



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

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



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

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

FAIR USE POLICY

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

CONTACT

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

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

20700

Distr. LIMITADA

ITPD.6(SPEC.)

28 de Julio de 1994

Original: ESPAÑOL

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

ESTUDIO SOBRE EL RECICLAMIENTO DE LA MADERA
DE ENCOFRADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
EN LATINOAMERICA*

Preparado por

Christian Arbaiza M.**

* Las opiniones que la autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición.

** Director Ejecutivo del Centro Latinoamericano de Promoción y Desarrollo de la Madera - CAMBIUM, Ocharán #410, Lima, Peru.

V.94-25248

RESUMEN

El presente informe es el resultado de un estudio sobre el Reciclamiento de la Madera de Encofrados en la Industria de la Construcción en Latinoamérica, realizado en 6 países de la región. El propósito del estudio es llegar a recomendaciones que hagan más eficiente el uso de la madera y productos derivados en los encofrados de obra, reduciendo la presión por la explotación de los bosques y mejorando la productividad en el sector de la construcción.

El sector de la construcción es uno de los más importantes, sino el más importante, consumidor final de productos madereros y representa aproximadamente el 5% del PBI regional. En Latinoamérica existe un déficit habitacional de aproximadamente 24 millones de viviendas y afecta a más del 30% de la población. Los sistemas constructivos más utilizados, están basados en el uso del concreto armado, que para conseguir su forma final, requiere del uso de encofrados.

La madera es actualmente, lo fué anteriormente y lo seguirá siendo en el futuro, el material de construcción predominante en los encofrados, especialmente en la edificación de viviendas unifamiliares de 1 y 2 pisos de altura, que representan en promedio, más del 85% del parque habitacional latinoamericano. La madera de encofrados y otras maderas de uso temporal en la obra, demandan entre el 50 y el 70% del total de madera consumida por unidad de vivienda.

Los nuevos materiales de construcción utilizados en encofrados, especialmente los metálicos, actúan principalmente en la construcción de viviendas multifamiliares, construcciones masivas o grandes obras de ingeniería y aún en estos casos, no sustituyen completamente a la madera. Los encofrados de madera representan entre el 5 y el 10% de los costos directos de una obra y son responsables en promedio, del consumo del 17% del total de madera aserrada y tableros contrachapados producidos en la región.

Existe necesidad de actuar inmediatamente en la optimización del uso de la madera en encofrados de obra y cualquier esfuerzo que se haga contará con el apoyo y el auspicio, tanto de la industria forestal como de la industria de la construcción, particularmente de los productores y/o consumidores del cemento y del concreto. Se dispone de un escenario favorable para la implementación de un plan de acción, que catalice los intereses concurrentes de diversos sectores de la economía de los países latinoamericanos.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	i
INDICE	ii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	x
1.0 DIAGNOSTICO MEXICO	
1.1 EL SECTOR VIVIENDA.....	1
1.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION.....	2
1.2.1 Contexto económico.....	2
1.2.2 Producción anual de viviendas.....	5
1.2.3 Densidad habitacional.....	7
1.3 EL SECTOR FORESTAL.....	8
1.3.1 Los recursos forestales.....	8
1.3.2 La industria forestal.....	9
1.3.3 La producción forestal.....	9
1.3.4 Comercio exterior.....	10
1.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS (CIMBRAS).....	10
1.4.1 Antecedentes.....	10
1.4.2 Tipos de cimbras de madera.....	11
1.4.2.1 Cimbras en cimentación.....	12
1.4.2.2 Columnas.....	13
1.4.2.3 Trabes.....	14
1.4.2.4 Losas.....	15
1.4.3 Encofrados mixtos.....	16
1.4.4 Otros tipos de encofrados.....	17
1.4.5 Cimbras deslizantes.....	17
1.4.6 Cimbras de metal.....	18
1.4.7 Cimbras de otros materiales.....	18
1.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	18
1.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	21
1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22

	pág.
2.0 DIAGNOSTICO ECUADOR	
2.1 EL SECTOR VIVIENDA.....	26
2.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION	27
2.3 EL SECTOR FORESTAL.....	28
2.3.1 Introducción.....	28
2.3.2 El recurso forestal.....	29
2.3.3 La industria forestal y el comercio exterior.....	30
2.3.3.1 La madera aserrada.....	30
2.3.3.2 Chapas y tableros contrachapados.....	31
2.3.3.3 Tableros aglomerados.....	32
2.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS.....	32
2.4.1 Introducción.....	32
2.4.2 Uso de la madera en encofrados.....	33
2.4.3 Encofrado tradicional.....	33
2.4.4 Tableros machihembrados.....	34
2.4.5 Paneles de contrachapado.....	34
2.4.6 Uso del bambú en encofrados.....	35
2.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	36
2.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	37
2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
3.0 DIAGNOSTICO ARGENTINA	
3.1 EL SECTOR VIVIENDA	42
3.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION.....	44
3.3 EL SECTOR FORESTAL.....	45
3.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS.....	47
3.4.1 Encofrado tradicional.....	47
3.4.2 Grandes encofrados de madera.....	47
3.4.3 Otros tipos de encofrados.....	48
3.4.4 Sistemas constructivos que elimina encofrados.....	49
3.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	50
3.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	50
3.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE ENCOFRADOS.....	51
3.7.1 Introducción.....	51
3.7.2 Características del proyecto.....	52
3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54

	pág.
4.0 DIAGNOSTICO CHILE	
4.1 EL SECTOR VIVIENDA.....	57
4.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION.....	60
4.3 EL SECTOR FORESTAL.....	61
4.3.1 Introducción.....	61
4.3.2 Disponibilidad de materia prima.....	61
4.3.3 La industria forestal.....	63
4.4 UTILIZACION DE LA MADERA EN ENCOFRADOS (MOLDES/MOLDAJES).....	64
4.4.1 Moldaje tradicional.....	64
4.4.2 Sistema de tableros modulares Donath.....	65
4.4.3 Moldaje modular pre-fabricado de madera.....	67
4.4.3.1 Moldaje de losa.....	67
4.4.3.2 Moldaje de viga.....	68
4.4.3.3 Moldaje de pilares.....	69
4.4.3.4 Moldaje de muros.....	69
4.4.3.5 Sistemas de moldaje mixtos.....	70
4.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	70
4.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	71
4.6.1 Análisis de costos entre un sistema modular prefabricado de madera y un sistema de encofrado metálico prebaricado-EFCO.....	72
4.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.0 DIAGNOSTICO BRASIL	
5.1 EL SECTOR VIVIENDA.....	76
5.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION.....	78
5.2.1 Participación del sector en el PIB.....	78
5.3 EL SECTOR FORESTAL.....	80
5.3.1 Los recursos forestales.....	80
5.3.2 Industria forestal.....	81
5.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS DE CONCRETO.....	82
5.4.1 Evolución histórica.....	82
5.4.2 Encofrados de madera tipo "UENO".....	83
5.4.2.1 Encofrados de columnas.....	84
5.4.2.2 Encofrado de vigas.....	85
5.4.2.3 Encofrado de losas.....	85
5.4.3 Encofrados industrializados de madera.....	85

	pág.
5.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	87
5.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	89
5.6.1 Costos comparativos entre un sistema de encofrado tradicional de madera y un sistema de encofrado de madera industrializado.....	91
5.6.2 Encofrado tradicional de madera.....	91
5.6.3 Sistema FORMAPRONTA.....	92
5.7 CONCLUSIONES Y RECCOMENDACIONES.....	92
6.0 DIAGNOSTICO PERU	
6.1 EL SECTOR VIVIENDA.....	95
6.2 EL SECTOR CONSTRUCCION.....	97
6.3 EL SECTOR FORESTAL.....	98
6.3.1 Los recursos forestales.....	98
6.3.2 La reforestación.....	99
6.3.3 Transformación industrial de la madera.....	99
6.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS.....	100
6.4.1 Introducción.....	100
6.4.2 Encofrado tradicional de madera.....	100
6.4.2.1 Encofrados de muros.....	100
6.4.2.2 Encofrado de columnas.....	101
6.4.2.3 Encofrado de vigas.....	102
6.4.3 Otros encofrados de madera.....	102
6.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	103
6.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS.....	105
6.6.1 Costos comparativos entre un encofrado de madera y un encofrado metálico para losas aligeradas de techo....	105
6.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
7.0 EFECTO MULTIPLICADOR DEL USO DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.....	110
8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	112
* ANEXO N° 1 : Personas contactadas.....	121
* ANEXO N° 2 : Bibliografía revisada.....	132

LISTA DE CUADROS

		pág.
MEXICO		
CUADRO Nº 1.01	DEFICIT DE VIVIENDA POR ENTIDAD FEDERATIVA 1990	3
CUADRO Nº 1.02	DINAMICA DEL DEFICIT DE VIVIENDA TOTAL NACIONAL 1980 - 2000 (PROYECCION).....	4
CUADRO Nº 1.03	PRODUCCION ANUAL DE VIVIENDA 1975-1991.....	6
CUADRO Nº 1.04	INVENTARIO HABITACIONAL A 1990 - VIVIENDAS PARTICULARES EN LA REPUBLICA, MATERIAL PREDOMINANTE EN PISOS Y PAREDES SEGUN MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHOS.....	7
CUADRO Nº 1.05	CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS POR SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	20
CUADRO Nº 1.06	DEMANDA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA POR AGENTE PRODUCTOR Y TIPO DE PROGRAMA 1991-2000.....	20
CUADRO Nº 1.07	ANALISIS DE COSTOS PARA MUROS DE CONCRETO Y MAMPOSTERIA.....	22
ECUADOR		
CUADRO Nº 2.01	TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB Y DE LA CONSTRUCCION.....	27
CUADRO Nº 2.02	VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS, SEGUN MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES EN PAREDES Y TECHOS.....	28
CUADRO Nº 2.03	MERCADO ECUATORIANO DE PRODUCTOS FORESTALES 1992.....	30
CUADRO Nº 2.04	CONSUMO DE MADERA ASERRADA EN ECUADOR.....	31
CUADRO Nº 2.05	CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS.....	36
CUADRO Nº 2.06	COSTOS UNITARIOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS....	37
CUADRO Nº 2.07	ESTUDIO COMPARATIVO DE TABLEROS PARA LOSAS Y MUROS DE CONCRETO.....	38
ARGENTINA		
CUADRO Nº 3.01	DEFICIT HABITACIONAL POR TIPO DE VIVIENDA.....	43
CUADRO Nº 3.02	MATERIAL PREDOMINANTE EN LA CONSTRUCCION, CENSO 1980.....	45

