren más armaduras y para luces superiores a 30 metros, conviene utilizar otros sistemas (p.e. "Bailey").

Además se propone fuertemente incorporar el sistema ONUDI a la rehabilitación de caminos vecinales, previsto por el proyecto ECU/84/UOI/A/96/1.2 de la FAO, titulado "Actividades de Emergencia en los proyectos DRI Jipijapa y Valdivia".

En el caso de que otras instituciones, como consejos provinciales, intenten instalar una producción propia de puentes ONUDI, sería aconsejable que el Sr. M. Recerra viajara a estas localidades para dar la asistencia necesaria para asegurar el funcionamiento adecuado del taller y para entrenar a carpinteros para calificarlos en los trabajos de producción.

Una continuación del proyecto durante un año con la asistencia de la ONUDI en Conocoto (todavía en forma demostrativa y con una producción de 10 puentes) se considera necesaria para facilitar la transferencia completa de la tecnología al sector privado y otros talleres gubernamentales.

Por este fin, un convenio entre SEDRI, MAG y DINE estuvo concluido y el consultor junto con la contraparte elaboró un Documento de Proyecto para la consideración de la ONUDI en respecto a la asistencia necesaria. (ver Anexo).

NB. Para más detalles de fabricación y lanzamiento ver documentos ONUDI "UNIDO/IO/R.159-163", en inglés.

2. AGRADECIMIENTOS

Por la oportunidad de terminar este proyecto con éxito agradezco sobre todo a nuestros obreros y carpinteros del Centro Forestal de Conocoto y del sitio Pupusa por haber realizado los trabajos físicos de la construcción, en particular a los señores L. Columba, jefe carpintero en Conocoto y L. Sierra-López, jefe infraestructura del proyecto DRI Puerto Ila Chone, al Ing. Forestal E. Vásquez y al Técnico Forestal M. Becerra del MAG por su participación activa y valiosa como homólogos durante todo el proyecto y al otro personal del Centro Forestal de Conocoto - facilitado por el MAG - por su amistad y apoyo al proyecto, a los Ingenieros P. Salinas y C. Jaramillo por llevar a cabo el a veces difícil trabajo de coordinación, al Mayor Ing. L. Medina y al Ing. Fausto de la D.I.N.E. por el excelente trabajo realizado en la fabricación de las piezas metálicas, al Ing. M. Rovayo de la D.I.N.A.T.I. por proveerme de transporte durante toda mi estadía, cuando las previstas fallaron - sin este apoyo el proyecto no habría sido posible - y a todas las demás personas que me han ayudado en la realización del proyecto.

Mis agradecimientos especiales van a la oficina del PNUD, en particular a la Srta. S. Siegel, Representante Residente a.i. y Sra. H. Vadmand, JPO de la ONUDI, por el excelente y continuo apoyo al proyecto y por hacerme sentir " en casa" durante mi estadía.

### 3. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

El Ecuador cuenta, aparte del Archipiélago de las Islas Galápagos, con tres regiones distintas:

- La Costa o Litoral, donde se encuentran las zonas más importantes de la agricultura.
- La Sierra, con la meseta interandina también importante para la agricultura.
- El Oriente, con las selvas amazónicas.

Desde Octubre de 1982, el país vive una situación de emergencia a causa de los crudos inviernos y de las inundaciones producidas, sobre todo en las zonas costaneras, inundaciones que han destruído obras de infraestructura básica-caminos vecinales - determinando el aislamiento total de las zonas afectadas con el peligro inminente de que las cosechas agrícolas no puedan ser introducidas en el mercado nacional, resultando en la pérdida de posibilidades económicas y sociales para sus habitantes.

Los daños, sólo en vías de comunicación se estiman en US\$ 155 millones.

Los puentes constituyen normalmente un factor dominante en los costos totales de la construcción o rehabilitación de caminos vecinales.

Las construcciones tradicionales en hormigón armado o acero son caras, entre otras razones por la alta utilización de materiales importados.

Al mismo tiempo, el Ecuador cuenta con una riqueza forestal cuya utilización en forma eficiente todavía no está practicada.

Con el proyecto "Apoyo a Rehabilitación de Puentes en Areas Declaradas en Emergencia", la ONUDI responde a un respectivo pedido del Gobierno Ecuatoriano.

El proyecto tiene como objeto introducir un sistema de puentes modulares, prefabricados a bajos costos de madera, que esta apto a aliviar no solamente la situación de emergencia en las zonas costeras, sino también podría constituir un sistema importante para caminos vecinales en la Sierra, y sobre todo en el Oriente, donde la infraestructura básica todavía esta en planificación.

Además, se trata aquí de un sistema que - con modificaciones - podría utilizarse también en la prefabricación de elementos (cerchas) para aulas escolares y viviendas.

El sistema se inició con un proyecto de la ONUDI en Kenia en el año 1975 y se ha ejecutado hasta ahora en forma eficaz en diferentes países en vía de desarrollo.

#### 4. EL PROYECTO DEMOSTRATIVO

La realización del proyecto demostrativo (previsto en dos fases) se efectuó en tres fases:

##### Primera Fase

- En enero/febrero de 1984 el consultor realizó una misión preparatoria de un mes, para determinar los datos actuales.

Durante esta misión, el consultor identificó:

- Varios sitios para la construcción del puente demostrativo (Quishpe, Zapotal, San Vicente)
- Un lugar adecuado para la instalación del taller (Centro Forestal de Conocoto)
- Un aserradero cerca de Quinindé
- Un taller mecánico para la fabricación de las piezas metálicas (fábrica de municiones "Santa Barbara" - DINE)

Un informe técnico (UNIDO/I0/R.III) fue preparado, dando todas las informaciones necesarias y fijando las actividades de la parte del Gobierno y de la ONUDI hasta que la segunda fase, la fase de implementación, pueda iniciarse.

##### Segunda Fase

En agosto de 1984, el consultor regresó al país para la segunda fase de cinco meses.

Mientras tanto, el Gobierno había seleccionado dos sitios para puentes demostrativos (Quishpe y Pupusa - en sustitución de San Vicente). La madera había sido pedida en cantidad suficiente, mediante concurso de ofertas, en un pequeño aserradero cerca de Puerto Quito, y una primera cantidad ya fue entregada a Conocoto. La máquina cortadora "Quicky", enviada por avión, se encontraba en el taller de la DINE y el resto del material importado (sierra radial, grúas y tensores metálicos) había llegado al puerto de Guayaquil, esperando la liberación de la aduana.

Durante la segunda fase, el consultor, junto con los homologos, ejecutó las siguientes actividades:

- Organizar la entrega del resto de la madera a Conocoto. Por falta de tiempo, una parte de la madera (destinada a la fabricación de los módulos) fue entrega-

da a la compañía MAPRESA para su secado en horno, mientras que el resto fue apilada en Conocoto para su secado al aire libre durante la duración del proyecto.

- iniciar la fabricación de las piezas metálicas en la DINE y su supervisión periódica de los trabajos.
- Instalación del taller en el Centro Forestal de Conocoto dentro de un galpón de madera, altamente calificado que por su forma es una estructura demostrativa. El taller tiene ahora la capacidad de prefabricar alrededor de 40 puentes de 15 metros de luz por año.
- Dimensionar la madera y fabricar los elementos.
- Construcción de una mesa de ensamblaje (molde).
- Fabricación de 33 módulos (faltan todavía  $1,5 \text{ m}^3$  de madera para terminar 40 módulos, como previsto).
- Estudio sobre maderas de Ecuador adecuadas para la construcción de puentes QNUI.
- Repetidos viajes a los sitios y supervisión de los trabajos en los estribos
- Contactos diversos con empresarios privados e instituciones interesadas.
- Demostraciones de los diferentes trabajos en el taller de Conocoto durante una semana de "Puertas Abiertas" al público.
- Redacción del presente informe.

A causa del hecho que los estribos del sitio Pupusa todavía no estaban terminados a fines de enero de 1985 (además necesitan unas 3 semanas para fraguarse) y que los trabajos de los estribos en el sitio Quishpe todavía no estaban iniciados cuando el consultor efectuó su último viaje el 24 de enero de 1985, la fase de implementación fue interrumpida por un mes para permitir al consultor seguir con otros trabajos fuera del país.

### Tercera Fase

Durante esta fase, que comenzará con el regreso del consultor en marzo de 1985, se prevé el lanzamiento y la terminación de un puente demostrativo en el sitio Pupusa.

#### 4.1 Dificultades que tuvo el proyecto demostrativo

Las principales dificultades ocurrieron en la consecución de la madera con la calidad deseada y en el proceso burocrático y lento de la organización de los trabajos, transportes, pagos, liberación de la aduana, etc. por parte del Gobierno.

La primera se debe a la falta de una eficiente industria primaria de la madera (aserraderos). Esta situación está en el proceso de cambiarse con la introducción de sierras cinta y una asistencia técnica al respecto (GTZ, ONUDI, FAO, AID).

Hasta que exista la posibilidad de conseguir madera bien aserrada y clasificada, proveniente de un aserradero responsable y técnicamente bien equipado (un precio más elevado para la madera puede resultar más bajo que el precio del aserradero más barato que ganó el concurso de ofertas), la producción de los tablones tiene que ser supervisada continuamente por una persona calificada para evitar que un gran porcentaje de la madera tenga que ser rechazada por calidad o dimensiones falsas, como ocurrió en el proyecto demostrativo.

La segunda dificultad requiere de medidas de desburocratización en general y, por el momento, se puede simplemente constatar que un proyecto como el presente necesita más tiempo que el originalmente previsto.

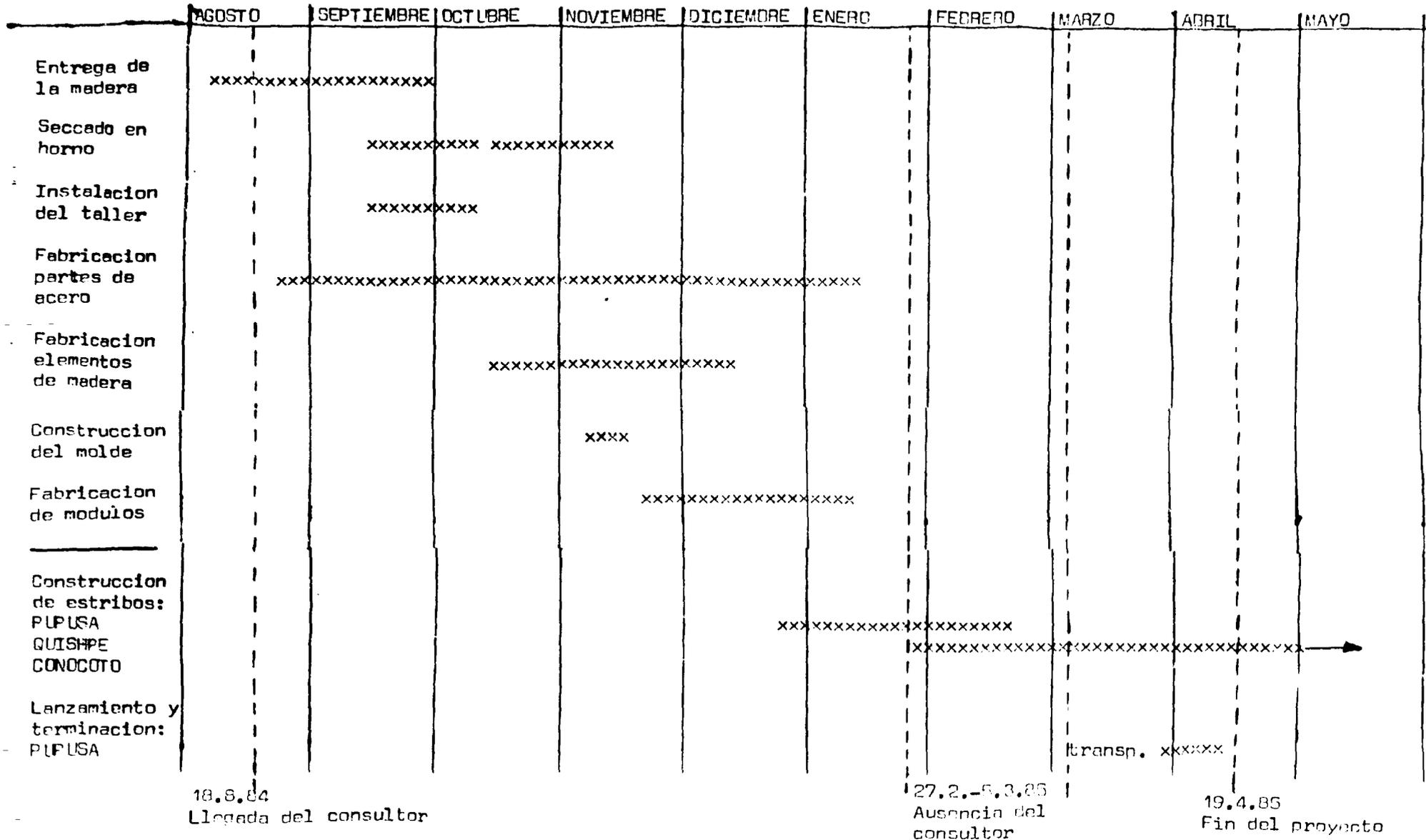
En la siguiente tabla 'Tiempo Consagrado al Proyecto Demostrativo' se expresionan gráficamente estas dificultades, cuales causaron el retraso general del proyecto:

1. Era previsto, que la madera estaba entregada y seccada antes de la llegada del consultor.
2. También era previsto, que la fabricación de las piezas metálicas había comenzado antes de la llegada del consultor.
3. La maquinaria solamente llegó el 17 de Septiembre al Centro Forestal (después una espera larga en la aduana de Guayaquil)
4. La construcción de los estribos y cabezales solamente comenzó en los fines de Diciembre, debido al retraso en la asignación de los fondos.
5. El transporte del material y la construcción de los torres de lanzamiento en el sitio Pupusa, previstos a efectuarse durante la ausencia del consultor en el mes Febrero, solamente se realizaron después de su regreso en Marzo.

1984

TIEMPO CONSAGRADO AL PROYECTO DEMOSTRATIVO

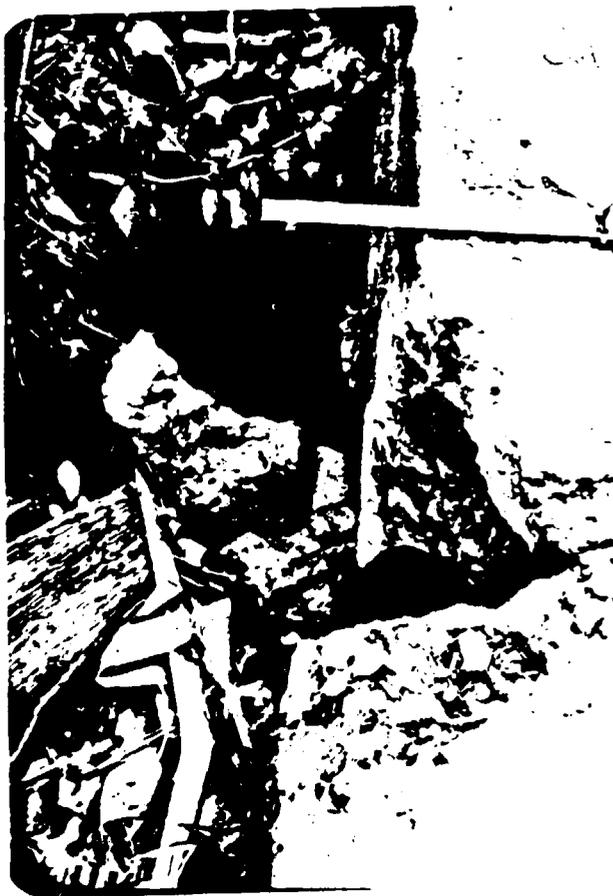
1985



4.3 NOTA IMPORTANTE

Como ya mencionado en el informe sobre el sitio 'Rio Punusa' con fecha del 18 de Octubre 1984, los estribos existentes y los muros de ala, sobre todo al lado de Valencia tiene daños cuasados por socavamiento de las bases. Estos daños se agravaron durante el lanzamiento y la terminacion del puente demostrativo y existe el peligro que el puente se quebra por los daños en los estribos.

Se ruega fuertamente de solucionar estos problemas inmediatamente.



Rotura en un muro de ala, causando un movimiento del estribo de 15 cm

5. LA MADERA

La madera es el material principal de los puentes modulares tipo ONUDI y merece por lo tanto una atención especial.

Aunque el Ecuador todavía cuenta con una riqueza forestal en el Noroccidente y sobre todo en el Oriente, la industria primaria de la madera (operaciones forestales y aserraderos) se encuentra en un lamentable estado técnico y desperdicia esta riqueza en forma alarmante a través de procesos rudimentarios, como el uso de motosierras o sierras circulares en mal estado para la confección de tablas. Además faltan los equipos para sacar tucos largos del bosque y los medios adecuados para transportarlos. Por esto, y también por costumbre, los árboles son cortados a un largo de 2,50 metros, así destruyendo el alto valor que podrían tener tablas más largas.