	pág.
CUADRO Nº 3.03	PRODUCCION MADERA ASERRADA 1983 -1987..... 46
CUADRO Nº 3.04	PRODUCCION DE TABLEROS..... 46
CUADRO Nº 3.05	COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA..... 50
CUADRO Nº 3.06	INCIDENCIA DEL COSTO DEL ENCOFRADO..... 51
CUADRO Nº 3.07	COSTOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS..... 53
CHILE	
CUADRO Nº 4.01	EDIFICACION HABITACIONAL 1973-1992..... 59
CUADRO Nº 4.02	COMPOSICION DE LA EDIFICACION HABITACIONAL..... 59
CUADRO Nº 4.03	MATERIALES PREDOMINANTES DE CONSTRUCCION 1987 - 1989..... 61
CUADRO Nº 4.04	PLANTACIONES POR ESPECIES 1978-1991..... 62
CUADRO Nº 4.05	DISPONIBILIDAD DE MADERA DE PINO RADIATA POR TIPO DE PRODUCTO SEGUN TRIENIO..... 62
CUADRO Nº 4.06	PRODUCCION, OCUPACION EXPORTACION Y CONSUMO APARENTE DE MADERA ASERRADA 1981-1990..... 63
CUADRO Nº 4.07	PRODUCCION, EXPORTACION Y CONSUMO NACIONAL DE TABLEROS Y CHAPAS..... 64
CUADRO Nº 4.08	COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA ASERRADA..... 70
CUADRO Nº 4.09	COEFICIENTES DE CONSUMO DE TABLEROS CONTRACHAPADOS..... 71
CUADRO Nº 4.10	INCIDENCIA DEL COSTO DEL ENCOFRADO..... 72
CUADRO Nº 4.11	COMPARACION DE COSTOS ENTRE MOLDAJE DE MADERA Y MOLDAJE METALICO..... 73
BRASIL	
CUADRO Nº 5.01	ESTIMACION DE LAS NECESIDADES DE NUEVAS VIVIENDAS 1986-1990..... 77
CUADRO Nº 5.02	NUMERO DE VIVIENDAS POR UBICACION EN EL PAIS... 77
CUADRO Nº 5.03	PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA DE CONSTRUCCION EN EL PIB DEL PAIS..... 78
CUADRO Nº 5.04	RITMO PROMEDIO DE CONSTRUCCIONES ANUALES DE VIVIENDAS..... 79
CUADRO Nº 5.05	MATERIALES PREDOMINANTES EN PAREDES Y TECHOS... 79

LISTA DE FIGURAS

MEXICO		
FIGURA N° 1.01	Cimbra común en zapata de 15 a 25 cm de peralte	12
FIGURA N° 1.02	Cimbra común en cotratrabes de 20 x 80 cm.....	13
FIGURA N° 1.03	Cimbra común en columna de 50 x 50 cm.....	14
FIGURA N° 1.04	Cimbra común en trabe de 15 x 30 cm.....	15
FIGURA N° 1.05	Cimbra común en losa de 5 a 10 cm de peralte...	15
FIGURA N° 1.06	Sistema de cimbra mixta.....	16
FIGURA N° 1.07	Sistema de cimbra deslizante.....	17
ECUADOR		
FIGURA 2.01	Andamio doble de bambú.....	35
ARGENTINA		
FIGURA N° 3.01	Sistema PERI de encofrados.....	48
FIGURA N° 3.02	Sistema de viguetas pretensadas.....	49
FIGURA N° 3.03	Detalles del sistema PERI de encofrados.....	52
CHILE		
FIGURA N° 4.01	Esquema del tablero Donath.....	65
FIGURA N° 4.02	Moldaje de muros con tablero Donath.....	66
FIGURA N° 4.03	Moldaje de losa con tablero Donath.....	67
FIGURA N° 4.04	Esquema de moldaje de losa.....	68
FIGURA N° 4.05	Esquema de moldaje de vigas.....	68
FIGURA N° 4.06	Esquema de moldaje de pilares.....	69
FIGURA N° 4.07	Esquema de moldaje de muros.....	69
BRASIL		
FIGURA N° 5.01	Sistema de formas tipo UENO.....	84
FIGURA N° 5.02	Sistema FORMA PRONTA de encofrados.....	86
PERU		
FIGURA N° 6.01	Evolución del PBI global y de la construcción..	98
FIGURA N° 6.02	Esquema de encofrado de muros.....	101
FIGURA N° 6.03	Esquemade encofrado de columnas.....	101
FIGURA N° 6.04	Esquema de encofrado de vigas.....	102

	pág.	
CUADRO Nº 5.06	REFORESTAMIENTO CON INCENTIVOS FISCALES 1978-1986.....	81
CUADRO Nº 5.07	CONSUMO DE MADERA ASERRADA 1987-1991.....	81
CUADRO Nº 5.08	CONSUMO DE TABLEROS CONTRACHAPADOS 1987-1991...	82
CUADRO Nº 5.09	COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA ASERRADA.....	87
CUADRO Nº 5.10	COEFICIENTES DE CONSUMO DE M ³ DE MADERA POR M ² DE CONSTRUCCION.....	89
CUADRO Nº 5.11	ESPECIES DE MADERAS UTILIZADAS EN ENCOFRADOS POR REGION.....	89
CUADRO Nº 5.12	COSTO DE LOS ENCOFRADOS DE MADERA CON TABLERO CONTRACHAPADO DE 12 mm.....	90
CUADRO Nº 5.13	COSTO ENCOFRADO MIXTO CON CONTRACHAPADO DE 20 mm (duración 4 meses).....	90
CUADRO Nº 5.14	COSTO ENCOFRADO MIXTO CON CONTRACHAPADO DE 20 mm (duración 5 meses).....	91
PERU		
CUADRO Nº 6.01	PARQUE HABITACIONAL Y NUMERO DE HOGARES EN EL PERU.....	96
CUADRO Nº 6.02	SUPERFICIE DE BOSQUES NATURALES POR REGIONES...	99
CUADRO Nº 6.03	CONSUMO APARENTE DE RECURSOS MADEREROS - 1990..	100
CUADRO Nº 6.04	CONSUMO DE MADERA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES...	104
CUADRO Nº 6.05	CONSUMO DE MADERA EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES.....	104
CUADRO Nº 6.06	COSTOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS DE LOSAS ALIGERADAS.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
CUADRO Nº 8.01	CARACTERISTICAS DEL SECTOR VIVIENDA Y CONSTRUCCION.....	112
CUADRO Nº 8.02	PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL SECTOR FORESTAL	114
CUADRO Nº 8.03	CONSUMO PER CAPITA DE MADERA ASERRADA Y TABLEROS CONTRACHAPADOS 1985 - 1990.....	115
CUADRO Nº 8.04	COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS	116
CUADRO Nº 8.05	INCIDENCIA DE LOS COSTOS DE LOS ENCOFRADOS EN EL COSTO DIRECTO DE LA OBRA.....	117

INTRODUCCION

El hecho que los encofrados son utilizados temporalmente como un accesorio en la construcción de una estructura de concreto armado, que "sólo" sirve durante la colocación de la armadura, el vaciado y posterior fraguado del concreto, y que después no forma parte de la estructura, parece atribuirseles poca o ninguna importancia que contribuya a la estabilidad global de las mismas. En la práctica, la realidad nos muestra que la importancia del encofrado no puede ser disociada de los otros componentes de la estructura, pues de los encofrados y de la calidad de su ejecución, dependen varios factores preponderantes en la estabilidad de una estructura, como son entre otros:

- * la real obediencia de las medidas de un proyecto
- * la verticalidad y alineamiento de la estructura para evitar el surgimiento de esfuerzos no previstos.
- * el soporte a la compactación adecuada para garantizar la resistencia proyectada
- * la estanquidad para garantizar una densidad homogénea y evitar porosidades peligrosas que permitan la oxidación de la armadura.

Desde el punto de vista económico y hablando, tanto de sistemas convencionales como industrializados, la importancia de los encofrados es todavía mayor, pues en razón de las posibilidades de aprovechamiento para sucesivas reutilizaciones, los encofrados se convierten en el único componente de costo variable, lo que no sucede con las armaduras de fierro o la masa de concreto que forman parte definitiva de la estructura y que no tienen posibilidades de ser reaprovechadas.

La construcción civil en Latinoamérica, es básicamente una aplicación de sistemas constructivos a base de concreto armado, habiendo una estrecha relación entre los volúmenes y áreas construidas y el consumo del cemento. En cuanto a este material, su empleo como componente básico de las estructuras, es más preponderante que su utilización en otras partes de la edificación, llámese pisos, revoques, revestimientos, etc. Al mismo tiempo, referirse a estructuras de concreto armado, significa indirectamente referirse a los encofrados de concreto, pues sin éstos, aquellas no pueden ser construidas.

Desde el inicio de la utilización de los encofrados, se generalizó el empleo de la madera, que fue y continua siendo, la materia prima principal en la fabricación de encofrados, no obstante que últimamente se han empezado a utilizar algunos materiales alternativos, especialmente el acero en los encofrados metálicos. Se puede aseverar que en términos generales a nivel latinoamericano, cuanto más concreto armado se emplea en la edificación, tanto mayor es el consumo de madera y productos a base de madera, que se emplean en los encofrados de obra.

Existen diferencia entre país y país, en las técnicas de utilizar y reutilizar la madera y productos derivados en los encofrados de obra. Es más, se les conoce con diferentes nombres. En México son la "cimbras", en Ecuador, Perú y Argentina se les conoce como "encofrados", pero en Brasil son "formas" y en Chile se les llama "moldes" o "moldajes". En todos los casos cumplen la misma función y son mayoritariamente de madera o de sub-productos de madera.