Este informe no pretende hacer un examen detenido de estos problemas ya conocidos. Sin embargo, se ruega que en la continuación del proyecto se coopere sólo con los aserraderos responsables y bien instalados, preferiblemente equipados con una sierra cinta. (una de las primeras sería instalada próximamente en Lumbaquí (Napo), y el proyecto incluye un entrenamiento por la Asistencia Técnica de la RFA.

El proyecto demostrativo ha optado por la compra de las tablas predimensionadas en un aserradero de la zona forestal a pesar de que existe un aserradero en buen estado técnico en el Centro Forestal de Conocoto. Las razones son las siguientes (ver también el informe de la misión preparatoria):

- Las operaciones de la industria primaria de la madera (bosques y aserraderos) son normalmente bien diferenciadas de las operaciones de la industria secundaria de la madera (muebles, cerchas para casas, prefabricación de puentes, etc.). Cada operación tiene sus propios problemas, y sería mejor no mezclarlos.

---

La madera..ver también 'Manual de Puentes' UNIDO/IO.R.162, Cap. 3.

- Con tablas predimensionadas hay pocos desperdicios en el taller de puentes, que de lo contrario éstos podrían impedir el proceso ordenado de la prefabricación.
- Sólo se reciben, transportan y pagan tablas que cumplan con la calidad deseada, lo que justifica el precio más alto que hay que pagar a comparación de la compra de rollizos.
- No se transportan los desperdicios (4:1), así economizándose capacidad y costos del transporte. Por ejemplo, para obtener 50m<sup>3</sup> de madera aserrada, hay que transportar aproximadamente 200 m<sup>3</sup> de rollizos - con riesgo todavía de que algunas tablas puedan resultar de mala calidad.
- Facilidad de control y cálculo de los costos a través de contratos con precios fijos para un período definido.
- Contratos continuos en las dimensiones simples y repetitivas, requeridas por el sistema de la ONUDI son normalmente interesantes para los aserraderos y pueden resultar en precios favorables.

Conviene entonces también, para la continuación del proyecto "Puentes Modulares", seguir con este sistema comprobado. Una excepción sería naturalmente un posible desplazamiento del proyecto en el futuro o la instalación de un segundo taller en una zona forestal para cumplir con las necesidades para puentes de esta zona. En este caso, conviene que se instale junto con un aserradero (de cinta) para economizar en el transporte.

### 5.1 Especies

La madera para los puentes ONUDI debe cumplir con las siguientes condiciones técnicas:

- Buena resistencia mecánica para construcciones medio pesadas.
- Buena durabilidad natural para resistir a los ataques de hongos y/o insectos xilófagos - sin tratamiento químico.
- Pocas contracciones volumétricas y estabilidad durante el secado sin torciones.
- Buena trabajabilidad, sobre todo buen comportamiento al clavado.
- Disponibilidad suficiente (abundancia).
- Disponibilidad de tucos con grano recto y con dimensiones suficientes para conseguir tablones de 25cm de ancho (sin albura) con facilidad.

Hay muchas maderas en el Ecuador que cumplen con la mayoría de estas condiciones.

El proyecto demostrativo trabajo con MORAL BOBO (*Clarisia racemosa*) con buen éxito. Sin embargo, el contenido de silicio - lo que por el otro lado da una buena durabilidad natural a esta madera - produjo problemas de desgaste del filo de las herramientas en tal forma que se propone substituir esta madera con otras especies en la continuación del proyecto.

Entre otras, se prestan las especies siguientes para la construcción de puentes modulares tipo ONUDI:

- PECHICHE (*Vitex gigantea*)
- DORMILON (*Pithecellobium arboreum*)
- ROBLE (*Terminalia amazonica*)
- TANGARE (*Carapa guianensis*)
- MASCAREY (*Hieronyma chocoensis*)
- MOTILON (*Hieronyma Spp.*)

Si bien es teóricamente posible mezclar diferentes especies en la construcción de un solo puente, sería preferible utilizar sólo una especie a la vez (al menos dentro de un módulo) para asegurar la homogeneidad de las propiedades mecánicas en la obra.

## 5.2 Calificación visual de la madera

Los importantes sistemas de calificación y valorización de la madera para diferentes usos (base de cualquier industria maderera en los países industrializados) existen con pocas excepciones sólo en forma tan rudimentaria como el estado técnico del aserrío en el Ecuador.

En vista de que esta situación no cambiará en el futuro próximo (aunque esto sería muy deseable), se da a continuación un sistema sencillo de tres clases para empleo en conjunto con los puentes modulares de madera tipo ONUDI, lo que permite la calificación de la madera para determinar la CTA("stress-grade") y el diseño mismo (ver también sección Grupos de fuerza y tablas de diseño).

### Reglas generales

La madera para puentes ONUDI debe ser de buena calidad, aserrada con precisión y en ángulos rectos, con grano recto, sin grandes nudos, fisuras, grietas, etc. Debe ser madera de duramen solamente, sin albura (la parte blanca y suave al exterior del árbol) y debe estar libre de putrefacción.

Los siguientes imperfectos son permitidos para las tres clases en consideración entre los límites indicados:

	CLASE A = 75%		CLASE B = 60%		CLASE C = 48%	
1. Nudos máx. $\varnothing$ en mm (máx. 1 nudo por ml.)						
Ancho de la pieza (mm)	en la pieza	en canto	en la pieza	en canto	en la pieza	en canto
250	40	12	60	20	75	25
200	30	12	50	20	60	25
150	20	12	35	20	45	25
100	15	12	25	20	30	25
2. Inclínación máx. del grano	1 en 15		1 en 10		1 en 8	
3. Fisuras de secado, largo máx. (mm)	400 y máx. 3 mm de ancho. No deben extenderse de una superficie a la otra		400		600	
4. Grietas de más de 0.15 mm (largo máx. en mm) en: piezas de 50 mm de ancho piezas de 100 mm de ancho	15 30		20 40		25 50	
5. Bolsillos de resina o heridas cubiertas en la superficie: largo máx. (mm) ancho máx. (mm) En caso el bolsillo o herida se extiende de una superficie a la otra: ancho máx. (mm)	300 12 6		300 20 6		300 25 9	
6. "Wane" o Albura	ningún		máx. 1/4 del ancho de la superficie		como B	

7. Valores máx. (en mm) para flexión elástica, desviación de llano, torsión (por 3 metros de largo - todos clases

	flexión elástica	desviación de llano	torsión
piezas 1 T	5	20	10
2 T	6	15	10
3 T	3	10	5
4 T	3	5	5
arriostramillos verticales	3	10	5
piso	12	20	5

---

### 5.3 Secado de la madera

Los árboles vivos que forman el bosque contienen enormes cantidades de agua (hasta el 150% y más). El contenido de humedad se obtiene según la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco (al horno - 0\%)}}{\text{Peso seco}} \times 100 = \text{Contenido de humedad en \%}$$

El uso de la madera en estado verde o húmedo puede producir cambios de color. Las contracciones durante el secado en la obra pueden producir efectos tales como agrietamientos y forceduras. Además, los insectos o las manchas y los hongos que producen la putrefacción, pueden atacarla.

El objeto del secado es entonces estabilizar la madera en el ambiente donde será usada y de incrementar sus propiedades mecánicas y de trabajabilidad al mismo tiempo.

Durante el secado la madera retiene sus dimensiones hasta que el contenido de humedad llega a alrededor del 30%, el punto de saturación de la fibra.

Después ocurren las contracciones, cuyas proporciones dependen de la especie de la madera.

Para estar en equilibrio con el ambiente, la madera para la construcción de puentes modulares ONUDI debe tener un contenido de humedad de entre 15 y 20% - un 18% en promedio.

Hay varios sistemas de secado y en el siguiente se habla solamente de los sistemas apropiados para los puentes ONUDI.

#### Secado al aire libre

La forma más económica y al mismo tiempo el proceso que menos afecta a la madera, es todavía el secado al aire libre. Este proceso tiene la desventaja de necesitar mucho tiempo (hasta 200 días para ~~unas~~ especies pesadas) y entonces a veces no resulta económico para industrias grandes.

El éxito del secado al aire libre depende en alto grado del almacenaje correcto de la madera en forma de pilas,

#### Secado en horno industrial

Este sistema naturalmente es más costoso (ca. 1500 \$/m<sup>3</sup>), pero ofrece tiempos cortos de secado (ca. 2-4 semanas).

Debido a la entrega retrasada de la madera y la consecuente falta de tiempo, este sistema se usó en el proyecto demostrativo para la madera destinada a la confección de los módulos solamente, donde las contracciones volumétricas son muy indeseables. La madera para el piso del puente, etc. se secó durante los trabajos en el taller en pilas planas al aire libre.

Con el secado al horno, se puede llegar a cualquier contenido de humedad deseado. El proceso se puede controlar fácilmente y existen programas de secado para muchas especies diferentes.

Es preciso que el horno se cargue con especies parecidas y con similares secciones a la vez.

#### Secado en horno solar

Un horno solar baja el tiempo de secado al aire libre a un 50%. Todavía este sistema no está en uso general, pero se presta perfectamente a proyectos de puentes modulares ONUDI. Es sencillo y usa el sol para calentar el aire dentro del horno. El aire circula mediante ventiladores. El horno mismo puede tener una construcción relativamente barata de madera con vidrio o plástico.

En el centro forestal de Conocoto, se construyó un horno solar para ensayos; información al respecto se puede conseguir ahí. También existen varias publicaciones por ejemplo de las Naciones Unidas (ID/WG.151/4 y ID/WG.338/1).

Fig. No. 1 Pile plana

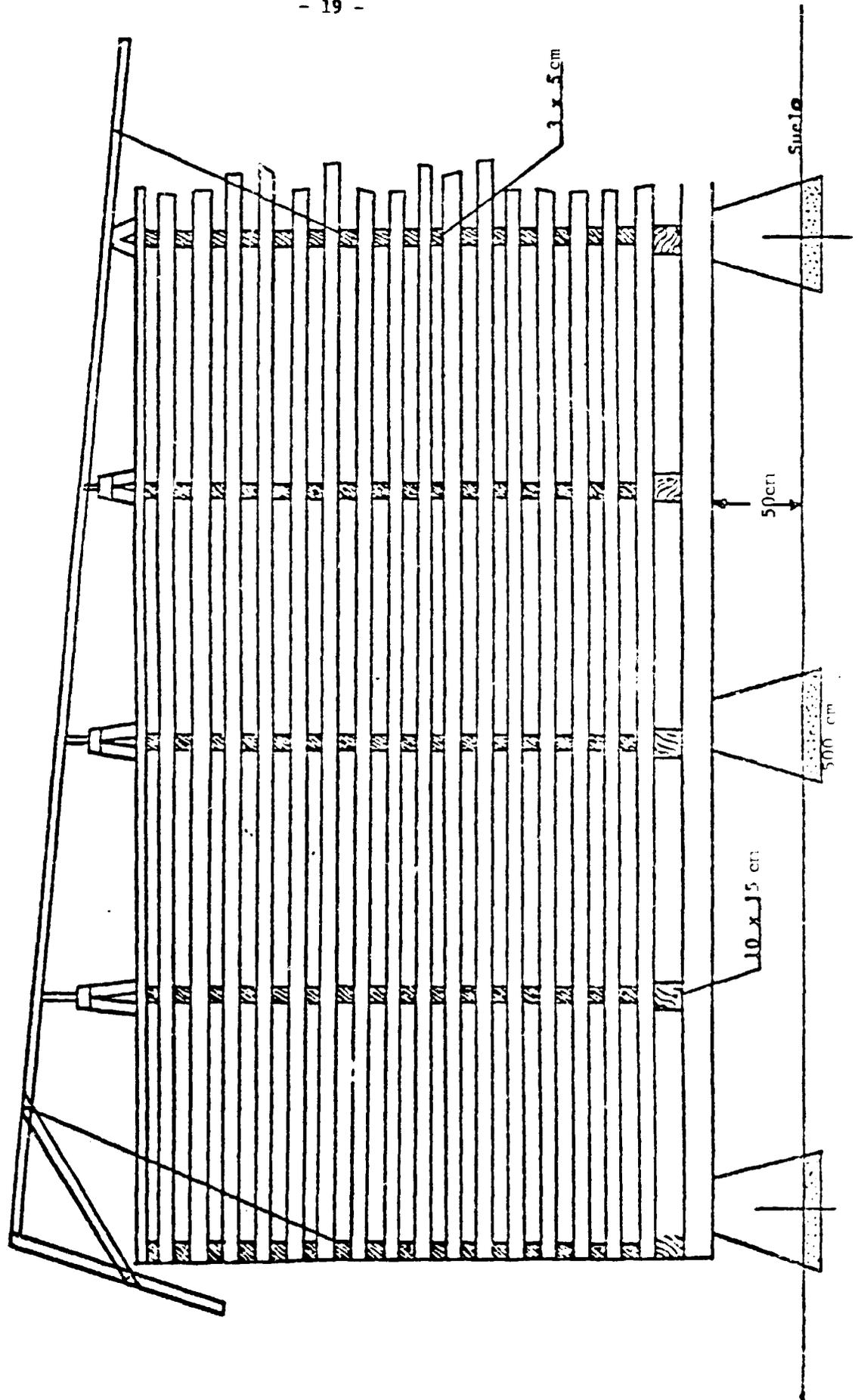
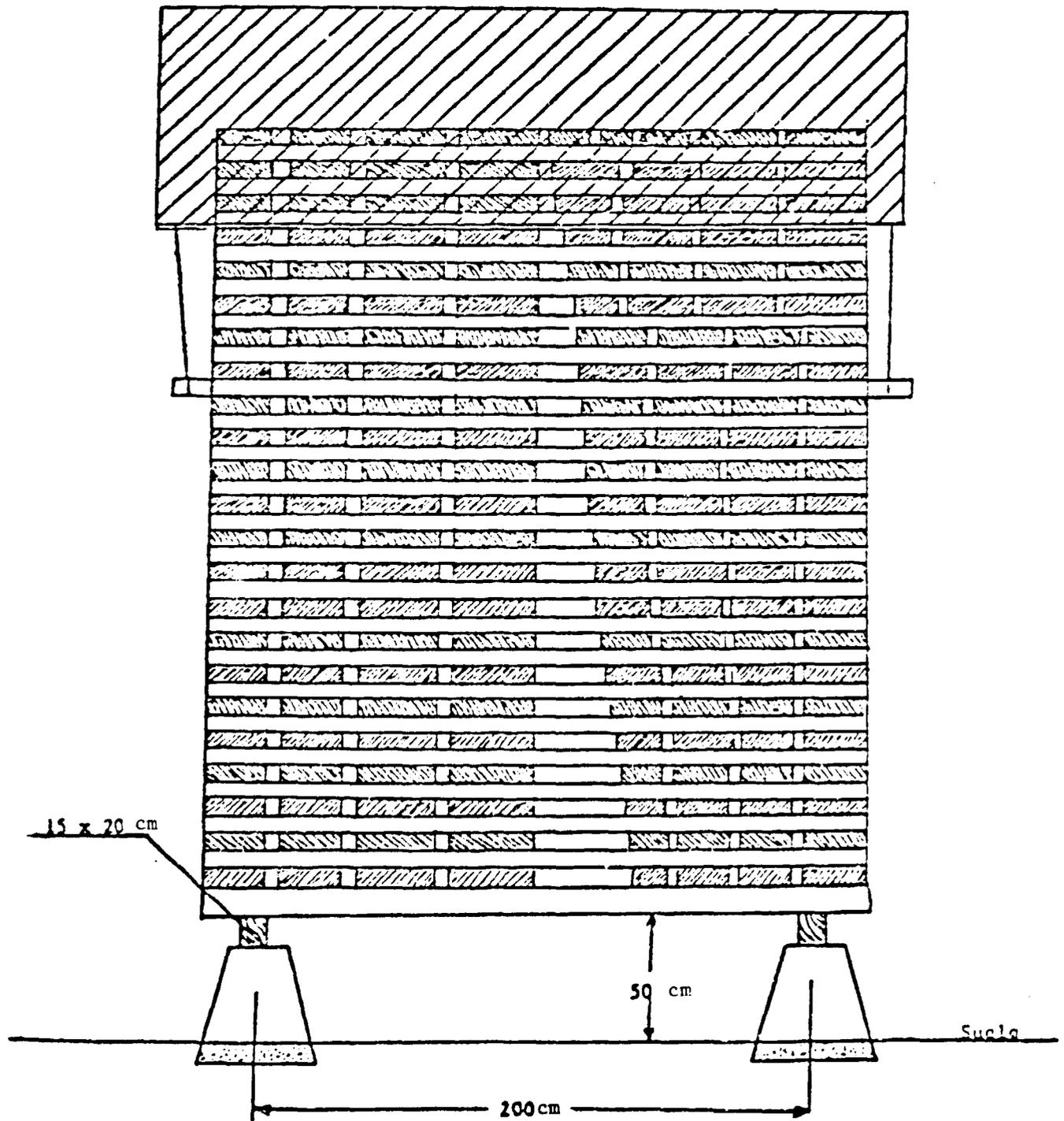


Fig. No. 2

Pila plana



#### 5.4 Preservación de la madera

Existen varios sistemas de preservación para madera según su uso final.

Todos tienen como objeto proteger la madera contra el ataque de los hongos cromógenos y xilófagos y de los insectos (p.e. térmitas o polillas) mediante la aplicación de preservadores químicos. El éxito de un tratamiento depende del producto químico usado y del proceso de aplicación. El grado de penetración depende de la especie de madera y también del proceso de aplicación.