En tal sentido, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI, ha creído conveniente realizar un estudio en 6 países latinoamericanos, sobre el uso y reciclamiento de la madera en la industria de la construcción, con énfasis en el análisis de los encofrados de madera o productos a base de madera. El propósito del estudio es llegar a recomendaciones que mejoren la eficiencia del uso de madera y productos derivados en encofrados de obra, reduciendo desperdicios, aumentando su reaprovechamiento y mejorando la tecnología existente, contribuyendo de este modo a reducir la presión por la explotación de los bosques y mejorar la productividad de la industria de la construcción.

El estudio debía analizar los volúmenes de concreto y costos comparativos de los diferentes tipos de encofrados y debía proponer acciones en diferentes aspectos tales como: producción de materia prima, normalización, capacitación, tecnología, mercado, apoyo institucional, etc. Como consecuencia del estudio se elaborará un programa de mediano y largo plazo, que involucre una serie de actividades de carácter nacional o de ser necesario, de carácter regional.

La investigación se realizó en México, Ecuador, Argentina, Chile, Brasil y Perú, abarcando un tiempo de 4 meses, de los cuales 6 semanas, se dedicaron a realizar el trabajo de campo y el levantamiento de información. Esta se realizó a través de entrevistas con autoridades del sector vivienda y construcción de los sectores públicos y privados, empresas constructoras, industrias forestales, fabricantes de encofrados, entidades de investigación y normalización, centros de capacitación profesional y de mandos técnicos, asociaciones de productores, gremios de profesionales, etc. El estudio concluyó en el mes de febrero de 1994.

En el análisis de cada país se realizó previamente, un breve diagnóstico del sector vivienda, del sector de la industria de la construcción y del sector de la industria forestal. Estos sectores fueron considerados directamente involucrados con el uso de la madera como material de construcción. Posteriormente se analizó el uso de diferentes sistemas de encofrados con madera y materiales alternativos y los volúmenes de consumo de madera de acuerdo a los sistemas constructivos existentes. Asimismo, se investigó la incidencia del costo de los encofrados en relación al costo directo de la obra y se analizaron los costos comparativos de los encofrados de madera con otras alternativas. Finalmente se redactaron las conclusiones y recomendaciones a nivel de cada país, así como también aquellas a nivel latinoamericano.

1.0 DIAGNOSTICO MEXICO

1.1 EL SECTOR VIVIENDA

Durante la década de los ochenta, México al igual que el resto de países latinoamericanos, atravesó una difícil situación económica que redujo la capacidad de la población para resolver sus requerimientos de vivienda. En dicho lapso se inhibieron las inversiones y se ejerció presión en los mercados financieros nacionales. Esta situación produjo una limitación en el crédito, redujo los plazos de amortización y propició tasas de interés elevadas que afectaban el acceso a los créditos. Asimismo, los altos costos del capital y la resentida capacidad adquisitiva de la población agravaron la solución del problema habitacional.

En los últimos años se ha notado un mejoramiento de la economía mexicana como resultado del control de la inflación, el saneamiento de las finanzas públicas, la renegociación de la deuda externa, la apertura comercial y la desregulación económica. Como resultado, se observa una mayor disponibilidad de recursos para créditos hipotecarios, tanto del sector público como privado, menores tasas de interés y mayores plazos de amortización, que en algunos casos son hasta de 30 años.

El problema de la vivienda se encuentra afectado por el abastecimiento insuficiente, aunque creciente, de soluciones habitacionales en relación al crecimiento demográfico, a las necesidades de mejoramiento y condiciones de hacinamiento del parque inmobiliario del país.

De acuerdo al censo de 1980, México tenía una población de 66.8 millones de habitantes que ocupaban 12.1 millones de viviendas. Diez años después, el número de habitantes ascendió a 81.2 millones, a la vez que el parque habitacional registró 16.2 millones de unidades. Este esfuerzo en la dinámica de construcción representó un crecimiento de 33.9% en la oferta de la vivienda, un tanto superior al incremento poblacional que fue del 21.5%

Se estima que en 1993, con base en el XI Censo General de Población y Vivienda, el país cuenta con 85.2 millones de habitantes y un inventario habitacional de 17.7 millones de unidades. La densidad domiciliaria en 1990 fue de 5.0 ocupantes por vivienda y el índice de hacinamiento de 1.5 habitantes por cuarto, mientras que el 65.5% del inventario total de las viviendas cuenta con 3 o más habitaciones. Esta situación es un tanto alentadora en relación a la de 1980, en que se tenía una densidad domiciliaria de 5.5 habitantes por vivienda y un índice de hacinamiento de 2.2 habitantes por cuarto, en tanto que sólo el 38% del inventario contaba con 3 o más habitaciones.

Asimismo, con respecto al censo de 1970 se observan variaciones positivas en la proporción de viviendas con disponibilidad de servicios, así por ejemplo las habitaciones que disponen de agua entubada se incrementaron de 61 a 79% del inventario total; la que cuenta con dotación de drenaje de 42 a 64%; y aquellas con energía eléctrica de 59 a 88%.

Asimismo, de acuerdo al censo, se ha determinado que 1.7 millones de viviendas (10.5% del total) presentan problemas de hacinamiento es decir, se encontraban ocupadas por más de un hogar o requerían ser ampliadas para alojar adecuadamente una familia. Del mismo modo, en ese mismo año, 1.4 millones de casas-habitación necesitaban mejorarse o repararse debido a su estado de deterioro.

Estos últimos aspectos determinan lo que se denomina el déficit cualitativo, que sumado al déficit cuantitativo resultante del crecimiento demográfico, hacen posible establecer un déficit habitacional total a nivel nacional de aproximadamente 6'400,000 unidades o soluciones de vivienda.

Precisamente en el cuadro N° 1.01 se puede apreciar el déficit de vivienda para cada una de las 32 entidades federativas de acuerdo al censo de 1990. Para una población de 81.2 millones de habitantes, se disponía de 16.2 millones de viviendas, de las cuales 6.35 millones representaban el déficit por inventario y 74,000 el déficit por población, totalizando un déficit de viviendas de 6'423,263 unidades.

Las entidades federativas de mayor déficit absoluto son en orden decreciente: el estado de México, Veracruz, el Distrito Federal, el estado de Chiapas y el estado de Querétaro. En términos proporcionales sin embargo, en el estado de Chiapas se observa que el 60.4% de la población de alguna manera es deficitaria de vivienda, siendo el promedio nacional de México de 39.5%.

En el cuadro N° 1.02 se presenta la dinámica del déficit total de vivienda con una proyección de 1980-2000. Esta estimación realizada en 1987 por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), que desde 1992 es la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), coincide en términos generales con las cifras señaladas en el cuadro anterior.

En este segundo cuadro, se estimó para 1990 un déficit de 6'406,731 viviendas, cifra bastante similar a la anterior, especificándose que el déficit acumulado era de 6'288,504 unidades, las necesidades de vivienda por incremento demográfico eran de 274,590 y las requeridas por deterioro eran de 308,435. Las necesidades de vivienda totalizaban 6'871,529 y la oferta estimada era de 464,798, con lo cual se llegaba a la cifra de 6'406,731.

1.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION

1.2.1 Contexto Económico

La Industria de la construcción desempeña un papel importante en la economía de México, contribuyendo con más de 5% del PIB, creando cerca del 10% del empleo nacional y generando el 3% de las remuneraciones salariales. En el sector vivienda, el 95% de los insumos son de origen local, abastecido por cerca de 40 ramas industriales. Asimismo, el 61% de la formación bruta de capital se debe a la industria de la construcción, donde la vivienda participa con el 34.8%

CUADRO N° 1.01

DEFICIT DE VIVIENDA POR ENTIDAD FEDERATIVA 1990 †

ENTIDAD FEDERATIVA	INVENTARIO HABITACIONAL	DEFICIT SOBRE INV. %	DEFICIT SOBRE INVENTARIO	POBLACION	VIVIENDA NECESARIA	DEFICIT SOBRE POBLACION	DEFICIT TOTAL DE VIVIENDAS
TOTAL	16,197,802	38.77	6,349,265	81,249,645	16,271,800	73,998	6,423,263
AGUAS CALIENTES	130,709	30.29	39,592	719,659	130,847	138	39,730
BAJA CALIFORNIA	373,898	22.56	84,351	1,660,855	377,467	3,569	87,920
BAJA CALIFORNIA SUR	68,694	39.10	26,859	317,764	69,079	385	27,244
CANPECHE	110,366	51.07	56,364	535,185	110,575	209	56,573
COAHUILA	408,495	32.28	131,862	1,972,340	410,904	2,409	134,271
COLIMA	90,263	46.08	41,593	428,510	91,172	909	42,503
CHIAPAS	597,724	59.82	357,558	3,210,496	605,754	8,030	365,588
CHIHUAHUA	540,522	30.04	162,493	2,441,873	542,638	1,716	164,209
DISTRITO FEDERAL	1,799,410	23.87	429,519	8,235,744	1,830,165	30,755	460,275
DURANGO	263,191	35.73	94,038	1,349,378	263,550	359	94,398
GUANAJUATO	701,247	37.00	259,461	3,982,593	711,177	9,930	269,392
GUERRERO	512,445	61.50	315,154	2,620,637	512,845	400	315,553
HIDALGO	367,400	46.01	169,041	1,888,366	368,103	703	169,743
JALISCO	1,044,105	29.34	306,364	5,302,689	1,045,895	1,710	308,074
MEXICO	1,003,098	34.31	646,091	9,815,795	1,684,030	932	647,023
MICHOACAN	677,141	43.52	294,692	3,548,199	682,346	5,205	299,697
MORELOS	246,373	40.56	99,929	1,195,059	248,971	2,598	102,527
MAYRIT	171,855	44.49	76,458	824,643	171,801	(54)	76,404
NUOVA LEON	647,367	31.50	203,921	3,098,736	645,570	(1,794)	202,124
OAXACA	589,295	54.11	318,868	3,019,560	589,758	463	319,330
PUEBLA	775,525	45.39	352,011	4,126,101	775,583	58	352,069
QUERETARO	195,569	42.66	83,430	1,051,235	195,761	192	83,621
QUINTANA ROO	106,094	52.74	55,954	493,277	106,310	216	56,170
SAN LUIS POTOSI	382,025	44.89	171,496	2,003,187	382,288	253	171,748
SINALOA	426,257	44.41	189,301	2,204,054	426,316	59	189,360
SONORA	383,290	34.94	133,922	1,823,606	383,917	627	134,549
TABASCO	286,693	56.95	163,272	1,501,744	287,140	447	163,719
TAMAULIPAS	494,454	39.46	195,112	2,249,581	495,502	1,048	196,160
TLAXCALA	137,412	43.28	59,472	761,277	137,415	3	59,475
VERACRUZ	1,271,457	48.05	610,935	6,228,239	1,273,669	2,212	613,147
YUCATAN	275,231	46.85	128,946	1,362,940	275,341	110	129,056
ZACATECAS	239,707	38.05	91,209	1,276,323	239,910	203	91,412