Toda la madera para construcciones, así como para los puentes ONUDI, debe tener una alta durabilidad natural o un buen tratamiento químico. Coincide que la mayoría de las especies durables son semi duras o duras ( y se prestan entonces para la construcción de los puentes por sus propiedades mecánicas) y al mismo tiempo son menos penetrables por los productos químicos en los procesos de preservación.

En el Centro Forestal de Conocoto existe toda clase de información sobre estos procesos; por esto, el autor se limita a dar sólo una breve descripción.

La más simple protección de la madera ya se puede obtener en la construcción correcta. Por ejemplo, la madera normalmente no debe estar en contacto directo con la tierra, ni estar enterrada en hormigón. Esto se aplica en el diseño de los puentes ONUDI. Un techo adecuado y un desvío rápido de las aguas de lluvia también prolonga la vida útil de las construcciones de madera.

Los principales procesos son ( en orden de su eficiencia):

##### I. Procesos sin presión

###### a) Aplicación con brocha

Protección muy limitada y superficial, empleado como mantenimiento o protección temporal.

###### b) Inmersión durante breves instantes

Protección limitada y temporal

###### c) Difusión en madera verde

Proceso lento (hasta 2 meses) con protección limitada por la lixiviabilidad de los preservadores (sales). Después la madera tiene que ser secada.

###### d) Baño caliente y frío

La madera se sumerge totalmente en un baño con preservante frío (p.e. creosota) que después se calienta hasta 85-95° C. Esta temperatura se mantiene durante varias horas (depende de la especie). El baño se deja enfriar (importante) antes que la madera se retire.

Los resultados son superiores a la simple inmersión, sin embargo la protección obtenida es también limitada. El proceso puede ser peligroso (posibilidad de incendios).

## II Procesos de presión (en autoclave)

Estos son los más importantes con la mejor y a veces total penetración del preservante. Trabajan con creosota o sales (p.e. CCA- cobre, cromo, arsénico) y dan una protección definitiva a la madera.

Los procesos se aplican en industrias madereras donde la inversión financiera para un autoclave (US\$70,000 y más) puede amortizarse, o por pedido en estas industrias (aproximadamente 4.000 sucres/m<sup>3</sup> de madera).

### Conclusión

Por el hecho que el mantenimiento de los puentes en el campo es casi nulo (experiencia internacional) conviene usar para la construcción de puentes ONUDI sólo las especies de madera con buena durabilidad natural, las que no necesitan un tratamiento químico durante su vida útil de 20 - 25 años.

El único proceso de preservación química admisible para puentes ONUDI sería uno de presión en autoclave - para ampliar la gama de las especies adecuadas e incluir otras, como por ejemplo pino, una buena madera para construcciones, la que necesita tratamiento químico.

Para un proyecto de producción de puentes ONUDI en serie (50 o más por año), conviene estudiar la posibilidad de adquirir un autoclave, sobre todo si en el mismo proyecto se prefabrican otros productos de madera como cerchas para viviendas y aulas escolares.

5.5 Grupos de Fuerza (Strength Groups") - Sistema Australiano -

Mientras que el autor de este informe (con una educación profesional en anatomía y tecnología de madera) todavía prefiere recomendar distintas especies con propiedades conocidas para la construcción de puentes ONUDI en los diferentes países donde se han realizado proyectos, existe un sistema de agrupación por fuerza, que se puede aplicar para la selección de maderas adecuadas, sin conocimiento previo de la materia.

Este sistema se desarrolló en Australia, donde la diversidad de especies indígenas usadas para construcciones demandó semejante simplificación.

Básicamente el sistema agrupa miles de especies de madera de todos los lados del mundo en 7 grupos de fuerza, nombrados S1 - S7 (Diendo S1 el más fuerte).

Para clasificar una madera desconocida en uno de estos grupos, es preciso sacar una pequeña pieza de esta madera (sin ningún defecto que podría afectar sus propiedades mecánicas) y determinar 4 propiedades mecánicas en un laboratorio de madera (como el Centro Forestal de Conocoto).

La siguiente tablada los valores mínimos para cada grupo:

Clasificación de fuerza - valores mínimos (basado en pequeñas piezas sin defectos)  
defectos)

GRUPO DE FUERZA	CONTENIDO DE HUMEDAD	MOR (MPa)	MOE x10 <sup>3</sup> (MPa)	COMPRESION ER (PARALELO) (MPa)	CIZALLAMIENTO PROMEDIO R/T (MPa)
S1	VERDE	103	16.3	52	13.1
	12%	158	18.7	81	18.7
S2	VERDE	86	14.2	43	11.0
	12%	134	16.3	71	16.7
S3	VERDE	73	12.4	36	9.1
	12%	114	14.2	62	15.0
S4	VERDE	62	10.7	31	7.7
	12%	94	12.4	53	13.1
S5	VERDE	52	9.1	26	6.5
	12%	79	10.7	46	11.7
S6	VERDE	43	7.9	22	5.5
	12%	67	9.1	40	10.3
S7	VERDE	36	6.9	18	4.6
	12%	57	7.9	34	9.1

En la práctica, la madera casi siempre contiene algunos defectos. Por eso es preciso aplicar una calificación visual de 3 grados (ver el capítulo sobre la clasificación) y relacionarlos con los grupos de fuerza, antes mencionados, para determinar el grado de la carga de trabajo admisible (CTA) o "Stress Grade", nombrado "F" en Australia. "F7" indica, p.e., que para un material determinado la CTA en relación al MOE está alrededor de 7 MPa.

La próxima tabla indica las relaciones entre los grupos de fuerza ("S"), grados de calificación y grados CTA ("F") :

GRUPO DE FUERZA \ GRADO VISUAL	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
A = 75%	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7
B = 60%	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5
C = 48%	F17	F14	F11	F8	F7	F5	F4

Tomando estos grados, se puede ver la posibilidad de que diferentes maderas, también de diferentes grupos de fuerza y de diferentes calidades se podrían mezclar, sin que el grado "F" o la CTA se cambie. Por ejemplo una especie del grupo "S4", calificada visualmente en el grado A = 75% tiene una CTA de "F14" y se podría mezclar con otra especie del grupo "S3", calificada en B y/o otra del grupo "S2", calificada en C.

Una vez establecido el "Stress Grade" ("F") para una pieza de madera se puede entrar en las tablas de diseño sin cálculos adicionales de esfuerzos y determinar el número de armaduras necesarias para diferentes luces y diferentes cargas.

NOTA:

$$1 \text{ MEGAPASCAL (MPa)} = 1 \text{ N/mm}^2 = 145 \text{ lbf/in}^2 = 10,2 \text{ kg/cm}^2$$

VALORES DE MADERA SECA (12%) ESTIMADOS DE VALORES EN VERDE

Hay que notar, sin embargo, que existen muchas maderas que, en virtud de su durabilidad natural, su comportamiento durante el secado, su inferior trabajabilidad o su alto valor para otros usos no se prestan para la construcción de puentes ONUDI.

Las dudas hay que referirlas al Centro Forestal de Conocoto, que está dispuesto a dar las informaciones respectivas.

5.5.1 Algunas Maderas de la Región con sus Respectivos Grupos de Fuerza

Por el hecho que las mismas especies botánicas pueden tener diferentes propiedades físicas y mecánicas, dependiendo de la región donde se encuentran, conviene sacar los datos exactos en el CFC con muestras de la región de abastecimiento. En el CFC, se encuentra también una variedad de publicaciones al respecto, entre otras las "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera - 20 Especies del Ecuador y 104 Especies del Grupo Andino".

<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombres Comunes</u>	<u>Grupo de Fuerza</u>
Achras zapota	Sapodilla Zapota Nispero	S 3
Andira inermis	Angelin Almendro Batseed Corero Amargoza	S 3
Bagassa guiarensis	Tatajuba Bagasse	S 2
Brosimum utile	Sande Amapadoce	S 3 - S E/S 7
Bucida buceras	Ucar Bulletwood Jucaro Black olive Oxhorn bucida Pucte	S 1
Calophyllum brasiliense	Jacareuba Balsemaria Santa Maria Krassa Alfaso Bella Maria Galba Palo Maria Wild calabash	S 4/S 5
Cespedesia spathulata	Pacora	S 5/S 6
Chlorophora tinctoria	Amoeira Palo amarillo Insira caspi Moral fino Dinde Fustic	S 2
Clarisia racemosa	Pituca Moral bobo	S 4

<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombres Comunes</u>	<u>Grupo de Fuerza</u>
Dicornia guianensis	Basralocus Angelica Angelique	8 3
Dipholis salicifolia	Bustic Jubilla Chachiga Nispero amarillo	S 3
Diplothropis purpurea	Sucupira Congrio Tatabu	S 1
Dipteryx odorata	Tonka Kumaru Koemaroe	S 1
Eperua falcata	Wallaba Wapa	S 2
Eschweilera longipes " subglandulosa	Manbarklak Kakaralli Machinmango Majaguillo	S 1
Eucalyptus globulus	Eucalipto	S 4
Goupia glabara	Cupiuba Capricornia Saino Kopi Kabukalli Congrio blanco	S 4
Guarea spp.	Piaste	S 6
Humiria balsamifera	Tauroniro Turamira Quinille Oloroso Nina Basra bolletrie Bois rouge	S 2
Hieronyma chocoensis	Mescarey	S 3
Hymenaea courbaril	Courbaril Jatobe Teina Sirari Guapinol Copal Algerrobo Locust	S 3
Licania ternatensis	Bois gris Bois diable Bois de masse	S 2

<u>Nombre Cientifico</u>	<u>Nombres Comunes</u>	<u>Grupo de Fuerza</u>
Manilkara bidentata	Balata	
	Bullet wood	
	Massaranduba	
	Purguo	S 1
	Balata franc	
	Bolletri	
Mora excelsa	Quinilla pamashto	
	Mora	S 1
	Peto	
	Greenheart	
	Itabua	S 1
	Isoingo moena	
Ocotea rodisei	Viruviru	
	Beeberoe	
	Wana	
	Louro vermelho	
	Ishpingo maracao	S 4
	Gringon franc	
Ocotea rubra	Determa	
	Carribbean pito pine	
	Constanero	S 4
	Aste	
	Pinoeuzau	
	Pino macho	
Pinus caribaea	Slash pine	S 5
	Radiata pine	S 5
Pinus elliottii	Ocote	S 4
	Pino blanco	
Pinus radiata	Purpleheart	
	Pau roxo	
Pinus oocarpa	Palo violeta	S 2
	Morado	
Peltogyne pubescens	Amarante	
	Romerillo Azuceno	S 6
Podocarpus oleifolius	" fino	S 5
Podocarpus rospigliosii	Mandioqueira	
Qualea rosea	Gronfolo	S 4
	Gringon fou	
Symphonia globulifera	Anani	
	Azufre	
	Cerillo	
	Leche Maria	
	Barrillo	S 3/S 4
	Machare	
	Perman	
	Manni	
	Mataki	
	Manil	

<u>Nombre Cientifico</u>	<u>Nombres Comunes</u>	<u>Grupo de Fuerza</u>
Tabebuia guayacan	Guayacan Lapacho	S 1
Terminalia amazonica	Guayabo Yumbingue Roble amarillo " de Esmeraldas Nargusta Fukadi/Fakadi Guacharaco Pau mulato brancho	S 3
Triplaris guayaquilensis	Fernansanchez	S 5
Vouacappoua americana	Acepu Sara Bruinhert	S 2

6. Partes de Acero

Los platinos, planchas y tensores metálicos para los puentes ONUDI se confeccionan de acuerdo con los planos 1 Ac - 5 Ac. El material es cortado en planchas de 122 x 244 cm (4 x 8 pies) con espesores de 6,9 y 12 mm de acero dulce. Este material, así como las barillas de transmisión en diámetros de 38 y 50 mm para las espigas esta disponible en el Ecuador.

Una excepción son los tensores de 6 x 150 x 3150 mm. Mientras exista planchas con un largo de 6 metros, el desperdicio cortando tensores de 3,15 metros sería excesivo.

Hay tres soluciones:

- importación directa (al cambio oficial) de los tensores ya cortados a la medida. El proyecto demostrativo, como otros proyectos demostrativos de la ONUDI, recibió los tensores de la empresa Alemana

E. KOMROWSKI & Co.  
POB 1038 HAMBURG/RFA  
TELEX 21 62 425

Con fecha 4 de enero de 1984 esta empresa ofreció un precio de DM 3,750 (ca. US\$1,170)/100 kg CIF Guayaquil - o sea ca. US\$ 25/tensor, y el material puede llegar después de dos meses de haber hecho el pedido.

- importación directa de acero de 6 x 150 mm en forma de rollos, para cortar los largos deseados en el Ecuador
- confección de tensores alternativos de 9mm (ver plano 17) con extensiones soldados en cada extremo, las que se usan en forma alternada en conjunto con los tensores standard.

Con este sistema sería posible aprovechar el material en planchas de 6 metros de largo sin desperdicios.

Los pasadores se cortan de hierros redondos para amar hormigón (tipo liso, diámetro 12mm), los que estan disponibles en 6 metros de largo.

El proyecto demostrativo tenía un convenio con la DINE (fábrica de municiones "Sta. Bárbara") para la fabricación de los platinos incluyendo los trabajos de soldadura y de las perforaciones.

La DINE está dispuesta a seguir con estos trabajos en la continuación del proyecto en Conocoto y también ofrecerlos por contrato a empresas privadas u organismos interesados en la fabricación de puentes modulares tipo OJUDI. La calidad del trabajo es excelente.

Para completar el herramental existente en la DINE sería conveniente proporcionar, para la continuación del proyecto, una broca HSS de 52 mm para las perforaciones de los tensores y una segunda máquina cortadora tipo "Quicky" de Messrs. Griesheim.

Los pernos según especificación (ver lista del material) están disponibles en la fábrica TOPESA en Sangolquí.

Mientras que la DINE contribuyó al proyecto a través de la confección de las platinas y partes de acero en forma gratuita, se hizo un cálculo de los costos teóricos, basada en los costos del material, las horas/hombre (H/H) así como las horas de máquina (H/M) según el siguiente esquema:

CLAVE

01	MATERIALES		
02	MOD (mano de Obra Directa)	H/H x 92	Sucres
03	MOI (mano de obra indirecta)	H/H x 92	Sucres
04	DEPRECIACION	H/M x 85	Sucres
<hr/>			
05	TOTAL		
	+ GASTOS DE FABRICACION	(14% de 05)	
<hr/>			
06	TOTAL		
	+ UTILIDAD	(30% de 06)	
<hr/>			
07	COSTOS TOTALES		

La desventaja de este esquema es obvio: Los costos de los materiales influyen los gastos de fabricación así como la utilidad, lo que no es lógico.

7. Mesa de Ensamblaje o Molde (Fig.3.4 y fotos)

En esta mesa se producen las dos mitades de un módulo. El molde representa entonces la parte central de la producción en series. Es absolutamente preciso que las dimensiones y ángulos del molde sean exactos y conforme a las dimensiones indicadas en el plano Lámina 8, porque la producción de módulos idénticos depende de esto. También las dos mitades de un módulo deben coincidir perfectamente con las perforaciones para pernos y la posición de la espiga, para que los tensores metálicos reciban iguales cargas. El material (madera o acero) y el diseño del molde mismo quedan libres, pero la construcción debe estar bastante fuerte para los varios trabajos del ensamblaje (taladrar, clavar, etc.).

En el proyecto demostrativo se uso madera secada al horno (15 - 18% de humedad para evitar contracciones volumétricas) en las dimensiones disponibles para la construcción de los puentes.

Materiales necesarios:

- 0.5 m<sup>3</sup> de madera

Cantidad (piezas)	Dimensiones (en mm)	Descripción
6	100 x 150 x 700	patas
5	50 x 250 x 3400	tablas laterales y superiores
1	50 x 200 x 3400	tablas de refuerzo horizontal
2	50 x 200 x 2500	tablas de refuerzo diagonal
4	100 x 100 x 1700	travesaños
5	varios	topes

- Pernos (con 1 tuerca y 2 rodels c/u)

	(en mm)	(en pulgadas)
20	12 x 70	1/2" x 3"
2	12 x 110	1/2" x 4 1/2"
24	12 x 120	1/2" x 5"
18	12 x 170	1/2" x 7"

- Tirafondos ( con 1 rodela c/u)

	<u>( en mm)</u>	<u>(en pulgadas)</u>
16	12 x 100	1/2" x 4"

Pernos y tirafondos en la parte superior del molde puestos con cabeza perdida donde sea preciso.

- Topes metálicos

4	6 x 150	(cortados de los tensores)
---	---------	----------------------------

FIG. 3 MOLDE DE ASEMBLAJE

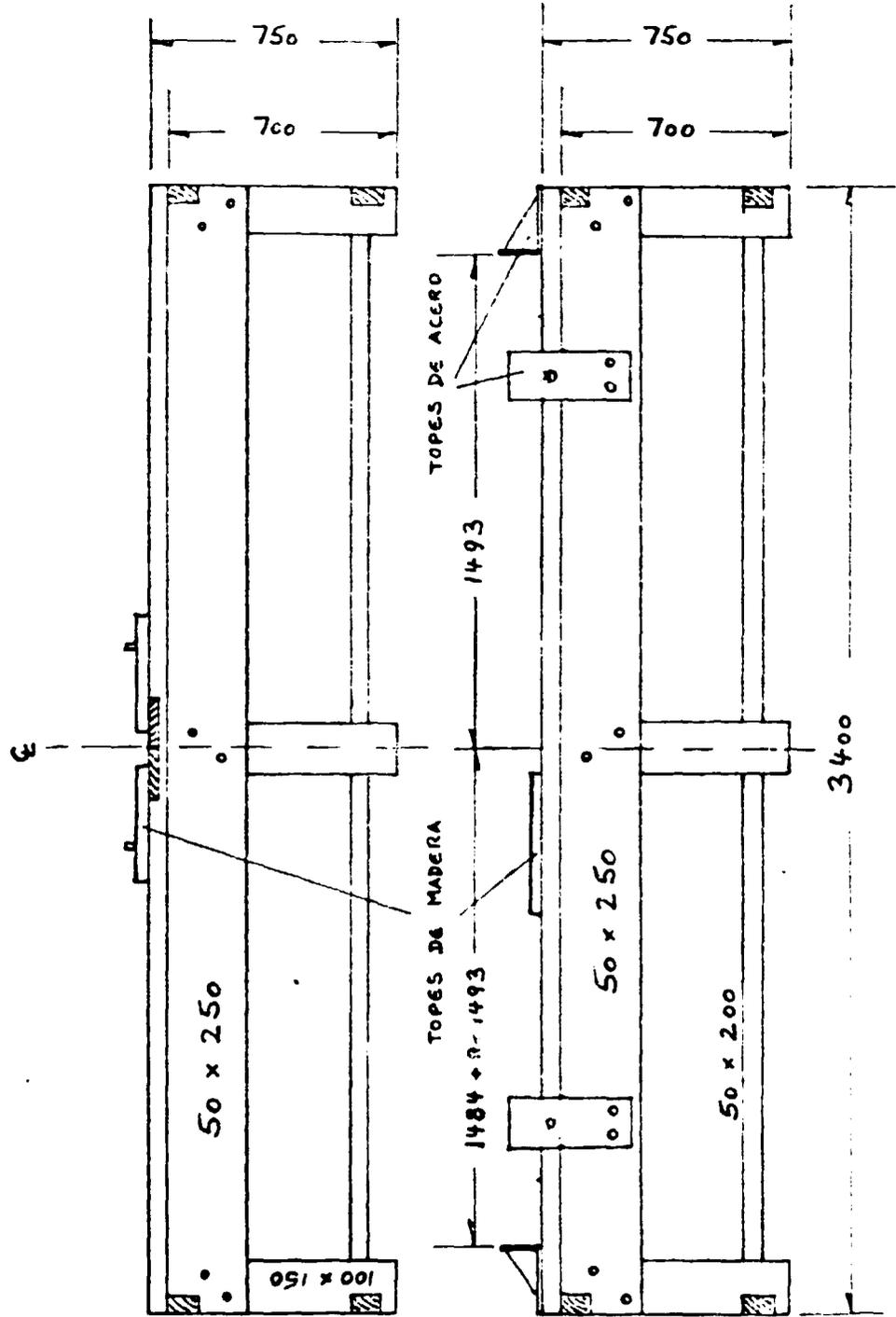
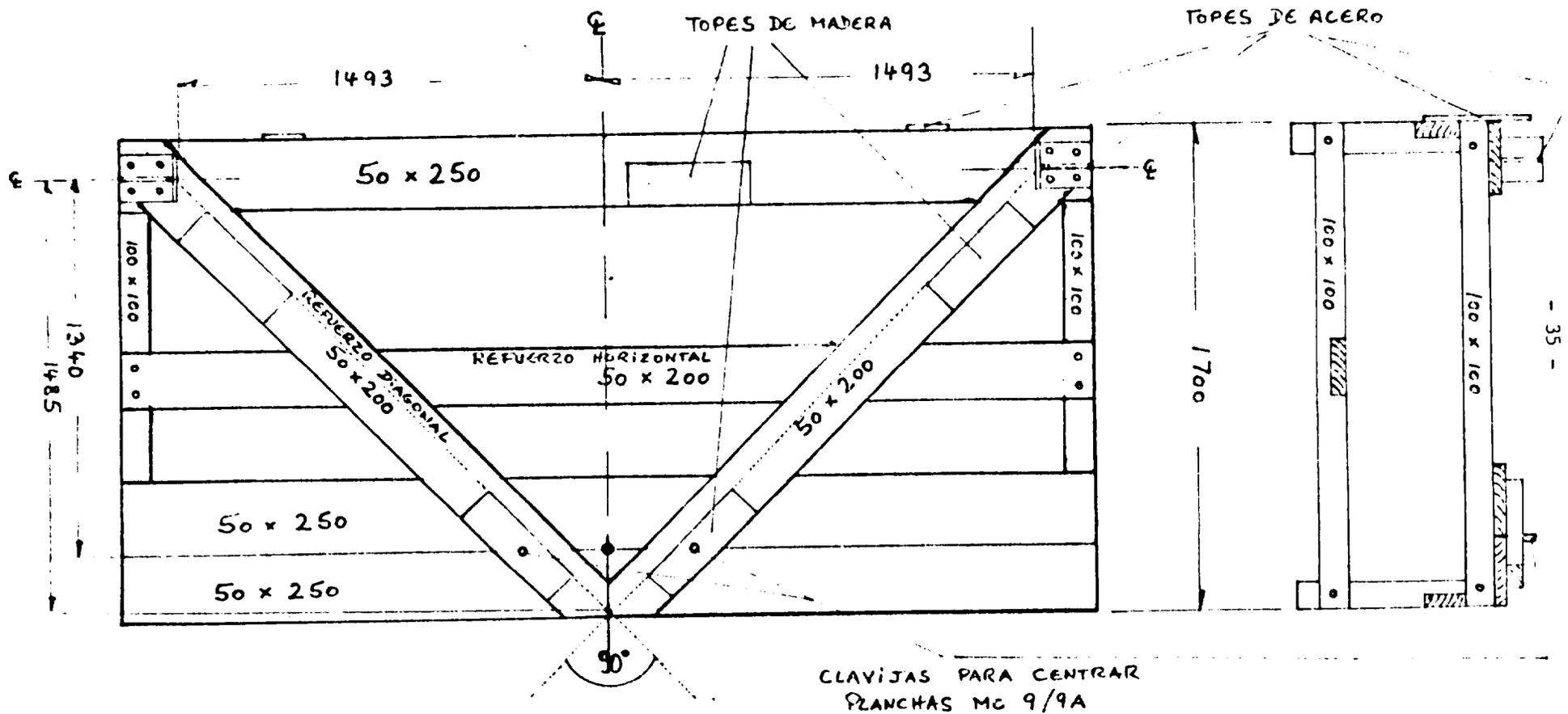


FIG. 4 MOLDE DE ASEMBLAJE



8. Materiales suplementarios

- Pieza de acero para centrar planchas Mc 9/9A (Fig. 6 )

El material, acero de 6mm se corta de los tensores. Después del ajuste con espigas en el molde, conviene marcar la parte superior, para que las planchas de Mc 9/9A siempre queden centradas iguales.

- Plantillas para clavar (Fig. 7 )

Estas plantillas pueden confeccionarse de cualquier material (plywood, aluminio, acero) y sirven para que las dos mitades de un módulo esten siempre unidos por clavos en la misma forma y con el número correcto de clavos.

- Topes para los taladros eléctricos a mano

Las perforaciones para recibir los pasadores de 12 mm de diámetro en cada plancha deben tener una profundidad de 50 y 100 mm respectivamente (ver plano lámina 7). Conviene entonces confeccionar simples topes de madera para cada taladro o sea cada esquina del módulo triangular (3 para perforaciones de 50mm y 2 para perforaciones de 100 mm).

- Plantilla para prefabricar los arriostramientos verticales (Fig. 5 )

Para fijar las planchas Mc 8 sobre las piezas de madera ya dimensionadas, conviene confeccionar una simple plantilla para asegurar la fabricación exacta de estos elementos (p.e. en un lado de la mesa de ensamble). La plantilla consiste de 2 espigas de 25mm de diámetro (1") - pie. pernos de 120 mm (5") con cabeza cortada - implantadas en la mesa y de 2 topes para la pieza de madera.

Fig. 5

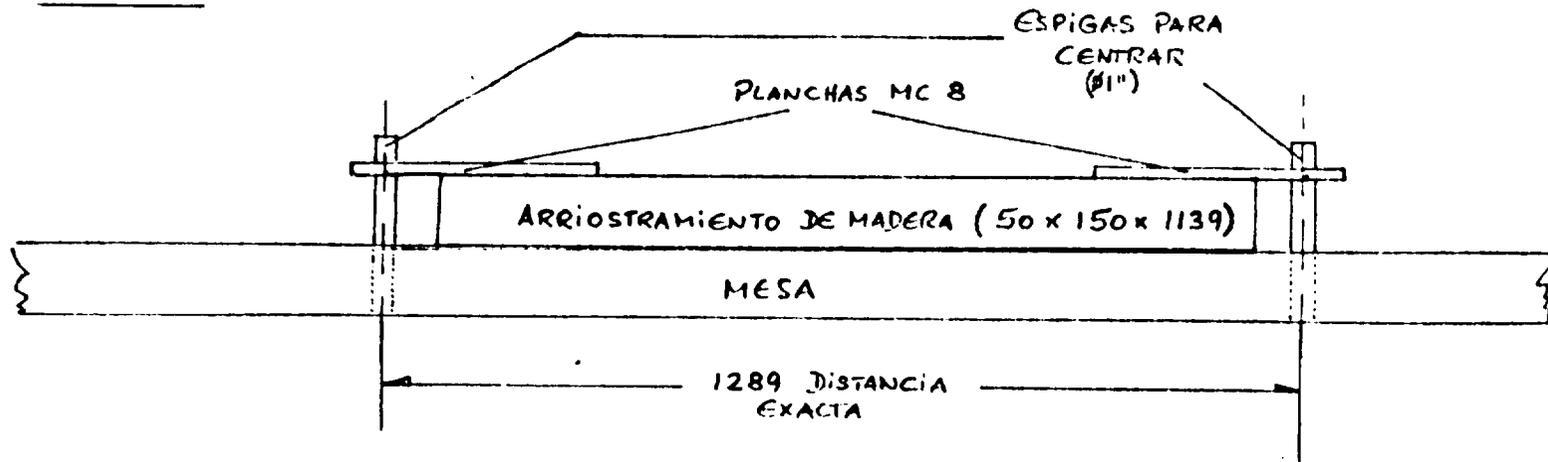


Fig. 6

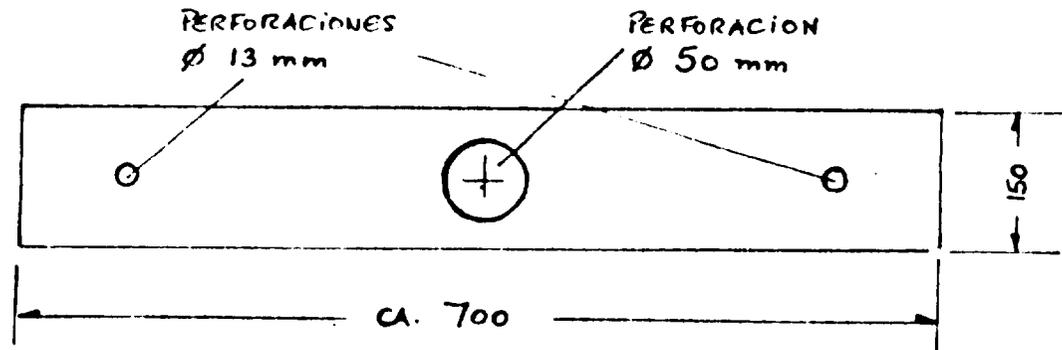
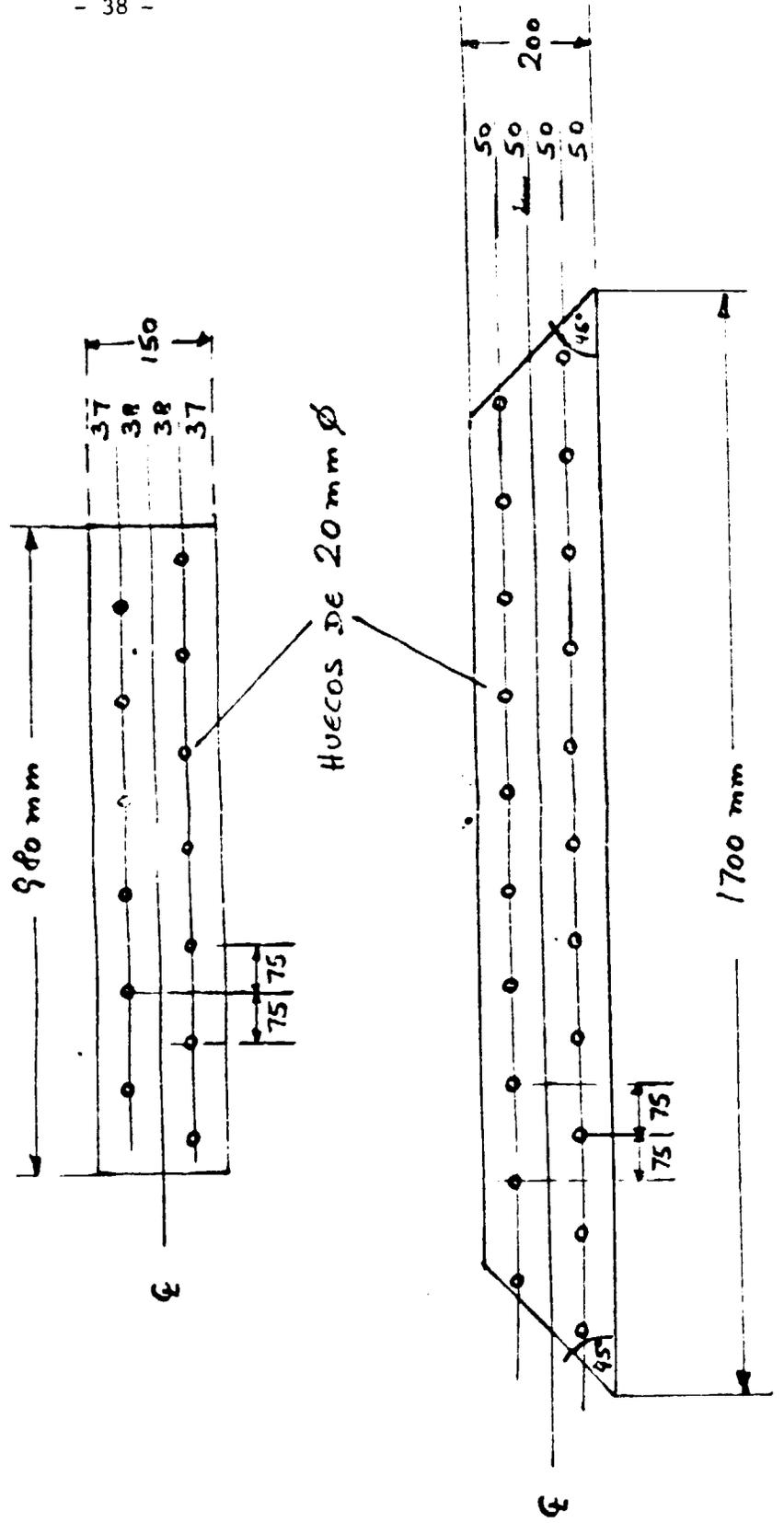


FIG. 7 MOLDES PARA CLAVAJE

MATERIAL: ACERO, ALUMINIO O MADERA TERCIADA



## 9. El Taller

El proyecto demostrativo tenía a su disposición completa un galpón en el CFC de 32 x 15 metros (480 m<sup>2</sup>). Este galpón mismo también demostrativo, es construido con pedazos cortos de madera blanda y representa una alternativa muy interesante a las construcciones tradicionales de acero importado. Planos e información están disponibles en el CFC.

En un extremo había bodegas y oficinas. Mientras que básicamente cualquier galpón con suelo de hormigón y una superficie mínima de unos 250 m<sup>2</sup> está apto para ubicar una fabricación de puentes ONUDI en serie, esta situación representó una forma ideal con buenas posibilidades de ampliación en respecto a la maquinaria y el proceso mismo (varias mesas de ensamblaje en vez de sólo una).

El flujo de material se produjo en forma de "U". En un lado había el area de dimensionamiento con tres máquinas:

- canteadora para dar dos caras planas y un ángulo recto a la madera predimensionada en el aserradero.
- Sierra Circular para dimensionar el ancho correcto de los tablones
- Cepilladora para dimensionar el espesor exacto de los tablones

Tomando en cuenta las dimensiones principales de los elementos (p.e. 50 x 250 x 3500 mm) y las especies semiduras a duras que normalmente se usan en la fabricación de los puentes ONUDI, esta maquinaria debe ser del tipo "heavy duty" y pesada con motores de una potencia de no menos 10 HP.

En el Ecuador, también por razones de repuestos conviene seleccionar maquinaria de fabricación nacional (DAFIGO).