† FUENTE: SEDUE e INE, CENSO 1991

CUADRO Nº 1.02

DINAMICA DEL DEFICIT DE VIVIENDA TOTAL NACIONAL
1980 - 2000 (PROYECCION) †

AÑO	DEFICIT	INCREMENTO DEMOGRAFICO	DETERIORO	NECESIDADES DE VIVIENDA	OFERTA DE VIVIENDA	DEFICIT
1980	4,438,070	298,711	308,435	5,045,216	366,867	4,678,349
1981	4,678,349	300,121	308,435	5,286,905	385,887	4,901,023
1982	4,901,023	302,556	308,435	5,512,014	400,100	5,111,914
1983	5,111,914	303,074	308,435	5,723,423	410,117	5,313,306
1984	5,313,306	301,921	308,435	5,923,662	417,595	5,506,069
1985	5,506,069	299,367	308,435	6,113,871	420,224	5,693,647
1986	5,693,647	295,670	308,435	6,297,752	426,074	5,871,728
1987	5,871,728	291,081	308,435	6,471,244	445,363	6,025,881
1988	6,025,881	285,865	308,435	6,620,181	459,144	6,161,037
1989	6,161,037	280,284	308,435	6,749,756	461,252	6,288,504
1990	6,288,504	274,590	308,435	6,871,529	464,798	6,406,731
1991	6,406,731	268,591	308,435	6,983,757	478,548	6,505,209
1992	6,505,209	262,100	308,435	7,075,744	498,479	6,577,265
1993	6,577,265	257,628	308,435	7,143,328	513,181	6,630,147
1994	6,630,147	256,337	308,435	7,194,919	532,576	6,662,343
1995	6,662,343	257,129	308,435	7,227,907	543,620	6,684,287
1996	6,684,287	257,566	308,435	7,250,288	569,406	6,680,882
1997	6,680,882	257,895	308,435	7,247,212	599,850	6,647,362
1998	6,647,362	258,385	308,435	7,214,182	636,240	6,577,942
1999	6,577,942	258,831	308,435	7,145,208	667,242	6,477,966
2000	6,477,966	259,053	308,435	7,045,454	700,000	6,345,454

† FUENTE: SEMUE, Sistema de Información para la Vivienda (1987).

Es interesante anotar que según el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI) para 1980, la madera aserrada y el triplay representan el 3.1% del total de insumos nacionales que se consumen en la construcción (básicamente utilizados en encofrados para concreto). A manera de referencia esta cifra es equivalente a la del cemento que representa el 3.3% del consumo de insumos, siendo que el caso del cemento, el 87.6% de la producción nacional es colocada en el sector de construcción, mientras que este sector sólo representa el 46.9% del mercado de consumo para la madera aserrada y los tableros contrachapados.

En 1991 el personal ocupado por el sector formal de la industria de la construcción alcanzó la cifra de 448,134 personas entre obreros (70%) y empleados (22%). La descomposición de las actividades de construcción fue como sigue:

Vivienda	9.39%
Edificación no residencial	14.61%
Instalaciones	7.07%
Construcción Industrial	12.83%
Urbanización	9.58%
Marítimo y Fluvial	3.7 %
Obras Hidráulicas	7.51%
Vías terrestres	19.21%
Servicios Profesionales	4.17%
Otros	11.93%

En general en 1991 el valor total de la producción de las empresas afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, que representa el 40% de las empresas constructoras de México, tuvo un crecimiento nominal de 57.02% y un crecimiento real de 37.11% con respecto al año 1990. ^{1/}

1.2.2 Producción anual de viviendas

Como se mencionó anteriormente, en 1991 las construcciones de vivienda representaron el 9.39% del valor total de la producción de las empresas afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CNIC). Esta cifra sin embargo debe ser mucho mayor, considerando que la CNIC, sólo agrupa el 40% de las empresas constructoras de México y en dicho porcentaje no se han considerado las viviendas edificadas por el sector informal, es decir, las viviendas incompletas producidas por el sector social a través de la autoconstrucción.

En el cuadro N° 1.03, se detalla la producción anual de viviendas de México en el período 1975-1991. Las estimaciones según el catálogo CIHAC, basado en información del INEGI y del SEDUE, señalan para 1991 una producción de 674,000 viviendas, de las cuales sólo el 56.6% fueron construidas por el sector formal público y privado de tipo interés social, económicas sin financiamiento, tipo medio y residencial. El 43.4% restante, es decir, 292,800 viviendas, fueron construidas por autoconstrucción por el sector informal.

^{1/} Revista Mexicana de la Construcción N°455 - Diciembre 1992

CUADRO N° 1.03

MEXICO. PRODUCCION ANUAL DE VIVIENDA 1975-1991
(en miles)

AÑO	PRODUCCION TOTAL APARENTE	ACEPTABLES	SECTOR PUBLICO	SECTOR PRIVADO			SECTOR SOCIAL
			VIVIENDA DE INTERES SOCIAL TERMINADA	ECONOMICAS SIN FINANCIACION	TIPO MEDIO	RESIDENCIAL	CON DEFICIENCIAS
1975	369.6	----	62.4	---	---	---	----
1980	446.1	----	113.0	---	---	---	----
1985	538.1	----	171.2	---	---	---	----
1986	558.7	----	142.3	---	---	---	----
1987	580.0	349.3	173.5	66.4	82.3	27.1	230.7
1988	602.0	302.2	165.6	50.9	65.2	29.6	299.8
1989	625.1	350.5	144.4	95.9	86.1	24.2	274.6
1990	647.8	352.1	158.8	70.8	95.7	26.7	295.8
1991	674.0	381.2	202.2	62.7	90.0	26.7	292.8

FUENTE: Catálogo CINAC de la Construcción 1991, con base en los Censos de 1960, 70 y 80 del INEGI. Las Cifras de 1989 y 1990 para el sector público provienen de la SEMUE. Estadística de Vivienda 1989 y 1990, respectivamente.

Estas cifras son mayores que las proyectadas en 1987 y señaladas en el cuadro N° 1.02, en razón de una presencia mucho más activa del sector público que sólo para 1993 otorgó 320,000 créditos para nuevas viviendas incluyendo el financiamiento por viviendas terminadas, viviendas progresivas, cofinanciamiento y construcciones en terreno propio. Esta participación más agresiva del sector público en México, responde al Programa Nacional de Vivienda 1990-1994 que contempla la implementación de diferentes líneas de acción prioritarias tendientes a revertir hacia el año 2000, la actual tendencia acumulativa del déficit habitacional.

En el cuadro N° 1.04, se muestra los materiales predominantes en muros y techos para el total de 16'035,233 viviendas particulares ocupadas en el día del censo.

Los materiales predominantes en muros son: el tabique, el tabicón y el bloque de concreto que se utilizan en el 70% del total de viviendas, es decir, en 11'148,978 unidades. El material adobe se utiliza en segundo lugar, representando casi el 15% del total y la madera alcanza el 8% del total nacional.

En el caso de los techos, el material predominante es: la losa de concreto, la bóveda de ladrillo y el terrado enladrillado sobre vigas que representan en conjunto el 49% del total. Los otros materiales predominantes en la cobertura son: la lámina de asbesto o metálica (18%), la teja cerámica (10%), la lámina de cartón (10%), y la palma, tejamanil o madera que representa el 8.5%.

En el caso de los pisos, el cemento es el material predominante con el 53.3%, seguido por el mosaico u otro recubrimiento con el 26.7% y la tierra representa el 19.5%.

En general, se podría deducir que la vivienda típica mexicana está compuesta por los siguientes materiales predominantes:

- Pisos : Cemento (53.3%)
- Muros : Tabique, tabicón y bloques de concreto (69.5%)
- Techos : Losa de concreto, bóveda de ladrillo y terrado enladrillado sobre vigas (49.0%)

Como se puede observar el cemento o el concreto es el material predominante en la gran mayoría de viviendas en México. La madera se utiliza en forma estructural en el 50-60% de los techos en combinación con diversos tipos de cobertura.

CUADRO N° 1.04

**INVENTARIO HABITACIONAL A 1990
VIVIENDAS PARTICULARES EN LA REPUBLICA, MATERIAL PREDOMINANTE
EN PISOS Y PAREDES SEGUN MATERIAL PREDOMINANTE EN TECHOS**

		T E C H O S							
	Total Viv.parti- culares	Lamina de cartón	Paloa de Tejamanil o madera	Lámina de asbesto o metálica	T e j a	Losas de concreto y otros ^{1/}	Otros materia- les	no especi- ficos	
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	16,035,233	1,550,833	1,366,792	2,871,586	1,532,706	8,244,841	375,475	92,999	
M	Lámina de cartón	199,788	157,652	13,709	17,913	3,728	3,748	1,857	1,181
M	Carrizo, Bambú o Paloa	320,163	88,140	146,636	48,423	25,203	1,159	9,255	1,347
M	Esbarro o Bajareque	376,844	102,225	121,045	76,518	59,761	5,014	11,449	832
U	Madera	1,303,481	442,596	358,879	373,618	98,421	5,134	23,105	1,728
R	Lamina Asbesto o metal	119,542	16,779	7,275	75,277	4,965	12,864	1,296	1,086
O	Adobe	2,342,987	184,409	357,202	497,279	804,660	324,365	171,795	3,277
S	Tabique, Tabicón, Block	11,148,978	530,558	343,067	1,755,825	521,899	7,864,596	119,951	13,082
	Otros materiales	139,594	26,464	16,967	24,334	12,131	23,091	36,313	294
	Material no especializ.	83,856	2,010	2,012	2,399	1,938	4,870	455	70,172

^{1/} : Incluye también techos de bóveda de ladrillo y terrado enladrillado sobre vigas.