Respecto a la cepilladora es suficiente que tenga un ancho de trabajo de unos 400 mm, pero conviene, que la abertura llegue hasta 300 mm al mismo tiempo para tener la posibilidad de dimensionar también el ancho de los tablones precisamente (pasándoles en forma vertical).

Toda la maquinaria debe estar equipada con cuchillas y sierras) de acero rápido. Estas tres máquinas son las que producen la mayor parte de los desperdicios en todo el proceso de fabricación (polvo, aserrín, viruta). Por eso conviene prever

algún sistema de extracción (información disponible en el CFC), para que estos desperdicios no impidan el proceso de ensamblaje que requiere de precisión. Además es necesario un espacio libre y suficientemente grande entre las máquinas para poder apilar los tablones que esperan a la próxima máquina u otra pasada en la misma máquina (p.e. varias pasadas en la cepilladora).

Sería deseable mejorar técnicamente la situación de los aserraderos introduciendo sierras cintas; esto podría contribuir bastante a la disminución de los desperdicios en el taller de los puentes y podría acelerar el proceso de dimensionar los tablones a medidas exactas, básico para los puentes ONUDI.

Al fin de la línea de dimensionamiento se necesita un espacio libre donde los tablones, ahora exactamente dimensionados por sección, puedan estar apilados en forma ordenada y separados por anchos, para esperar a la última máquina, la sierra radial, donde son terminados con cortes precisos del largo y de los ángulos (45 y 90 grados), para formar los elementos de los módulos.

La sierra radial es la máquina clave del proceso entero y también debe ser del tipo "heavy duty", equipado con sierras armadas de acero rápido.

El proyecto demostrativo importó, debido a la buena experiencia en otros proyectos ONUDI, una sierra WADKIN que trabajó con buen éxito (está disponible para demostraciones en el CFC). Conviene seleccionar el tipo "Semi Universal 350 BRA 0 400 BRA" con motores de 6 HP si la sierra sería usada solamente en la fabricación de elementos para puentes ONUDI, o (con costos más elevados los respectivos tipos "UNIVERSAL" para carpintería general. Informaciones y venta:

WADKIN BURSGREEN  
Fence Houses, Houghton-Le-Spring, Tyne & Wear  
DH4 5RQ, Inglaterra  
Telex 53441

La sierra debe estar equipada con una mesa de rodillos (de unos 3 metros de largo) a cada lado, con calibración métrica y topes móviles. Las mesas están disponibles como accesorio o se pueden confeccionar localmente.

Los desperdicios que ocasiona esta sierra son sobre todo del tipo sólido y se prestan, por sus dimensiones exactas perfectamente a varios trabajos adicionales (p.e. material didáctico - bloques - para niños - como en el proyecto demostrativo). Vale la pena no botarlos.

Los elementos terminados se apilan ordenadamente alrededor de la mesa de ensamblaje (molde), que forma la parte central de la producción de módulos en series (ver también Fig.8 ) dejando espacio suficiente en la prolongación central para que los trabajos de soldadura y pintura con anticorrosivos puedan seguir. Los módulos terminados son almacenados al fin de la línea de producción, listos para el transporte a los sitios.

Hay entonces cinco complejos de trabajo:

I. Dimensionar los tablonés en sección (canteadora, sierra circular, cepilladora).

Estos trabajos se podrían prever también en otro lugar o taller.

II. Terminación de los elementos (sierra radial).

III. Ensamblaje de los módulos (molde)

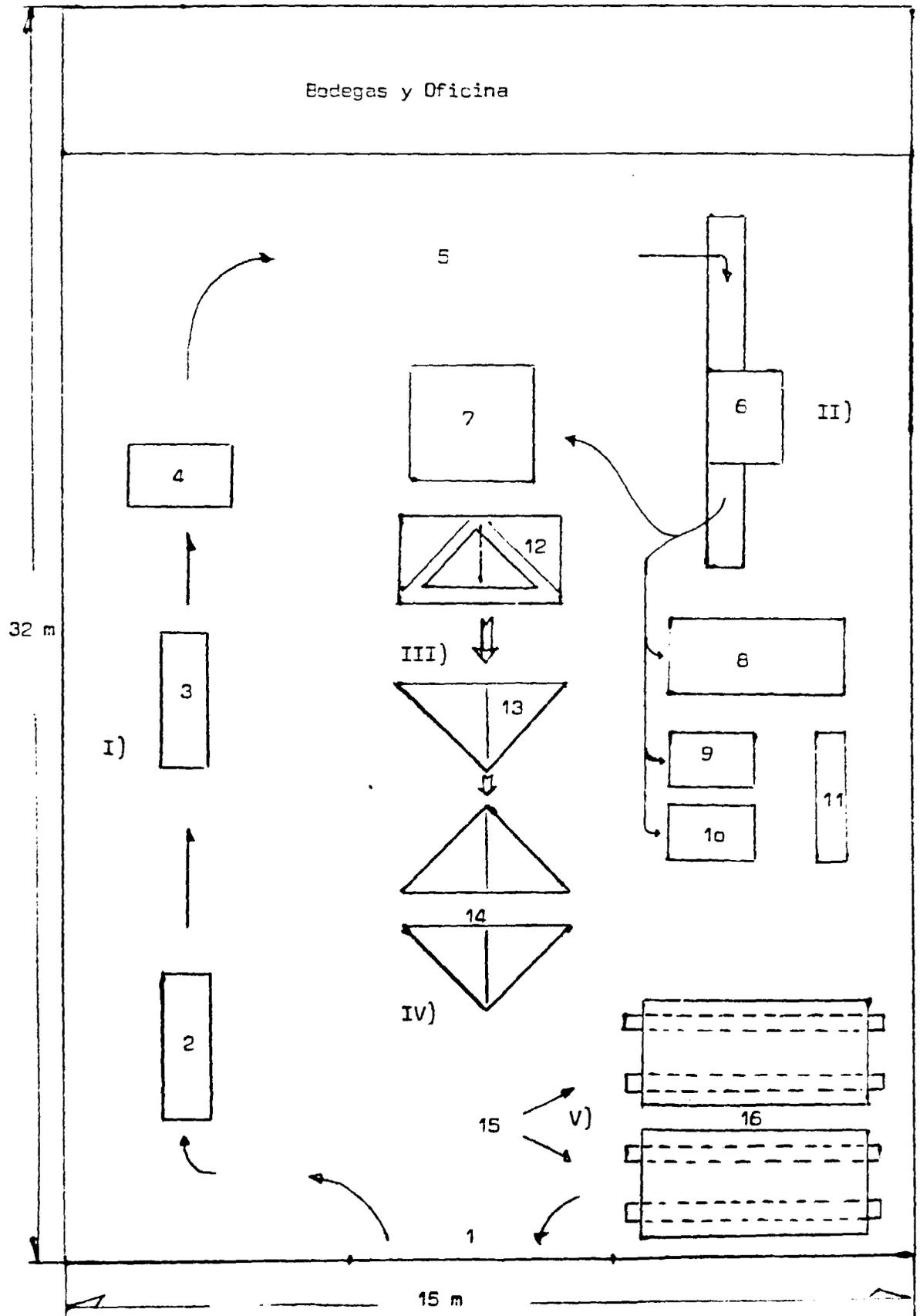
IV. Soldadura y pintura

V. Almacenaje de los módulos listos para el transporte. Esto también se podría prever en otro lugar (bajo techo) junto con los otros materiales de lanzamiento y terminación del puente (tensores, material de pasa manos, arriostramientos, etc.)

Legenda para el plano del taller (Fig.9 )

- 1 - Entrada y Salida
- 2 - Canteadora
- 3 - Sierra Circular para dimensionar el ancho de las piezas
- 4 - Cepilladora " " " espesor " " "
- 5 - Almacenaje de las piezas dimensionadas por sección
- 6 - Sierra Radial (terminación de los elementos)
- 7 - Almacenaje de los elementos no. 2 T
- 8 - " " " " no. 1 T
- 9 - " " " " no. 3 T
- 10 - " " " espacedores
- 11 - " " " " no. 4 T
- 12 - Molde de Asemblaje
- 13 - Terminación de los módulos
- 14 - Soldadura
- 15 - Pintura
- 16 - Almacenaje de los módulos prefabricados

Fig. 8 PLANO DEL TALLER y FLUJO DE LA PRODUCCION (en el CFC)



9.1 Herramental Pequeño del Taller

El herramental pequeño que se usa en el taller de puentes es básico. A continuación se da la lista de las herramientas adquiridas por el proyecto demostrativo:

3 taladros eléctricos (ISKRA) con avance continuo y con revestimiento de 13mm

1 moleadora eléctrica (ISKRA)

3 escuadras de carpintero

1 escuadra para techar

5 martillos de 1250 gramos

2 martillos de 2000 gramos

3 formones de 25 mm

1 cepillo STANLEY No. 5

1 saca clavos (pie de cabra)

2 serruchos (SANDVIK)

4 prensas de 300 mm

Brocas: 4 mm  $\emptyset$  pretaladrar para clavos

12 mm  $\emptyset$  pasadores (clavijas) y pernos

27 mm  $\emptyset$  (especial para madera) pernos

Llaves y rachas para pernos

Tenazas, alicates, destornecedores

5 cintas STANLEY de 5 metros

10. Estribos

Los estribos para los puentes ONUDI se construyen en forma tradicional con hormigón ciclópeo o con hormigón armado donde sea preciso. Deben estar suficientemente altos para asegurar distancia mínima de seguridad entre la parte baja de la construcción modular del puente y las aguas máximas.

Cada estribo debe recibir un cabezal de hormigón armado (ver plano lámina 2En) para acomodar los apoyos del puente. Los cabezales pueden ponerse también sobre estribos ya existentes con anclaje adecuado y con distancias entre ellos en multiples de 3 metros (indispensable para este sistema modular de puentes). Los costos de los estribos varían con los sitios y tienen que estar calculados aparte.

Costos en Enero 1985:

Hormigon ciclopeo (puesto en el campo)	\$ 6,500 / m3
" armado ( " " " " )	\$ 15,000 / m3
Excavacion de tierra	\$ 600 / m3

## 11. El Lanzamiento

El lanzamiento se puede efectuar en forma muy simple, usando dos torres de lanzamiento y 3 tecles tipo TIRFOR con cables, lazos y poleas.

Las torres se anclan mediante el cable fijo y lazos a cada lado en una distancia mínima de 10 metros de las torres. Como anclaje pueden servir troncos de madera enterrados a una profundidad de unos 2 metros en la línea central de los estribos.

Un teclé sirve para tensionar este cable fijo. Los módulos se arman sobre la plataforma de lanzamiento a un lado debajo de la torre para formar parejas de cerchas, las cuales son entonces tiradas sobre el río mediante un segundo teclé al otro lado del río con cable y lazo fijado en los primeros dos módulos, dejando así espacio en la plataforma para juntar otros módulos, hasta que la luz está terminada. El peso está soportado por el cable fijo mediante una polea. Un tercer teclé con cable y lazo, fijado en los últimos dos módulos, sirve para levantar la pareja de cerchas libre de la plataforma.

Con interacción de los tres tecles la pareja de cerchas se deja asentar sobre los cabezales de los estribos. Con palancas la pareja de cerchas está desplazada a un lado de los estribos. Con palancas la pareja de cerchas están movidas en su posición final.

Para facilitar el movimiento, conviene poner pernos y tubos de acero debajo de las cerchas, sobre los cuales las cerchas pueden reudear.

### 11.1 Materiales para el lanzamiento de los puentes

#### - Torres de lanzamiento (Fig.9)

Las torres consisten de una gorra de acero de 12mm (Fig.9) para juntar las 4 patas de cada torre en la parte superior y para fijar las poleas con los cables de lanzamiento y de 4 patas con refuerzos.

Se construyen con cualquier material (palos) suficientemente largo y fuerte para soportar las cargas durante el lanzamiento de las armaduras (max. 2.5 toneladas en cada torre). En el caso que los bordillos de 150 X 150 mm estan disponibles en largos superiores a 6 metros, éstos podrían usarse como patas. Si no, también las tablas del piso (50 X 100mm) podrían estar clavadas una contra la otra (3) para confeccionar las patas. La ventaja sería, que estos materiales se usarían después del lanzamiento en la terminación del puente, así economizando capacidad de transporte.

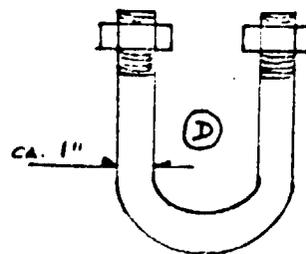
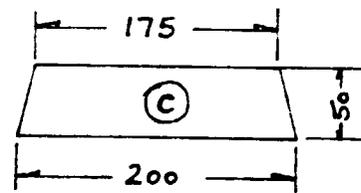
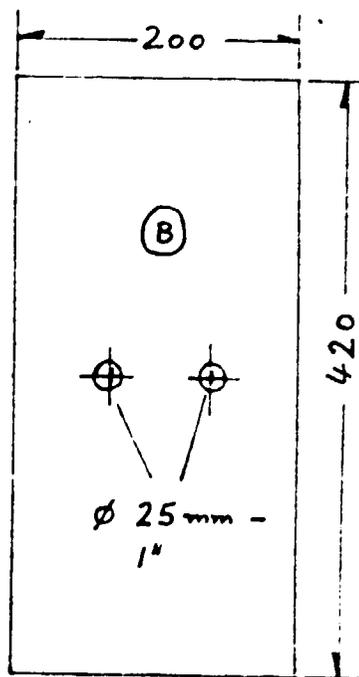
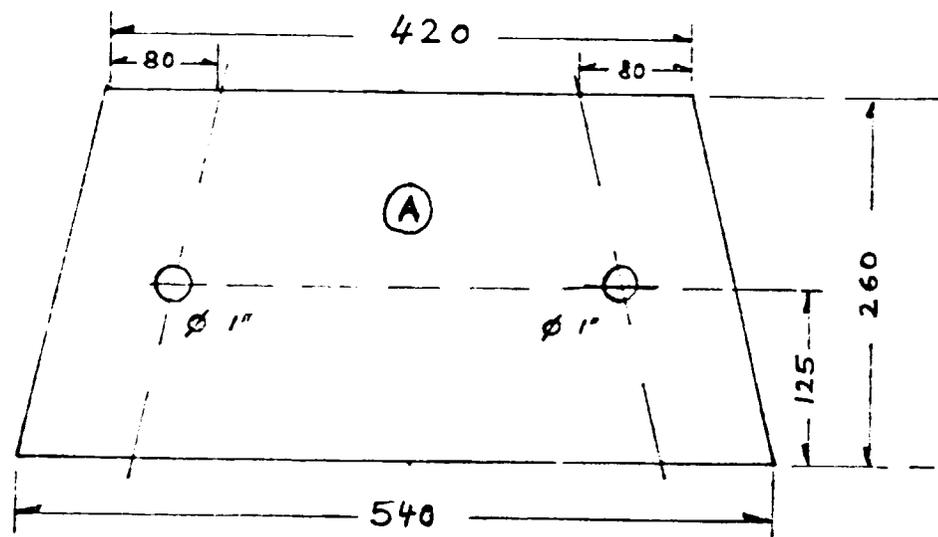
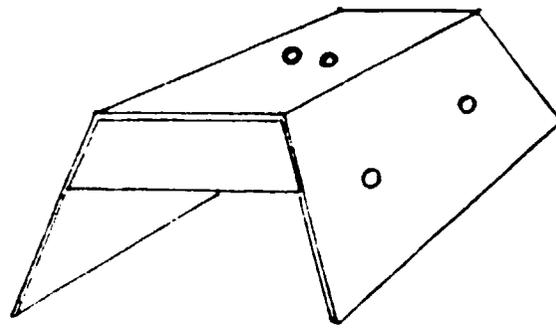
Para la continuación de los puentes ONUDI en series y el lanzamiento continuo, conviene preparar torres reusables con patas de acero (tubos de 100mm de diámetro). Las torres deben estar suficientemente altas para evitar que las armaduras toquen el agua o la tierra durante el lanzamiento, porque las armaduras tienen la tendencia a bajarse en la primera parte del lanzamiento hasta subir en la segunda parte.

Una altura de 6 metros es normalmente suficiente para luces de hasta 21 metros.

#### - Plataforma de lanzamiento

Debajo de la torre del lado del lanzamiento se construye una plataforma (nivelada con los cabezales de los estribos) con las tablas de rodaje. La plataforma debe estar suficientemente larga para armar un mínimo de 3 pares de módulos (7 metros).

FIG. 9



- A - 4 x
- B - 2 x
- C - 4 x
- D - 2 x

11.2 HERRAMENTAL PARA EL LANZAMIENTO Y TERMINACION DE LOS PUENTES

EN EL CAMPO

Aparte del herramental básico (martillos, serruchos, saca clavos, etc.) se necesita lo siguiente:

- 3 winches TIRFOR de 4 toneladas con cables (2 x40 m) y lazos de alambre
- 1 polea doble
- 2 poleas sencillas
- 1 generador de gasolina para operar 2 taladros eléctricos
- 1 prensa hidráulica (gata hidráulica) de 3 toneladas
- 2 palancas
- 1 motosierra
- 1 aparejo de cadena

12. Cálculo de costos y Lista de los materiales necesarios para la construcción de los puentes QNUDI con 4 armaduras y luz promedio de 15 metros - 150 metros lineales - 200 módulos

Precios de Diciembre de 1984 (IUS\$ - 115 sucres ) - redondeados -

A. Madera

Por razones prácticas se puede contar con ca.  $1m^3$  de madera por metro lineal de puente (construcción standard de 4 armaduras, con piso, pasamanos, bordillos y tablas de rodeaje). Una cantidad adicional de 10-15% da seguridad y permite rechazar tablas de inferior calidad. Esta cantidad adicional ya esta incluida en la siguiente especificación.