FUENTE : SEDUE e INE, Censo de 1991

1.2.3 Densidad habitacional

El último censo no señala la cantidad de viviendas del inventario habitacional de 1990, que corresponden a viviendas unifamiliares de 1-2 pisos de altura, así como tampoco las viviendas multifamiliares de más de 3 pisos de altura.

Este porcentaje sin embargo es posible obtenerlo analizando el valor real de la producción de viviendas unifamiliares y multifamiliares del sector formal de la construcción. En efecto según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en el periodo Enero 1992 - Febrero 1993 las viviendas multifamiliares representaron en promedio, el 28.5% del total de la producción, correspondiendo a las viviendas unifamiliares el 71.5% restante.

En el cuadro N° 1.03 se observó que el sector formal construye el 55.5% de las viviendas en México y el sector informal autoconstruye el 44.5% restante, básicamente de viviendas incompletas, de 1 o máximo 2 pisos de altura. En ese sentido es posible deducir que la densidad de las edificaciones en dicho país estará compuesta de la siguiente manera:

	UNIFAMILIARES (1-2 pisos)	MULTIFAMILIARES (3 ó más pisos)
- Sector Formal	39.7%	15.8%
- Sector Informal	<u>44.5%</u>	<u>-----</u>
T O T A L	<u>84.2%</u>	<u>15.8%</u>

Como es de suponer el mayor porcentaje de viviendas multifamiliares se ubica en grandes ciudades de las zonas urbanas del país, que son las que para efectos del presente estudio, representan el más alto consumo de madera para encofrados.

1.3 EL SECTOR FORESTAL

1.3.1 Los recursos forestales

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria Forestal, en su memoria económica de 1991-1992, México cuenta con un patrimonio forestal constituido por 38'889,075 hectáreas arboladas, de los cuales 27'482,917 (70.7%) corresponde a los bosques de clima templado-frío, en donde el 67.9% lo forman fundamentalmente especies de coníferas y el restante 32.1% especies latifoliadas. Por otro lado, el inventario de la superficie del clima tropical y sub-tropical es de 11'406,158 hectáreas (29.3%), de las cuales el 81.4% se ubican en selvas medianas y el restante 18.6% en selvas altas.

El volumen de madera en pie, se estima en 3,125.6 millones de metros cúbicos en rollo, correspondiendo 1,989.4 millones de m³ (63.7%) al disponible en bosques de clima templado-frío y 1,135.8 millones de m³ (36.3%) a madera existente en selvas de clima tropical y sub-tropical.

Es importante señalar, que el incremento de volumen disponible por el crecimiento de plantaciones de las especies coníferas es de 27.3 millones de m³ anuales, estimándose que el incremento de especies latifoliadas equivale al 1% del volumen existente, es decir 13.0 millones de m³ en bosques y selvas.

1.3.2 La industria forestal

La última información estadística disponible en la Cámara Nacional de Industria Forestal, indica que en el año 1991 el decrecimiento del sector fue de 15.1%, no obstante que el sector manufacturero en su conjunto creció en un 4.2% en relación a 1990. Esta tendencia decreciente se ha observado desde 1986, habiéndose agudizado en el último año.

La participación anual de la madera y productos de madera descendió y representó en 1991, el 2.5% del producto Bruto Real del sector manufacturero, habiendo sido su promedio en los 5 años anteriores de 3.8%.

En lo que respecta a la industria forestal vinculada con el uso de la madera en encofrados, la capacidad instalada de la industria de aserrio es la siguiente:

Número de aserraderos	1,543
Capacidad instaladas en miles de m ³ rollo	12,344
Capacidad empleada (%)	44.62
Producción en miles de m ³ rollo	5,509
Personal ocupado	18,516
Inversión en miles de dólares	367,229

La industria de tableros a base de madera, representa una gran abastecedora de insumos para encofrados de construcción. Sus características en 1991 fueron las siguientes:

	Contrachapado	Aglomerados	Fibra	Total
Número de plantas	35	14	2	49
Capac. Instalada (miles m ³)	556	685	125	1,366
Capacidad empleada (%)	33.1	60.4	36.0	47.1
Producción (miles m ³)	184	414	45	643
Inversión (miles dólares)	---	---	---	720,232
Personal ocupado	---	---	---	11,433

1.3.3 La producción forestal

Las extracciones maderables realizadas en 1991, indican que se produjo un volumen de 7.6 millones de metros cúbicos de madera en rollo, observándose un decrecimiento de 5.5% con respecto al año anterior. De ese total, 7.2 millones de m³ corresponde a madera industrial siendo el resto de lo extraído utilizado para combustible, leña, carbón y brazuelo.

La madera industrial se utilizó para productos con escuadría, principalmente aserrados que absorbieron el 70.1% del total industrial, el 21.2% fue utilizado para la elaboración de productos celulósicos, el 2.6% para chapas y tableros y el 1.2% para productos rollizos, como: postes, pilotes y morillos.

En relación a las especies extraídas, tradicionalmente han sido las coníferas especialmente el pino, las que representan más del 83% de la producción en México, siendo el resto distintos tipos de especies latifoliadas, entre las que destaca el encino.

Si se analiza la producción forestal desde el punto de vista de su procedencia, el 46.9% corresponde a la Sierra Madre Occidental (Estados de Durango y Chihuahua), el 31.7% se extrajo de la Sierra Neovolcánica (Estados de Jalisco, Michoacán, Veracruz, México y Puebla) y en tercer lugar de importancia la Sierra Madre del Sur (Estados de Guerrero y Oaxaca), donde se extrajo el 9.6% de la producción forestal.

1.3.4 Comercio exterior

Las cifras preliminares disponibles en la CNIF indican una balanza comercial negativa para 1991 de 523.3 millones de dólares, resultado de la exportación por un valor de 299.3 millones de dólares y una importación de 822.9 millones de dólares.

El déficit más importante lo constituyen los productos celulósicos representando el 65.5% de las importaciones, seguido por los productos con poco valor agregado, especialmente madera aserrada, con el 20.2% y en tercer lugar lo constituyen las chapas y los tableros a base de madera, que representan el 8.4% de las importaciones.

De la información disponible, se puede observar que las importaciones crecieron en 1991 entre 50 y 90% en relación a 1990, especialmente en madera aserrada y en tableros a base de madera. Este incremento de las importaciones debe ser mayor en el futuro, considerando las características de costos y oportunidad de abastecimiento de los productos forestales norteamericanos en el marco de nuevo Tratado de Libre Comercio (TLC), recientemente ratificado entre Estados Unidos, Canadá y México.

En opinión de la Asociación Nacional de Fabricantes de Tablero (ANAFATA), el TLC representa una posibilidad de agudizar la crisis de la industria forestal, lo que obliga a analizar la posibilidad de darle mayor valor agregado al producto nacional o intentar joint ventures, aprovechando las ventajas de la madera tropical.

En 1992 la producción de contrachapados en las 14 fábricas operativas de las 35 existentes, fue de 99,000 Tm, mientras que las importaciones fueron de casi 100,000 Tm provenientes de EE.UU. y de 60,000 Tm procedentes de Indonesia, país que a partir de 1989-1990, viene exportando por razones de costo y tipo de acabado (decorativo) contrachapados de MERANTE. En general, el 38% del comercio de tableros contrachapados es abastecido por México y el 62% restante por EE.UU. e Indonesia.

1.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS (CIMBRAS)

1.4.1 Antecedentes

México tiene, sin duda alguna, prestigio mundial como gran constructor. En tiempos prehispánicos, cuando en Europa se inauguraban catedrales, en México se erigían pirámides y construcciones que, a la fecha subsisten. Diferentes culturas legaron obras diseminadas en el Tajín, Chichén-Itzá, Uxmal, Tula, Monte Albán, Mitla, Teotihuacán, Palenque, Bonampak, etc.

Sin la menor duda, estas culturas disponían de abundante mano de obra de artistas y artesanos que sabían labrar la piedra y acomodarla siguiendo una geometría especial, cuyo resultado eran construcciones que actualmente podemos admirar.

El uso de la madera, en forma de troncos de árbol, ayudó en mucho a la realización de estas construcciones, dado que no se conocía ni la rueda ni el acero. Este suceso puede pensarse como el origen del andamiaje en el país.

En la época colonial destacan construcciones de gran valor realizadas ya con tecnología europea, pero con la valiosa colaboración de la mano de obra indígena, que enriqueció el acabado final y dio como resultado una fusión de ambas culturas, cuyas muestras en forma de iglesias, conventos, edificios, etcétera, son sólo comparables a las existentes en Lima, Perú.

Con el paso del tiempo, se fue generalizando el uso del cemento y del concreto en México, de tal manera que hubo necesidad de colocar un molde que lo recibiera, que lo conformara y que lo sustentara. Se recurrió entonces a la utilización de la madera como cimbra. En un principio se introdujo en forma de cajón, a base de tablas y refuerzos con clavos para sujetar los componentes; y después, ya como tableros, aprovechando el uso de hojas de triplay denominado "para cimbra", cuyas medidas normalmente son de 1.22 x 2.44 m. y en espesores regularmente de 5/8" (15.9 mm.).

En cualquier tipo de obra, ya sea de construcción urbana, edificación, construcción pesada o industrial, el uso de cimbra de madera y polines o puntales era más que generalizado, dado que tanto la adquisición de la materia prima (madera), como la mano de obra para fabricarla y para montarla, eran sumamente económicas, además de ser abundantes por la capacidad artesanal de los obreros de construcción.

Sin embargo, en la actualidad, las cosas han cambiado radicalmente de como eran en el pasado. Los altos costos de adquisición de la madera, el encarecimiento de la mano de obra, la dificultad de encontrarla, la necesidad de aumentar la productividad, de tener que recurrir a sistemas más modernos y mucho más veloces para construir, así como de construir en un medio económico tan cambiante, independientemente del enorme desperdicio de madera, un recurso natural que no abunda en México, han determinado el desarrollo de nuevas técnicas en lo que a cimbra y andamiaje se refiere.

La necesidad de modificar el sistema tradicional ha sido preponderante y ha forzado a los ingenieros y arquitectos mexicanos a desarrollar tecnología con el uso de nuevos materiales y de nuevos conceptos; en donde la optimización del número de usos, la velocidad del cimbrado y descimbrado, el evitar desperdicios y facilitar las maniobras son parámetros obligatorios, que irremediablemente han de conducir a una reducción sustancial en los costos de construcción.

1.4.2 Tipos de cimbras de madera

Ha sido la madera el material más usado para su fabricación y la mayoría de ellas se construyen basándose en la experiencia, lo que

para obras ordinarias es el sistema adecuado. Más no así para otro tipo de diseños en que no es posible hacerlas empíricamente, sino que es necesario proyectarlas y calcularlas estáticamente en todos los diversos miembros que las constituyen, tomando en cuenta las fatigas ordinarias de trabajo y de seguridad, factores que se traducen en economía al haber resuelto correctamente el problema.

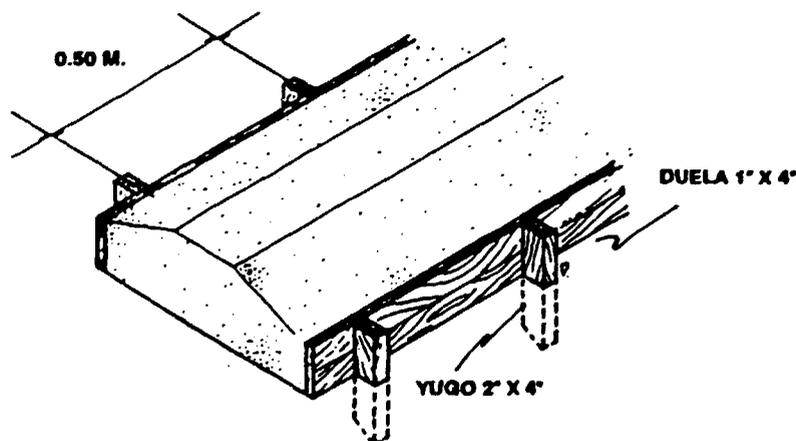
Las cimbras o moldes se ejecutan comúnmente de madera por ser un material que adopta con relativa facilidad diferentes formas y cuyo costo era, pues ha dejado de serlo ya, relativamente bajo. Una cimbra de madera en contacto directo con el concreto y en la cual se ha empleado una buena obra de mano, puede ser usada de 4 a 6 veces. Si el elemento no está en contacto directo con el concreto, como sucede en el caso de puntales, postes, refuerzos de tarimas, largueros, madrinan, contraventos, etc., su vida útil comúnmente se calcula de 10 a 12 usos.

Son muchos los sistemas usados para cimbrar los diversos elementos de concreto y procuraremos analizar algunos ejemplos con objeto de formar un criterio a este respecto.

1.4.2.1 Cimbras en cimentación

a) *Para zapatas o losas de cimentación:* Para cimbrar zapatas o losas de concreto armado, el molde lateral queda formado por una tabla de 10 a 20 cms., según el peralte de la losa, fijándolo al piso mediante yugos con separación aproximada de 50 cms., y fijas a la tabla por medio de clavos. Se usa tabla de 2.5 cms. (1") si se piensa usar esta cimbra para una a tres veces; y de 3.81 cms. (1½") ó 5.08 cms. (2") si se le piensa dar un mayor número de usos.

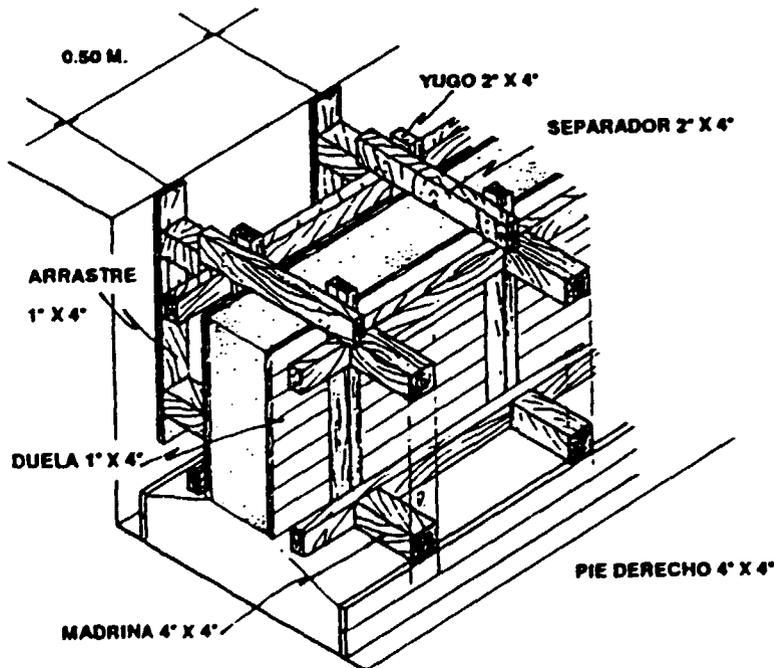
FIGURA NO 1.01 Cimbra común en zapata de 15 a 25 cm de peralte



b) *Para trabes de cimentación o contratraveses:* El sistema probablemente más correcto y que mayores economías reporta tanto en la obra de mano como en desperdicio de material, en la manufactura de cimbras en contratraveses, como en general para otros elementos, tales como losas de entrepisos, es el usar cajones prefabricados hechos a base de tabla de 2.5 cms. (1") con refuerzos laterales hechos con tablas de 3.81 cms. (1½"), y en tamaños que varían alrededor de un metro de acuerdo con el módulo que se haya escogido y que se crea el más conveniente para la ejecución de la obra. Este tipo de piezas evita el desperdicio de madera, ya que no hay que estar cortando continuamente para obtener diversos tamaños, y solamente es necesario el hacer las piezas especiales para ajustar las diferencias entre los módulos y los claros de cimentación o entrejes.

Es muy importante el hacer notar que la madera más usada en la Ciudad de México para la manufactura de cimbras, es la tabla de 10 cms. (4"), por lo que es muy conveniente el tomarla en consideración al proyectar secciones de concreto y entrejes. La utilización de este módulo de 10 cm se deriva de la conveniencia de los madereros y del constructor de efectuar el menor número de cortes dentro de las tablas normales de 30.4 cm (12") que vienen del aserradero.

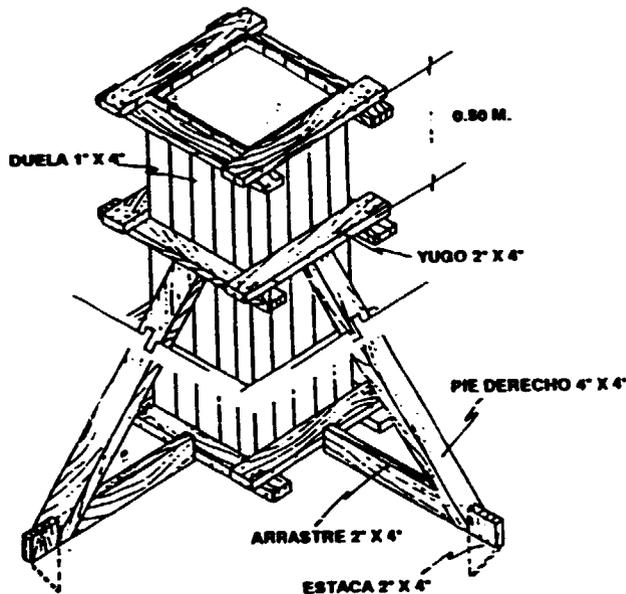
FIGURA NO 1.02 Cimbra común en cotratraveses de 20 x 80 cm.



1.4.2.2 Columnas

Para cimbrar una columna de sección cuadrada o rectangular, se procede a construir cuatro costados, iguales a las dimensiones laterales de la pieza a colar, en los cuales la duela o madera de contacto se clava permanentemente sobre travesaños o yugos colocados a 40 ó 50 cm de separación. Estos travesaños se colocan de canto en tal forma que al hacerse la caja de la columna, los correspondientes a dos caras opuestas monten exactamente sobre los de las caras laterales. En esta forma se obtiene en las esquinas, una serie de ángulos rectos formados por las salientes de los travesaños en los cuales se pueden colocar polines que servirán para asegurar entre sí por medio de sargentos, ya sean metálicos o de madera, la cimbra completa.

FIGURA Nº 1.03 Cimbra común en columna de 50 x 50 cm.



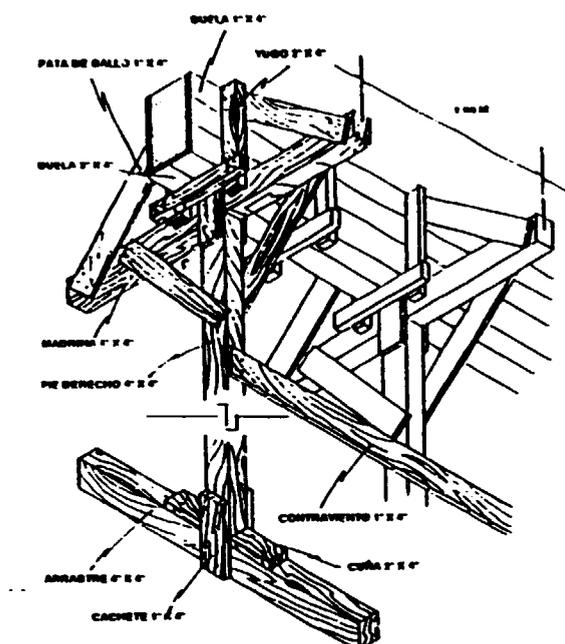
La caja así formada, se plomea por medio de cuatro pies derechos inclinados apoyados en cuñas empotradas en la losa o en el terreno. En esta forma se logra la construcción de una pieza cuyo descimbrado es sencillo, rápido, y sobre todo, sin destruir la madera de contacto. Para evitar que se pegue al concreto a la vez que aumentar su duración, es conveniente engrasarla usando cualquiera de los productos usuales, como aceite lubricante quemado, grasa amarilla, aceite de linaza o algún otro tipo de grasa especial a base de petróleo o parafina. Las dimensiones de las piezas coladas, con objeto de aprovechar al máximo la madera de 10 cm de ancho, deben ser múltiplos de 10 menos 2.5 cm o menos de 5 cm, dependiendo de la forma en que sean colocadas las tarimas.