Toda la madera debe estar aserrada con sobredimensiones, normalmente no se cobran, de min. 5 mm en el espesor y 10 mm en el ancho para permitir el secado con sus contracciones volumétricas.

150 metros lineales	150 m <sup>3</sup>
cantidad adicional (10-15%)	20 m <sup>3</sup>
	<hr/>
	170 m <sup>3</sup>

Precio: S/. 6.000/m<sup>3</sup>

Total de la madera: S/.1.200.000  
(US\$ 10,500.-)

ESPECIFICACION DE LA MADERA

DIMENSION (en mm)	LARGO (en m)	ELEMENTOS	CANTIDAD	
			PIEZAS	M <sup>3</sup>
50 x 250	3,5	1T y tablas de rodeaje	850	36
50 x 200	2,5	2 T	800	20
50 x 200	3,5	Ariostramiento transversal	60	2
50 x 150	1,5 (o múltiples)	3T y ariostramiento vertical	630	7
50 x 125	3,5	pasamano y ariostramiento horizontal	230	5
50 x 100	3,0	4T	200	3
50 x 100	4,0	Piso normal	3500	70
50 x 100	5,0	Piso especial	120	3
25 x 150	3,5	Pasamano y espaciadores	150	2
100 x 100	3,0	Postes y espaciadores	200	6
150 x 150	2,5	Espaciadores	160	9
150 x 150	3,5	Bordillos	90	7
TOTAL				<u>170 m<sup>3</sup></u>

B ACERO Y PARTES METALICAS

1. Acero dulce

Espeor	Dimensión	Cantidad	Peso (aprox.)	Precio
9 mm	1220 x 2440 mm	25	5to	S/. 13,500 c/u
12 mm	"	12	3to	S/. 18,000 c/u

Precio total S/.555.000 (US\$ 4,830)

2. Tensores (importación)

6 mm	3150 x 150 mm	440	10to	DM. 3,750/to
------	---------------	-----	------	--------------

Precio total DM 37,500 (c+f Guayaquil)

Al cambio oficial de 67.50/ por dólar  
ca. S/. 820.000 (US\$ 7,130)

3. Acero Estructural (tipo liso)

Diámetro	Largo	Cantidad	Peso (aprox.)	Precio
12 mm	6 metros	375	2to	S/. 325 c/u

Precio total S/.122.000 (US\$ 1,060)

4. Acero de Transmisión

Liámetro	Cantidad	Peso (aprox.)	Precio
50 mm	26 metros lineales	400 kg	S/. 170/kg
38 mm	16 metros lineales	145 kg	S/. 165/kg

Precio total S/. 92.000 (US\$ 800)

5. Pernos (con 1 tuerca y 2 rondelas c/u)

Dimensión	Cantidad
1/2 " x 6"	400
x 8"	400
x 10"	300
1" x 2"	400
x 4"	400
x 6"	200
x 7"	100
x 10"	400
x 12"	200

Precio total S/.560.000 (US\$ 4,870)

6. Clavos (10 mm o 4")

Por razones prácticas se puede contar con 15 kg. de clavos por metro lineal de puente incluyendo los trabajos adicionales y una cantidad de seguro (pérdida y deformación).

75 cajas a 30 kg (2250 kg) a S/. 2.120 /caja

Precio total S/.160.000 (US\$1,390)

---

Costos totales de las partes metálicas:

Acero dulce	S/. 555.000
Tensores (importación)	S/. 820.000
Acero estructural	S/. 122.000
Acero de Transmisión	S/. 92.000
Pernos	S/. 560.000
Clavos	S/. 160.000

Precio total S/.2.309.000 (US\$20,000)

---

Costos totales del material

A. Madera	S/. 1.200.000
B. Acero	<u>S/. 2.309.000</u>

S/. 3.509.000 o sea S/. 23.400 por metro lineal  
(US\$ 203/mm)

Materiales auxiliares

- Madera de encofrado para los arriostramientos temporales durante el lanzamiento -  
a reusarse varias veces

1 m<sup>3</sup> S/. 3.000

- electrodos

150 kg a S/.300 S/.45.000

Precio total S/.48.000 (US\$ 420)

---

Mano de obra

Los datos para 10 puentes o 150 metros lineales estan basados sobre la experiencia del proyecto demostrativo (30 metros lineales de puente) y se refieren a días laborables de 8 horas con todo el material presente y herramental en buen estado. Por razones prácticas se calcula un hombre/día (H/D) con S/. 1.000 (cifra algo sobrecalculada).

Durante la fabricación de puentes en series y en forma bien organizada, la productividad podría ser más alta resultando en costos inferiores.

	H/D	COSTOS (sucres)
- Preparación de los elementos de madera a medidas exactas	330	330.000
- Ensamblaje de los módulos (incl. soldadura y pintura)	250	250.000
- Lanzamiento y terminación (incl. torres de lanzamiento)	400	400.000
TOTAL	980	S/.980.000
		<u>(US\$ 8,520)</u>

Fabricación de las platinas

La DINE proporcionó estos trabajos al proyecto gratuitamente. Sin embargo, los costos se pueden estimar en la siguiente forma:

- Mano de obra	600 H/D	600.000
- Horas de maquinaria (\$.300/hora)	400 horas	120.000
- Electrodo y gas		<u>380.000</u>
TOTAL		<u>1.100.000</u>
		<u>(US\$ 9,565)</u>

Resumen de los costos para 10 puentes de 15 metros de luz = 150 metros lineales

Madera	S/. 1.200.000
Acero	S/. 2.309.000
Materiales auxiliares	S/. 48.000
Mano de obra	S/. 980.000
Fabricación de las platinas	<u>S/. 1.100.000</u>
<u>TOTAL</u>	<u>S/. 5.637.000</u>

Esta cifra corresponde a un costo de S/.37.580 (US\$ 327) por metro lineal de puente la comparación resulta muy favorable con los costos de otros sistemas (de hormigón o acero).

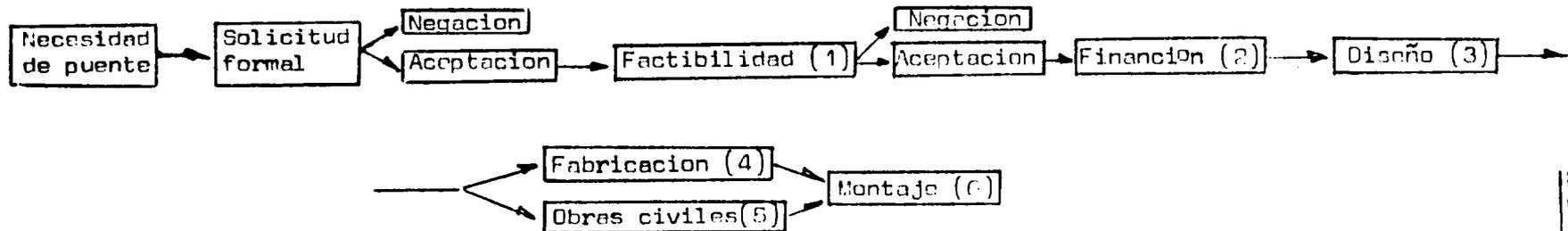
Los estribos de hormigón ciclopeo cuestan lo mismo que los estribos para otros sistemas. Los costos dependen del sitio y varían consecuentemente. En promedio se pueden estimar costos de S/. 400.000 (US\$ 3,480) hasta S/. 1 million (US\$ 8,700)

Los dos cabezales (ver plano No.2 En) para acomodar los apoyos del puente ONUDI requieren ca.  $3,5 \text{ m}^3$  de hormigón armado (a S/. 15.000) y tienen entonces un costo de S/. 50.000 (US\$ 435).

A N E X O S

- I Diagrama de Secuencias
- II Fotos del Proyecto Demostrativo
- III Convenio SEDRI / MAG / DINE
- IV Documento de Proyecto de extensión

DIAGRAMA DE SECUENCIAS (fuente: proyecto ONUDI Honduras)



1 - Factibilidad

- Ubicacion
- Justificacion
- Topografia I
- Tamaño
- Costos
- Finanzas

2 - Financion

- Programa
- Depto. Puentes ONUDI
- Bases y Comunidad
- BID
- AID
- PNUD
- Etc.

3 - Diseño

- Topografia II
- Localizacion
- Planos de Obras Civiles
- Cantidades de Obras

4 - Fabricacion

- Adquisicion de Materiales
- Ordenes de Fabricacion
  - a) Piezas de Madera
  - b) Piezas de Metal
- Despacho

5 - Obras Civiles

- Bases o Estribos
- Coronas (Cabezales)
- Aproximaciones

6 - Montaje

- Transporte
- Lanzamiento
- Acabados
- Devolucion de Equipos

ANEXO I

ANEXO II

FOTOS DEL PROYECTO DEMOSTRATIVO



Aserradero del  
proyecto demostra-  
tivo

Seccado de la  
madera al aire  
libre en el  
CFC





Construcción de los cabezales en el sitio "PUPUSA"



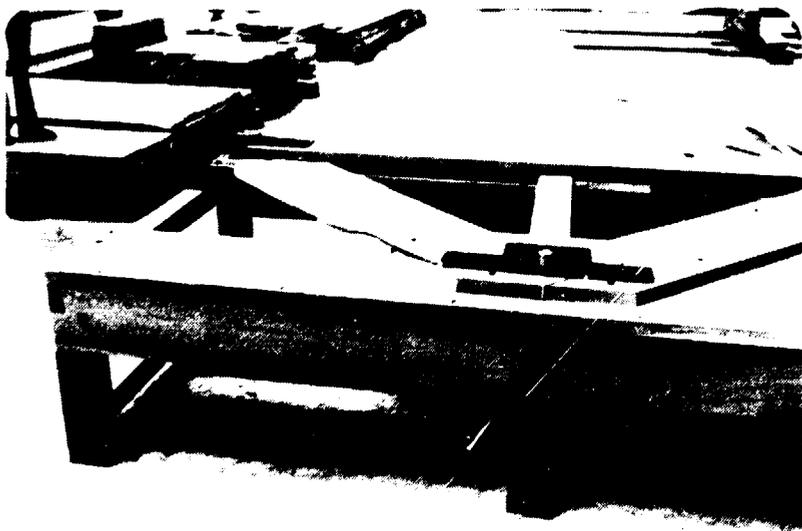


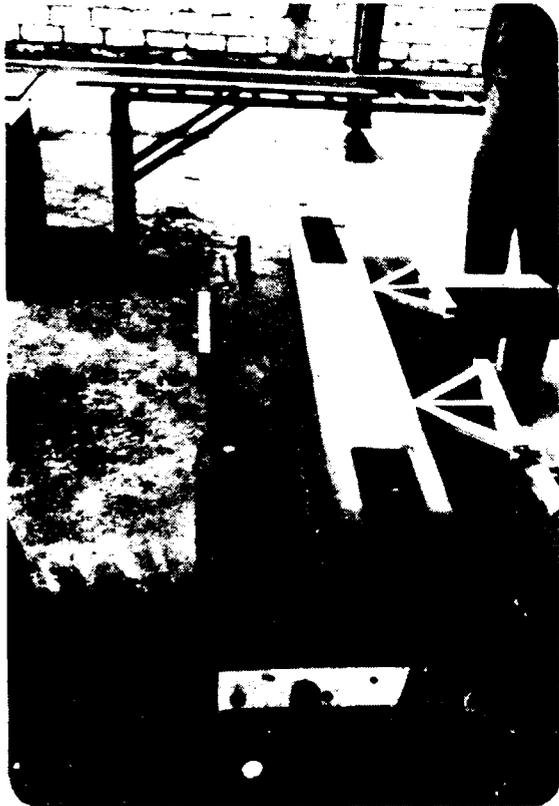
El taller en el Centro Forestal de Conocoto ( CFC )





El molde de  
ensamblaje de los  
modulos



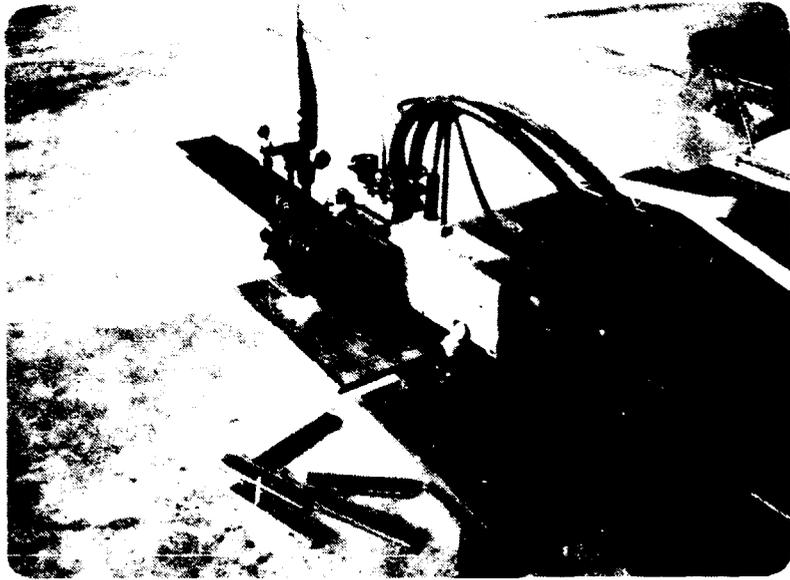


Moide para la fabricacion de los  
arriostramientos verticales



Trabajos de soldadura

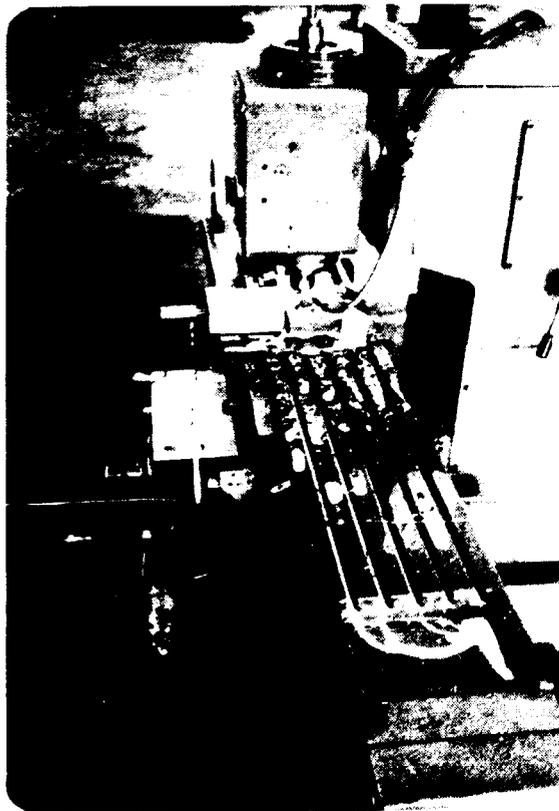


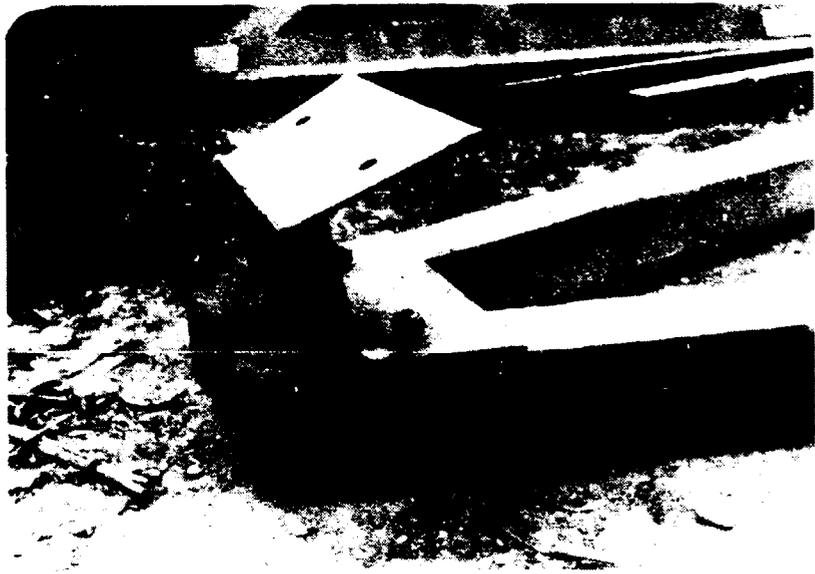


Maquina cortadora "QUICKY"

Trabajos en la DINE

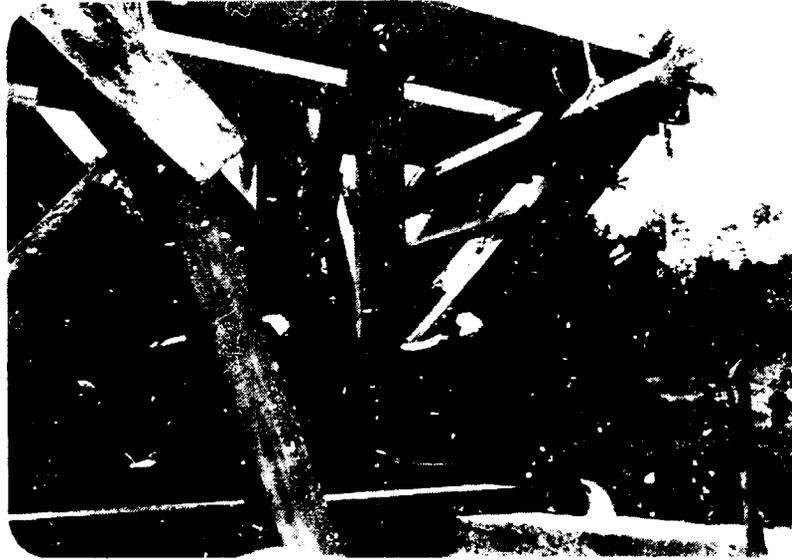
Excavacion para anclaje de las torres



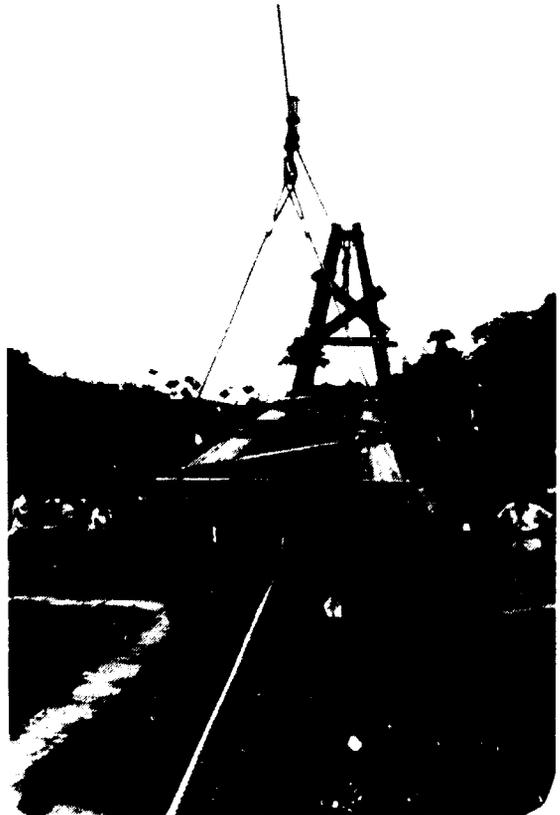


Trabajos de torres y  
plataforma de  
lanzamiento



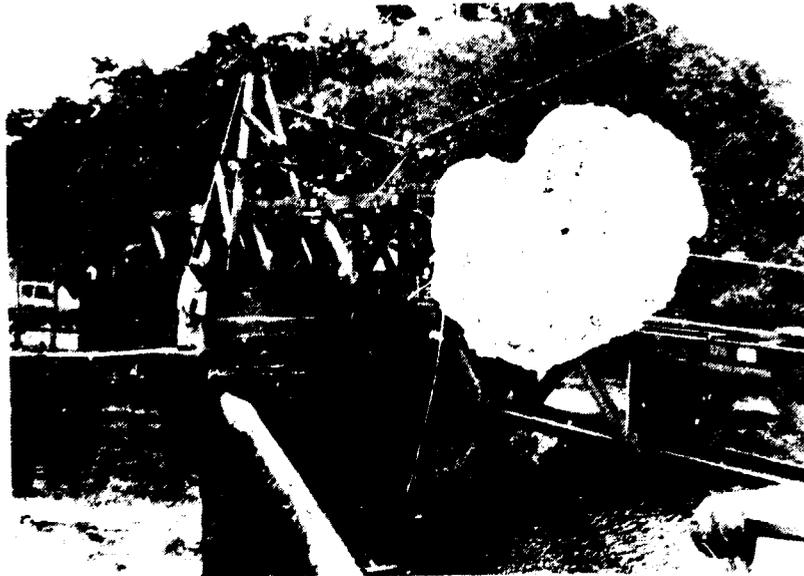
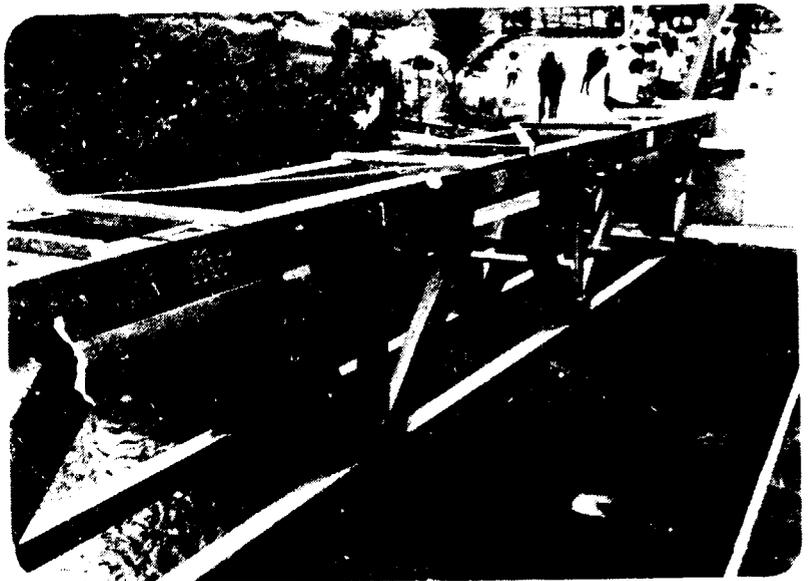


Preparación y lanzamiento de la primera pareja de cerchas





Lanzamiento de la  
primera y segunda  
pareja de cerchas  
(con arrostramientos  
temporales)





Desplazo de las cerchas sobre las bases mediante pernos que facilitan el rodeamiento



Trabajos de piso, cual constituye un elemento estructural del puente ONUDI

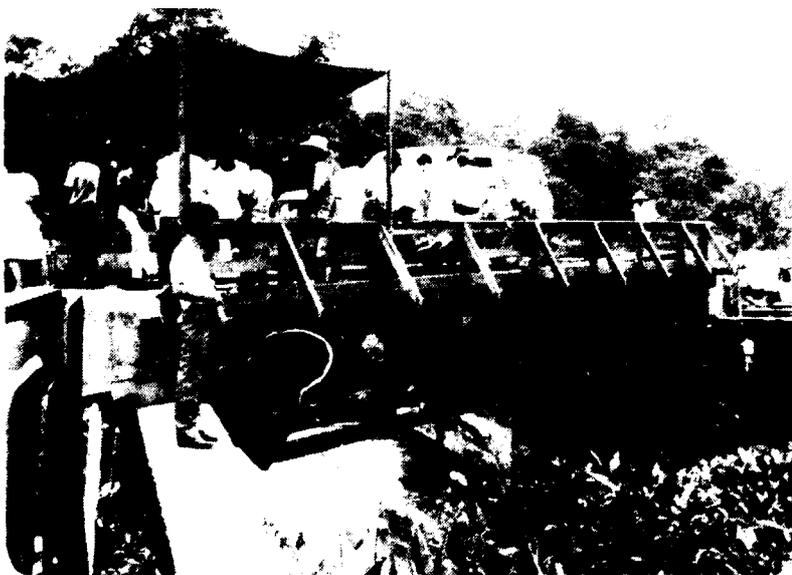


Trabajos de terminacion del puente

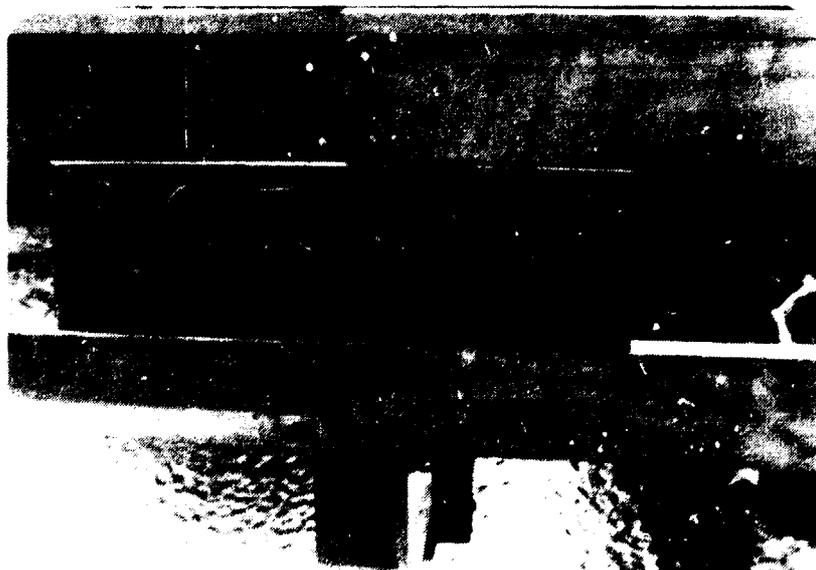




Transporte de platanos  
por el rio, por falta  
de un puente adecuado



Inauguración del  
puente ONUDI sobre  
el Rio Pupusa



A N E X O III

CONVENIO DE COOPERACION INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, LA DIRECCION DE INDUSTRIAL DEL EJERCITO Y LA SECRETARIA DE DESARROLLO RURAL INTEGRAL PARA LA EJECUCION DE UN PROGRAMA DE PUENTES MODULARES DE MADERA.

Entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), representado por su titular Ingeniero Marcel Laniado D., la Secretaría de Desarrollo Rural Integral (SEDRI), representada por su titular Licenciado Genaro Cuesta Heredia y la Dirección de Industrias del Ejército (DINE), representada por su Director, General de Brigada Ricardo Avendaño, se celebra el Convenio de cooperación institucional contenido en los siguientes antecedentes y cláusulas:

## ANTECEDENTES

1. Las inundaciones producidas en el país a partir del mes de Octubre de 1982, han destruido obras de infraestructura básica, determinando el aislamiento total de las zonas afectadas y la consecuente pérdida de posibilidades económicas y sociales para sus habitantes. Frente a esta situación, el Gobierno Nacional, sus instituciones públicas y privadas y diversos sectores, han buscado soluciones emergentes que permitan rehabilitar económica y socialmente a los sectores rurales damnificados, habiendo recurrido para ello al apoyo de organismos internacionales que contribuyan a encontrar soluciones inmediatas de los problemas más agudos como son los provocados por falta de vías de comunicación hacia las poblaciones campesinas, principales centros productores de alimentos.
2. Dentro de esta perspectiva, el Estado Ecuatoriano y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), con fecha 17 de febrero de 1984, acordaron llevar a ejecución el proyecto denominado "Apoyo de Rehabilitación de Puentes en Areas declaradas en Emergencia", signado con el No. UC/ECU/83/206, habiéndose determinado que el organismo ecuatoriano responsable de la ejecución sea la SEDRI.
3. Con fecha 6 de agosto de 1981, el MAG y la SEDRI suscribieron un convenio general de cooperación institucional que norma la participación de las dos entidades en la formulación, ejecución y control de los Proyectos de Desarrollo Rural Integral contemplados en el Plan Nacional de Desarrollo 1980-1984. El literal d) de la cláusula segunda - de dicho convenio, establece como obligación del MAG el disponer la provisión oportuna, entre otros bienes, de maquinarias y servicios de que dispongan los programas Naciones y Direcciones Provinciales Agropecuarias, en granjas, centros de mecanización, etc., para cumplir los requerimientos de las Unidades Ejecutoras de los Proyectos de Desarrollo Rural Integral. Por cuanto el MAG dispone de un aserradero en el Centro Forestar de Conocoto, Cantón Quito, se considera que esta instalación puede prestar un valioso apoyo en la ejecución de las acciones previstas en el proyecto mencionado en el antecedente No. 2
4. Por su parte, la Dirección de Industrias del Ejército, mantiene la fábrica de municiones "Santa Bárbara", la cual dispone de condiciones

.../

materiales y de personal para la fabricación de las piezas de acero requeridas para los puentes de madera previstos en el proyecto UC/ECU/83/106.

5. Con fecha 4 de mayo de 1984 se firmó un Convenio entre el MAG-SEDRI-DINE para la ejecución del Programa de introducción del sistema de construcción de puentes modulares de madera por medio del cual se construyeron tres puentes demostrativos: uno en el PDRI "Puerto Ila-Chone", otro en el PDRI "Quinindé-Malimpia Nueva Jerusalem" y un tercer puente "seco" en el Centro Forestal del MAG en Conocoto. Considerando que de esta manera se ha logrado introducir existosamente la tecnología de puentes modulares de madera.

Con tales antecedentes, el MAG, la SEDRI y la DINE suscriben el siguiente convenio:

#### CLAUSULA PRIMERA.- OBJETO

El presente convenio tiene por objeto determinar las obligaciones y responsabilidades recíprocas del MAG, de la SEDRI y de la DINE en la fabricación de 200 módulos de madera que serán utilizados en la construcción de puentes en las áreas de Proyectos DRI. El número de puentes variará de acuerdo a la luz de los mismos, por ejemplo con los 200 módulos se pueden construir 10 puentes de 15 m de luz/ o 12 puentes de 12 m de luz y un puente de 6 m de luz. Los sitios de erección de los puentes y sus luces correspondientes se determinarán de acuerdo a las necesidades de los proyectos DRI y a las características técnicas necesarias para el montaje.

Antes de empezar la producción de módulos, las tres entidades determinarán de común acuerdo un cronograma de trabajo, que formará parte del presente convenio.

#### CLAUSULA SEGUNDA.- OBLIGACIONES DEL MAG

- a) Facilitar el espacio físico en el que actualmente se fabrican los módulos para los puentes demostrativos, en el Centro Forestal de Conocoto y la maquinaria necesaria para la fabricación de los módulos para los puentes de madera.
- b) Facilitar un área adecuada y bajo techo para el secado de los tablones.
- c) Fabricar los módulos de madera de acuerdo a los planos y diseños que proporcione SEDRI. El MAG coordinará y supervisará la fabricación por intermedio del Ing. Nelson Toledo y del Técnico Forestal, Sr. Marcelo Becerra.
- c) Apoyar en la fabricación con su personal de carpinteros, especialmente el Sr. Luis Columba, quien cuenta con entrenamiento específico para estos puentes.
- e) Proporcionar a la SEDRI el equipo de montaje para los puentes, cuando éstos vayan a ser instalados. El equipo de montaje se detalla en el Anexo 2.

- f) Apoyar eventualmente con el personal técnico, equipos e instalaciones de los laboratorios del Centro Forestal, para los ensayos que fueren necesarios.
- g) Facilitar eventualmente las instalaciones del Centro Forestal de Conocoto para llevar a cabo eventos de capacitación sobre la construcción y montaje de puentes modulares.

CLAUSULA TERCERA.- OBLIGACIONES DE LA DINE

Por su parte, la Dirección de Industrias del Ejército adquiere los siguientes compromisos:

- a) Facilitar el uso de las instalaciones, máquinas y herramientas del taller metal-mecánico de la fábrica "Santa Bárbara" para la fabricación de las piezas de acero que requieren los puentes;
- b) Fabricar dichas piezas, a cuyo efecto asignará el personal técnico que fuere necesario.

CLAUSULA CUARTA.- OBLIGACIONES DE LA SEERI

A la Secretaría de Desarrollo Rural Integral, le corresponde:

- a) Coordinar en todos sus términos, el desarrollo de las acciones materia de este convenio.
- b) Adquirir los materiales y suministros requeridos para la construcción de los 200 módulos, de acuerdo al detalle constante en el Anexo 1 de este convenio y entregarlos al MAG y DINE respectivamente.
- c) Reembolsar a la DINE los gastos en que ésta incurra por adquisición de los siguientes insumos y repuestos:
  - brocas de Ø 33; 38; 40 y 50 mm.
  - electrodos
  - gas para soldar
  - hasta por un máximo de s/.400.000,00.
- d) Asumir la responsabilidad de: la construcción de los estribos correspondientes a los puentes y el montaje de los puentes.
- e) Coordinar las labores de apoyo al Programa de Puentes modulares que preste ONUDI, como traspaso al MAG de un equipo de solda portátil y repuestos para la maquinaria empleada en la fabricación de los puentes.
- f) Organizar eventos de capacitación -si se los considerare necesarios en la tecnología de puentes de madera.
- g) Asumir los gastos que ocasionen la contratación de tres carpinteros y un soldador, los mismos que trabajarán en el Centro Forestal de Conocoto exclusivamente en la fabricación de los puentes materia de este convenio.

- h) Entregar al MAG los módulos necesarios para 6 metros lineales de puente, que se instalarán en el Centro Forestal de Conocoto, entre la mecánica y los viveros, como complemento a los 6 m. l. del "puente seco" del convenio de fecha 4 de mayo de 1984.

CLAUSULA QUINTA.- PLAZO

El presente convenio regirá hasta el 31 de diciembre de 1985, sin perjuicio de que las partes puedan acordar por escrito las modificaciones o ampliaciones que fueren necesarias para el cumplimiento de los objetivos previstos.