1.4.2.3 Trabes

En el caso de estar proyectada la estructura con trabes por arriba, la cimbra de estos elementos es similar a los de las trabes de cimentación. Si las trabes están por abajo de la losa, se procede a construir por separado el fondo y los costados.

Es conveniente utilizar para la construcción del fondo, madera más gruesa (2") que para los costados (1"), y la madera de contacto que constituye el fondo, se apoya en unas madrinas de 4"x4" distanciadas a un metro una de otra. Los costados se clavan a yugos de 2"x4", que están unidos a las madrinas a través de patas de gallo de 1"x4" que rigidizan el cajón. Finalmente, las madrinas se arriostran con diagonales y están apoyadas en pies derechos de 4"x4" que se asientan en el piso, sobre arrastres también de 4"x4".

FIGURA Nº 1.04 Cimbra común en trabe de 15 x 30 cm.

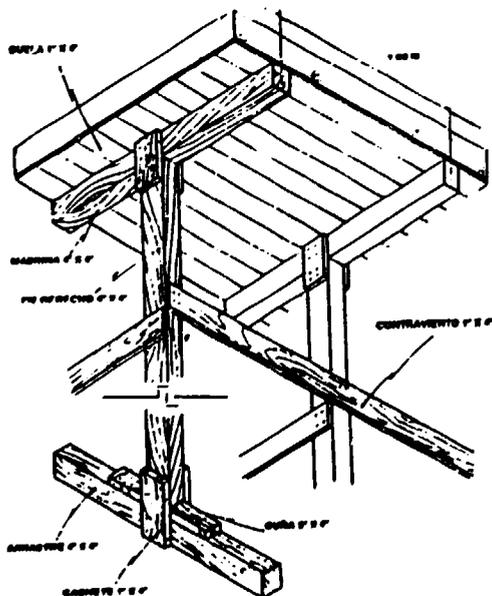


1.4.2.4 Losas

Para proceder al cimbrado de la losa, conviene construir una serie de tarimas o cajones de dimensiones apropiadas, de acuerdo con los claros a cubrir, constituidos por un forro de cimbra de contacto clavado sobre un armazón rígido de madera más gruesa. Estas tarimas se pueden hacer con todo cuidado, escuadrándolas y cepillando su superficie, con objeto de obtener un mejor acabado en el colado.

Se colocan una junto a otra sobre una estructura inferior constituida por vigas maderas, espaciadas entre sí un metro como máximo, que descansan sobre pies derechos de 4"x4" distanciados convenientemente, a los cuales quedan unidos por medio de cachetes. Finalmente, los pies derechos se apoyan a los arriostres del suelo por medio de cuñas y cachetes.

FIGURA Nº 1.05 Cimbra común en losa de 5 a 10 cm de peralte



1.4.3 Encofrados mixtos

Este sistema de origen estadounidense (Sistema STEEL-PLY de la SYMONS CORPORATION), se ha extendido en todo el mundo y se basa principalmente en paneles modulares con marco metálico y cara de contacto de madera, que se unen entre sí por medio de elementos especialmente diseñados para facilitar y optimizar las operaciones de cimbrado y descimbrado de muros, trabes, columnas, losas, etc.

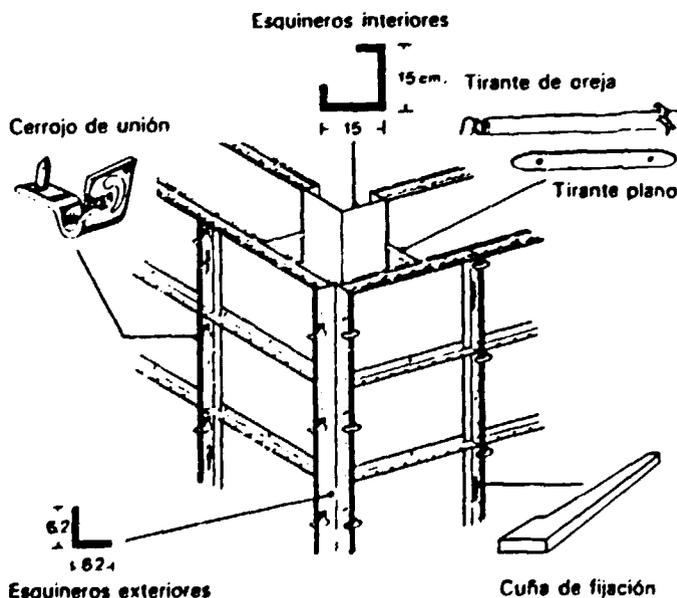
Este sistema se utiliza en México hace más de veinte años y es ofertado en el mercado en la modalidad de venta o alquiler por las dos empresas más conocidas, es decir, CIMBRA-MEX. S.A. e INGENIERIA DE CIMBRAS S.A. Además de los marcos de metal que dan apoyo al contrachapado de madera, se utilizan tirantes recuperables, cerrojos para unir los paneles y cuñas que sirven para fijar los tirantes a los paneles. Los módulos tienen medidas standard de 30 cm. y múltiplos hasta 60 cm. de ancho por 2.4 m. de altura.

CIMBRA-MEX utiliza el triplay marino de pino ponderosa, de 12 mm con una cara recubierta de papel kraft impregnado en resina, que permite ser utilizado entre 60-70 veces con la aplicación de desmoldantes. En el caso de INGENIERIA DE CIMBRAS S.A. utiliza el Duraplay de Parral nacional de 12 mm de espesor (40-60 usos) o el Eastwood Plywood de Canadá (100 usos).

Sólo CIMBRA-MEX, desde el año 1970, ha abastecido los encofrados para la construcción de alrededor de 150,000 viviendas principalmente de interés social, además de otras obras civiles e industriales. El sistema es apropiado para la construcción de muros de concreto de 8 a 15 cm de espesor y losas de concreto para entrepisos y techo. La segunda alternativa para techos es la vigueta y bovedilla, que es un sistema prefabricado muy popular en México que no requiere casi de encofrados.

La ventaja de este tipo de cimbra mixta en relación a la cimbra 100% metálica, es la menor inversión inicial, el menor peso (un panel mixto de 0.60 por 2.40 m pesa 40 Kg y uno metálico entre 45-50 kg.), mayor versatilidad en la modulación y mejor reutilización de los marcos. La principal ventaja de los paneles metálicos es la gran cantidad de usos (200 usos), pero requiere de mucho más equipo para el manipuleo.

FIGURA Nº 1.06 Sistema de cimbra mixta



1.4.4 Otros tipos de encofrados

Existen numerosas alternativas en el mercado de construcción en México, pudiéndose señalar las siguientes:

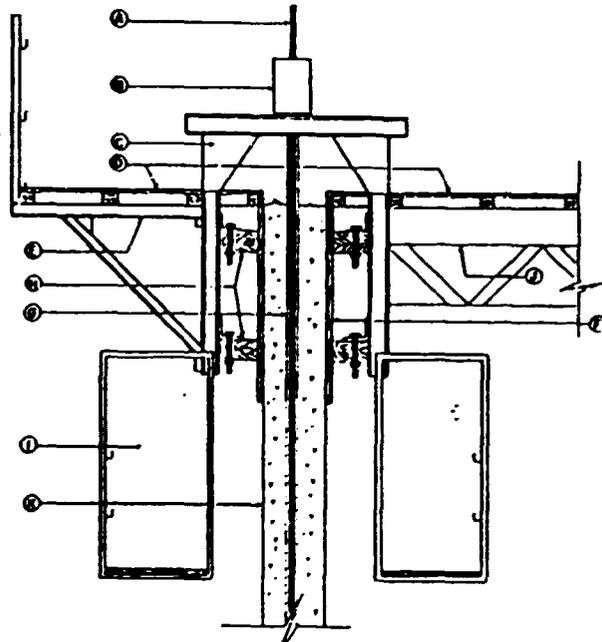
1.4.5 Cimbras deslizantes

Esta tecnología se ideó originalmente en Estados Unidos y se modernizó en Europa después de la II Guerra Mundial. Volvió a ser utilizada en Norteamérica y se emplea en México desde hace 25 años aproximadamente. Se utiliza fundamentalmente para la construcción de silos, chimeneas, tanques elevados, cajas de ascensores, etc.

Se denominan así cuando están equipados con un sistema autónomo que permite la elevación continua de las cimbras, sin necesidad de tirantes o separadores a medida que progresa el colado del concreto que también es continuo por lo tanto monolítico.

El sistema consta de costados de cimbra de 1.20 m. de altura y longitud variable de 1.2 a 6 m. Estas son construidas con madera o metal, acoplados por medios de yugos metálicos, regulables al espesor de la pared de concreto. Este conjunto desliza de manera continua por medio de gatas hidráulicas de alta capacidad, las cuales se trepan sobre unas barras de acero especial apoyadas en la cimentación previamente construida.

FIGURA Nº 1.07 Sistema de cimbra deslizante



La colocación del concreto y acero de refuerzo se hace desde una plataforma de madera apoyada sobre los contraventeos metálicos de la parte interior de las cimbras. Las ménsulas metálicas, sujetas a los yugos metálicos, reciben la plataforma de madera exterior para almacenar acero de refuerzo.

En México existen alrededor de 8 plantas de cimbras deslizantes, la mitad de las cuales utiliza madera y las 4 restantes superficies encofrantes metálicas. Una de las empresas visitadas, OBRAS Y DESLIZADOS S.A. utiliza tablas machihembradas de pino de MICHOACAN de 4" y 6" de ancho y 30 mm de espesor. También se utiliza el pino de CHIHUAHUA y de DURANGO. La madera no se seca al horno y puede tener hasta 20 usos aunque, lo óptimo son 12 usos.

1.4.6 Cimbras de metal

Es un tipo de encofrado, proporcionalmente poco usado todavía en México, por el alto costo inicial, aunque su uso se justifica en todos aquellos trabajos en serie, en los cuales el alto número de usos, permite prorratear la inversión inicial.