CLAUSULA SEXTA.- CONDICIONES GENERALES

Para todo cuanto no se halla expresamente previsto en el instrumento, las partes se sujetan a las normas que rigen el proceso de desarrollo rural integral y demás disposiciones generales vigentes.

CLAUSULA SEPTIMA.- CONTROVERSIAS

Cualquier discrepancia que surgiere en la ejecución de este convenio, será resuelta con intervención de un representante del MAG, otro de la SEMI y un tercero de la Dirección de Industrias del Ejército.

Para constancia y conformidad de todo lo cual firman en siete ejemplares de igual tenor y valor, en Quito, a

Ing. Marcel Laniado D.  
MINISTRO DE AGRICULTURA  
Y GANADERIA

Lic. Genaro Cuesta Heredia  
SECRETARIO DE DESARROLLO  
RURAL INTEGRAL

Grab. Ricardo Avendaño  
DIRECTOR DE INDUSTRIAS DEL EJERCITO

A N E X O No. III-A

A. MATERIALES DE MADERA

A1 170 m3 de madera s/. 1'500.000  
que se entregará al MAG según el siguiente detalle:

<u>SECCION</u> mm	<u>LONGITUD</u> m	<u>No. PIEZAS</u>	<u>VOLUMEN</u> m3
50 x 110	3,5	800	36
50 x 200	2,5	800	20
50 x 200	3,5	50	2
50 x 150	1,5	625	7
50 x 125	3,5	225	5
50 x 100	3,0	200	3
50 x 100	4,0	3000	70
50 x 100	5,0	225	3
25 x 150	3,5	125	2
100 x 100	3,0	170	5
150 x 150	2,5	175	10
150 x 150	3,5	90	7
TOTAL:			170

B. MATERIALES Y SUMINISTROS DE ACERO

B1 440 planchas de 6 mm; 315 cmx 15 cm (tensores) s/. 1'900.000  
 B2 25 planchas de 9 mm; 4 x 8 pies s/. 915.000  
 B3 12 planchas de 12mm; 4 x 8 pies s/. 345.000  
 B4 16 ml barra de acero Ø 38 mm s/. 30.000  
 B5 20 ml barra de acero Ø 50 mm s/. 30.000  
 B6 2.250 ml varillas de Ø 12 mm (licor) s/. 100.000  
 Los materiales B1 al B6 se entregarán al DINE  
 B7 Pernos de hierro según se detalla más abajo s/. 720.000  
 B8 2.250 kg. de clavos de hierro, l=10 cm; Ø 6 mm s/. 200.000  
 Los materiales B7 y B8 se entregarán al MAG

PERNOS (cada perno incluye 1 tuerca y 2 arandelas redondas)

<u>DIMENSION</u> (Pulgadas)	<u>CANTIDAD</u> (Unidades)
1/2 x 6	400
1/2 x 8	400
1/2 x 10	300
1 x 2	400
1 x 4	400
1 x 6	200
1 x 7	100
1 x 10	400
1 x 12	200

ANEXO No. III-B

EQUIPO DE MONTAJE PARA LOS PUENTES

- 3 winchas "TIRFOR TU 40"
- 1 cable de acero "C16"; 60 m. de longitud con gancho de seguridad
- 3 cables de acero "C16"; 40 m. de longitud c/u con gancho de seguridad
- 2 aparejos de poleas de 6 t
- 1 aparejo de poleas simples de 2,5 t
- 2 bragas de argolla "S-14", longitud 3 m, tipo E2
- 2 bragas de argolla "S-14", longitud 2 m, tipo E2
- 3 bragas de argolla "S-14", longitud 5 m, tipo E3

RESUMEN TOTAL DE COSTOS

<u>NUMERO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO</u>
Madera	170 m <sup>3</sup>	1'560.000
Planchas de acero 6, 9 y 12 de espesor		2'280.000
Barras de acero Ø 38 y 50 m		120.000
Varillas de acero Ø 12 mm		160.000
Pernos		720.000
Clavos		200.000
Brocas, electrodos, gas		<u>400.000</u>
	TOTAL:	5'440.000

A N E X O No. IV

Documento de Proyecto

Proyecto de la República del Ecuador

Título del Proyecto:	"Fuentes de Madera Modulares y Prefabricados a Bajo Costo"
Función Principal:	Asistencia Directa
Función Secundaria:	Empleo de nuevas tecnologías de construcción
Sector:	Industrias de construcción y transformación
Entidad gubernamental para la implementación:	SEDRI / MAG / DINE
Agencia Ejecutora:	CNUDI
Duración:	un año
Inicio programado:	tan pronto como sea posible
Contribución del Gobierno:	en especie
Contribución de la Agencia:	US \$ 152.000

Firmas:

\_\_\_\_\_  
Por el Gobierno

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Por las agencias ejecutoras nacionales

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Por la agencia ejecutora internacional

\_\_\_\_\_  
Fecha

1. El Proyecto

1.1 Objetivos para el Desarrollo

Los objetivos para el desarrollo a largo plazo son:

- 1.1.1 Ayudar al Gobierno en mejorar el sistema vial nacional con énfasis sobre el desarrollo rural, y mejorar los caminos secundarios y vecinales. La asistencia se dirigirá específicamente hacia la rehabilitación de los caminos rurales y agrícolas dentro de las zonas severamente afectadas por inundaciones. Esto puede lograrse mediante un sistema de puentes modulares, utilizando materiales locales (madera) y tecnología sencilla, a costos mucho menores que los de las construcciones convencionales, y con ahorros considerables de divisas.
- 1.1.2 Promover el uso de madera como material valioso de construcción, sustituyendo a los materiales importados.
- 1.1.3 Dotar al Gobierno de la posibilidad de contribuir en forma continua y valiosa a los proyectos de construcción y mejora vial.

1.2 Objetivos Inmediatos

Los objetivos inmediatos del proyecto son:

- 1.2.1 Preparación del taller en Conocoto para producir módulos prefabricados para puentes modulares de madera, atendiendo la demanda inmediata del MAG y SEDRI en forma demostrativa.
- 1.2.3 Construcción y lanzamiento de aproximadamente 10 puentes

en los sitios seleccionados.

- 1.2.4 Transferencia completa de la tecnología a los talleres estatales (MCP, Consejos Provinciales) y a las empresas privadas y semi-privadas, mediante asistencia directa, así como demostraciones, presentaciones, y seminarios en el CFC (Centro Forestal de Conocoto).
- 1.2.5 Asesoría sobre las tecnologías de secado, preservación, y explotación de la madera.
- 1.2.6 Estudio de los sitios idóneos dentro del territorio nacional.

### 1.3 Consideraciones Especiales

- 1.3.1 El proyecto se aplica a un país miembro del Pacto Andino, es decir, el Ecuador, que ha sido severamente afectado por inundaciones desde 1983.
- 1.3.2 El proyecto pretende establecer relaciones más estrechas entre la promoción industrial y las organizaciones de promoción de industrias pequeñas y medianas, específicamente con respecto al sector maderero.
- 1.3.3 El proyecto está conforme a la Declaración de Lima y el Plan de Acción en lo concerniente al desarrollo de la cooperación industrial.

## 2. Antecedentes y Justificación

Las inundaciones que han venido afectando al país desde octubre de 1982 han destruido la infraestructura básica, y han causado el

aislamiento casi total de las áreas más afectadas, produciendo severos daños económicos para los habitantes. El Gobierno ha investigado soluciones de emergencia para la rehabilitación de los caminos rurales, para permitir el transporte de los productos agrícolas hasta los mercados importantes, para así reconstituir las bases económicas y sociales para la población rural.

Para lograr este objetivo, el Gobierno y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU/DI) han convenido en implementar un proyecto demostrativo, con el título de "Aproyo a Rehabilitación de Puentes en Areas declaradas en Emergencia" (UC/ECN/63-206), proyecto que se concluyó exitosamente en marzo de 1965 con la introducción del diseño de puentes tipo ONU/DI mediante un puente demostrativo, construido cerca de El Carmen, sobre el río Fupusa.

El proyecto generó un fuerte interés en la diseminación de este diseño, el que utiliza la madera como material principal de construcción, así economizando en cantidades considerables de divisas.

La demanda actual de puentes modulares de madera a bajo costo según el diseño ONU/DI sobrepasa de las 500 unidades, y se considera que será necesario extender el proyecto demostrativo en el Centro Forestal de Conocoto durante el período de un año con asistencia por parte de la ONU/DI, para completar la transferencia de la tecnología a las entidades gubernamentales interesadas (MAG, MCP, SEDRI, Consejos Provinciales) y a las empresas privadas y/o semi-privadas.

En cuanto al proyecto piloto, SEDRI - como la Contraparte Gubernamental

oficial de coordinación - ha celebrado un convenio con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para la continuación de la disponibilidad de sus instalaciones en el Centro Forestal de Conocoto, incluyendo el personal contraparte del proyecto, y con la Dirección de Industrias del Ejército (DINE) para la fabricación de las piezas necesarias de acero.

### 3. Resultados del Proyecto

- 3.1 Un taller con maquinaria y equipos, con capacidad para producir módulos para puentes prefabricados de madera tipo CNUDI en serie a nivel demostrativo.
- 3.2 Aproximadamente 10 puentes demostrativos con luces de un promedio de 15 metros.
- 3.3 Personal contraparte capacitado, capaz de ayudar con la instalación de unidades de producción en talleres estatales o comerciales en mayor escala.
- 3.4 Instalación de un "Centro de Información" dentro del Centro Forestal de Conocoto para cubrir todos los aspectos del diccionario CNUDI - el proceso de la producción, la tecnología de la madera (especies, técnicas de secado, preservación, agrupamiento por resistencia física, clasificación, etc.), asesoramiento sobre los equipos, la distribución, y el diseño de los talleres.
- 3.5 Demostraciones y seminarios adicionales a nivel internacional (países del Pacto Andino, a más de otros países hispanoamericanos).
- 3.6 Realización de pruebas para determinar la idoneidad de las

especies menos conocidas, especialmente las del Oriente, para el diseño de los puentes.

3.7 Estudio de sitios apropiados dentro del territorio nacional.

3.8 Un informe de las conclusiones y recomendaciones finales.

#### 4. Actividades

Todas localizadas en Conocoto, en Quito, y en las zonas rurales y forestales del Ecuador.

4.1 Continuación de las varias actividades ya emprendidas durante la implementación del proyecto UC/ECU/83-206.

4.2 Organización de la consecución de la madera (aproximadamente 170 m<sup>3</sup> son suficientes para los puentes tipo CIJDI) y la forma correcta de apilar la madera para su secado al aire, en Conocoto.

4.3 Selección de la madera requerida inmediatamente, para secarla en horno, en un horno comercial, o el horno solar del CFC.

4.4 Instalación de un puente de 15 metros en Quinindé, utilizando los materiales ya preparados.

4.5 Control de la producción de las piezas de acero en la DINE.

4.6 Producción de aproximadamente 200 módulos, requeridos para 10 puentes, en el CFC.

4.7 Instalación de estos puentes en sitios seleccionados, incluyendo un puente demostrativo en el CFC.

- 4.8 Frecuentes viajes por el campo para identificar los sitios apropiados, y supervisar la construcción de los estribos.
- 4.9 Asistencia en la instalación y la iniciación de la producción de los talleres a mayor escala (estatales, semiprivados, y privados) y asesoría sobre las especies y calidades de madera. Se considera que esta actividad será importante para la transferencia completa de la tecnología.
- 4.10 Estrecha colaboración con el MAG en todas las cuestiones y los proyectos relacionados con la madera, incluyendo la introducción al país de aserraderos con sierras de cinta.
- 4.11 Contactos y cooperación con las instituciones y los proyectos (como por ejemplo el proyecto ECU/84/U C 1 de la FAO) que tuvieren interés en los puentes tipo CNUDI.
- 4.12 Instalación de un centro de información en el CFC.
- 4.13 Presentaciones y seminarios sobre los puentes y las estructuras de madera en el CFC.
5. Contribuciones al Proyecto (ingresos)
  - 5.1 Contribuciones del Gobierno
    - 5.1.1 SEDRI,
      - coordinará las diferentes actividades del proyecto como en UC/ECU/83/206.
      - comprará los materiales (madera, acero, tornos, clavos) y los entregará al CFC y la DINE, respectivamente.

- Reembolsará a la DINE por los materiales auxiliares necesarios para la fabricación de las piezas de acero.
- Se encargará de todo el transporte en cariones que se requiriere entre el CFC y los sitios.
- Contratará la construcción de los estribos en los sitios seleccionados.

#### 5.1.2 El MAG:

- coordinará las actividades en el CFC (conjuntamente con el experto de la ONUDI).
- asignará espacio para el trabajo y el secado de la madera, y personal contratante para el proyecto (como en UC/ECU/83.206.
- facilitará sus instalaciones para los análisis, las presentaciones, los seminarios, y las demostraciones que fueran necesarios.
- producirá los módulos de madera bajo de guía de un "Técnico Forestal" (el Sr. Marcelo Becerra) y el experto de la ONUDI.

#### 5.1.3 La DINE:

- producirá las piezas de acero de acuerdo con los planos (como en UC/ECU/83/206.)

#### 5.2 Contribuciones de la Agencia Ejecutora (ONUDI/FNUD)

- un experto con un total de 12 hombre/meses (en varias misiones) como asesor principal del proyecto e ingeniero maderero, familiarizado con el sistema de puentes de la ONUDI y con la situación en el Ecuador.
- compra y envío de equipos según las especificaciones.

- compra y envío de un vehículo para el proyecto, el que estará a disposición del experto durante su misión.
- cobertura de los gastos de operación del proyecto (a más de los aportes del Gobierno) mediante un fondo de operación, el que estará a disposición del experto.
- fondo para la adquisición de los repuestos y las reparaciones de las maquinarias existentes.

#### 6. Plan de Trabajo

Se indica un plan de trabajo tentativo bajo el punto 4 (actividades) de este documento de proyecto. Un plan de trabajo más específico será preparado por el experto durante los tres primeros meses del proyecto. Será lo suficientemente flexible para cubrir los varios aspectos (práctico, demostrativo, y de orientación hacia la transferencia tecnológica) del proyecto.

#### 7. Marco para la Participación Eficiente del Personal Local

Todas las actividades en cumplimiento de los objetivos inmediatos del proyecto serán realizadas por el personal nacional (especialmente el personal contraparte del MAG) y el experto de la CIUDI a base del trabajo de equipo.

SEPRI actuará como el intermediario entre el Gobierno y la agencia ejecutora (UNIDO/PNUD).

#### 8. Marco Institucional

Todas las actividades del proyecto se integrarán dentro del acuerdo

SEBRI/MAG/DINE. Otras instituciones públicas o subgubernamentales apoyarán al proyecto, de ser necesario.

9. Obligaciones y Condiciones Previas

No hay ninguna, a más de las contribuciones por parte del Gobierno que indica el acuerdo entre SEBRI/MAG/DINE.

10. Asistencia Futura de la Agencia Ejecutora

Una asistencia futura dependerá de las necesidades determinadas 2 meses antes de la terminación del proyecto.

Puede existir la posibilidad de extender el proyecto, así como el contrato del experto, especialmente si parece deseable que el "Centro Forestal de Conocoto (CFC) llegare a ser un "Centro Regional de Información y Demostración" para la difusión del diseño de los puentes tipo ONUDI dentro de los países del Pacto Andino.

Con tal que el proyecto tuviere un resultado positivo, también podrá existir la posibilidad de contribuir más equipos para el CFC, y/o diversificar las actividades, para cubrir otros productos prefabricados de madera (por ejemplo, cerchas, muebles, construcciones escolares, etc.).

11. Evaluación e Informes

El proyecto será evaluado en forma permanente para determinar las acciones futuras.

El experto elaborará informes sobre puntos específicos, según fuere necesario; se elaborará un informe intermedio después del quinto mes; y el Informe Final incluirá las conclusiones del proyecto, y las recomendaciones para las actividades futuras.

12. Presupuesto CNUDI/FNUD en US \$ (estimación)

Ingeniero maderero como Asesor Regional 12 hombre/meses (en varias misiones)	84.000	
Viajes del experto (cubiertos en el Ecuador por "Misceláneos")	-	
Total del componente del personal	<u>84.000</u>	84.000
1 generador eléctrico portátil (compra local)	2.000	
1 equipo de suelda portátil (compra local)	2.000	
Renovación de herramientas manuales (compra local)	2.500	
Fondo para requestos y reparaciones de los equipos existentes	6.000	
1 vehículo de proyecto de doble tracción (importado) - (TOYOTA "J" tipo utility con intereje largo, a gasolina, con dirección con asistencia mecánica)	<u>13.500</u>	
Total del componente de equipos	26.000	26.000
Flatinas de acero (importadas) - 10 toneladas (dimensión 6 x 150 x 3150 mm)	<u>12.000</u>	
Total del componente de materiales	12.000	12.000
Pecas y/o viáticos para los viajes al exterior de las contrapartes, incluyendo los pasajes	<u>5.000</u>	
Total del componente de las pecas	5.000	5.000
Misceláneos, incluyendo el fondo de operación, los gastos de operación, el mantenimiento del vehículo ( a disposición del experto)	5.000	5.000
<b>TOTAL</b>	<u>132.000</u>	<b>132.000</b>