En este tipo de sistema se evita casi totalmente el uso de madera, ya que los pies derechos, postes y tornapuntas son substituidos por elementos metálicos telescópicos, cuya reutilización es muy grande y cuya colocación y ensamblado es sumamente sencilla.

El acabado que forman los elementos estructurales, es perfecto en su apariencia, quedando las superficies libres de toda irregularidad, por lo que es posible, y ésta es la tendencia al emplearlos, el dejar el concreto aparente, sin aplicar ningún recubrimiento posterior.

1.4.7 Cimbras de otros materiales

Se pueden mencionar las cimbras de tubo de cartón o fibra (Sonotubo) que son hechos a base de papel kraft en forma de tubos, los cuales se utilizan una sola vez, pero ofrecen grandes ventajas en lo que respecta a su costo y al magnífico acabado que se alcanza en las piezas.

Las cimbras hechas con láminas de FIBRACEL, que es un material intermedio entre la madera y la cimbra metálica, que disminuye el costo de la misma, obteniéndose un acabado similar a aquellas en que se emplea cimbra metálica.

También se utilizan las cimbras de asbesto-cemento, cuyo material se adapta para encofrar columnas circulares, en las que se emplean tubos de dicho material, quedando como superficie de acabado el tubo de asbesto.

1.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

El volumen de consumo de madera en encofrados varía fundamentalmente, de acuerdo al sistema constructivo empleado y al número de usos que se le da al material. En el caso de México, las cimbras de madera para las losas de concreto tradicionales, están siendo reemplazadas por losas prefabricadas a base de viguetas y bovedillas, que utilizan menos concreto y sobre todo, mucho menos madera que en la construcción de la losa tradicional.

Según el último censo de 1990, el 51.4% de los techos de las viviendas existentes en México utilizan, losa de concreto o sistema de vigueta o bovedilla. Si bien la información estadística no discrimina el porcentaje que corresponde al sistema de vigueta y bovedilla, es posible aseverar que en la construcción de programas masivos de vivienda, cada día es más frecuente este tipo de solución.

Se han analizado diferentes fuentes de consulta para determinar el volumen de consumo de madera en encofrados. En el cuadro N° 1.05, se describe las características de consumo de una vivienda terminada de 52.87 m² con 4 sistemas constructivos alternativos tipo INFONAVIT (Instituto de Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) con información proporcionada por SEDESOL en base al estudio denominado "*Impacto Macroeconómico de la Vivienda en la Industria de la Construcción*". A manera de ilustración, en 1993 se programó la construcción de 110,000 viviendas de estas características y en el periodo 1989-1992 se construyeron 307,832 unidades de este tipo.

La quinta alternativa corresponde a una vivienda de interés social unifamiliar de 46.08 m² considerada en la publicación mensual de BIMSA-COSTOS de mayo de 1993, que sirve de referencia para la elaboración de antepresupuestos y como guía del costo de proyectos de construcción. La vivienda esta diseñada en un terreno de 7 x 15 m (105 m²), considerando las áreas mínimas de INFONAVIT.

En dicho cuadro se describe las características de cada sistema constructivo, que difieren en la cimentación (de mampostería o losa de concreto), en el tipo de muro (ladrillo cerámico y bloque de concreto) y en el tipo de techo (losa de concreto y sistema de vigueta y bovedilla).

El consumo de madera varía entre 344-655 pt por vivienda (promedio 506 pt.), siendo el consumo por m² promedio de 9.9 pt. El costo del encofrado, representa en promedio 6.0% del valor de costo directo de la obra con una variación de 4.1% a 7.3%. Finalmente, el consumo promedio de madera por volumen de concreto es de 0.069m³ de madera/m³ de concreto o lo que es lo mismo, 29.1 pt/m³ de concreto, y en relación al área construida es de 0.0234 m³mad/m²cons.

El Programa de Apoyo a la Autoconstrucción de SEDESOL, considera un consumo de madera de 311 pt. para la vivienda progresiva (autoconstrucción) y de 93 pt. para la vivienda mejorada, que se utilizan principalmente para encofrados. Si tomamos en cuenta el consumo de 529 pies tablares por vivienda terminada obtenida en el cuadro N° 1.05, se podría deducir el consumo anual de madera en función al ritmo de construcción previsto en el país.

En efecto en el cuadro N° 1.06, se observa la demanda potencial de materiales básicos de construcción para un programa de viviendas que cubre el periodo 1991-2000, de acuerdo al estudio "*México. Escenarios de la Industria de la Construcción y la Vivienda 1991-2000*", elaborado por el Arquitecto Angel Mercado. El número de viviendas previstas a construirse en 10 años es de 7.430 millones de unidades (considerando viviendas terminadas, progresivas y mejoradas, construidas tanto por el sector público como privado). De acuerdo al consumo unitario de madera para encofrados considerado anteriormente, se requerirán 671,400 m³ anuales, es decir, 6.714 millones de m³ en el periodo 1991-2000.

Esta cifra debiera ser un tanto mayor, si consideramos que el consumo de madera es superior en edificios, en comparación al requerido en viviendas unifamiliares y las viviendas multifamiliares que representan aproximadamente el 15% del inventario habitacional.

CUADRO N° 1.05

CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS POR SISTEMA CONSTRUCTIVO

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA			COSTO DIRECTO	
					m ³ mad m ² conc	m ³ mad m ² cons	pt(1) m ² cons	US\$ m ² cons	Z c.d
SEBESOL 1/	52.07	nd	18	1.47	0.082	0.029	12	11.27	7.3
SEBESOL 2/	52.07	nd	15	0.81	0.055	0.015	06	6.36	4.1
SEBESOL 1/	52.07	nd	20	1.55	0.078	0.029	12	12.14	7.3
SEBESOL 2/	52.07	nd	17	0.89	0.052	0.017	07	6.98	4.2
BINSA 2/	46.08	nd	16	1.25	0.077	0.027	12	23.44	7.0
P R O M E D I O					0.080	0.023	10	12.08	6.0

FUENTE: SEBESOL. "Impacto Macroeconómico de la Vivienda en la Industria de la Construcción".
 FRAFOR 1991. BINSA.

- (1) : 1 m³ madera : 424 pies tablares (pt)
 1/ : Muro de mampostería y losa plana de concreto
 2/ : Muro de mampostería y techo de vigueta y bovedilla.
 nd : Información no disponible

CUADRO N° 1.06

MEXICO: DEMANDA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA
 POR AGENTE PRODUCTOR Y TIPO DE PROGRAMA 1991-2000 (en miles)

TIPOS DE MATERIALES	UNIDADES	SECTOR PUBLICO			SECTOR NO PUBLICO		TOTAL MATERIALES 1991-2000	PROMEDIO ANUAL
		Vivienda Terminada	Vivienda Terminada	Vivienda Terminada	PRIVADO Vivienda Terminada	SOCIAL Vivienda Terminada		
Total Viv.1991-2000	Viviendas	2.043.0	206.4	1.036.0	1.450.6	2.694.1	7.430.1	743.0
MATERIALES BASICOS								
1 CEMENTO	TON	9.847.4	1.054.7	1.968.4	13.838.7	13.766.9	40.476.1	4.047.6
1 ACERO	TON	1.552.7	70.2	124.3	913.9	916.0	3.577.1	357.7
1 TABIQUE	MILLAR	13.034.5	586.2	953.1	6.716.3	7.651.2	28.941.3	2.894.1
1 ARENA	M ³	4.739.8	2.710.0	5.066.0	35.525.2	35.373.5	83.414.6	8.341.5
1 GRAVA	M ³	7.089.3	1.248.7	2.331.0	16.377.3	16.299.3	43.345.6	4.334.6
1 PIEDRA	M ³	27.458.3	1.539.7	2.880.1	20.192.4	20.098.0	72.168.4	7.216.8
1 MADERA	M ³	2.548.9	151.4	227.8	1.809.8	1.976.1	6.714.0	671.4

FUENTE: Mercado M, "México. Escenarios de la Industria de la Construcción y la Vivienda 1991-2000"

Este volumen de madera, representaría alrededor del 20-25% del total de consumo anual de madera aserrada y tableros contrachapados, según información estadística del Anuario de Productos Forestales 1980-1991 de FAO y de la Cámara Nacional de la Industria Forestal (considerando 0.5 m³ de madera industrial por m³ de madera en rollo). Sólo en madera contrachapada destinada para encofrados, se estima un consumo anual de 150,000 m³ de tableros (30% del consumo total), correspondiendo a la mitad de producción nacional y la otra mitad de triplay importado de Estados Unidos.

1.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS

De acuerdo a la información obtenida en las visitas de campo a industriales y constructores, las cimbras metálicas cuestan entre 20 y 30% más que las cimbras industrializadas que utilizan contrachapado de madera.

No obstante ello, se utilizan para cierto tipo de obras, pues en función al número de usos (200 usos conservadoramente), los costos unitarios pueden ser menores con mejores niveles de acabado. Normalmente se utilizan en el vaciado de losas en pavimentos, guarniciones y banquetas, así como en columnas, losas y trabes en estructuras tradicionales. Su uso es recomendable para todos aquellos trabajos en serie en los cuales se justifique la enorme inversión inicial.

La madera o los contrachapados siguen siendo (y seguirán siendo) los materiales más versátiles y comparativamente más económicos para su uso en encofrados, aunque la reducción de desperdicios y la implementación de nuevos sistemas de cimbras, pueden hacer más competitiva y eficiente su utilización.

A continuación se presenta un cuadro resumen, especialmente preparado para el presente estudio, en el cual se comparan los costos de muros de concreto utilizando 2 sistemas de encofrados, en comparación a los costos de los muros tradicionales de ladrillo de arcilla y bloque de concreto.

En efecto, en el cuadro N° 1.07, se presentan los costos de un muro de concreto con el sistema CIMBRAMEX (bastidores de metal y contrachapados de madera) y el mismo muro de concreto con el sistema "tradicional" de encofrado (bastidores de madera y contrachapado de madera).

A ambas alternativas se les compara con muros de mampostería de tabique rojo recocido y de bloque de concreto de 10x20x40 cm. El análisis fue elaborado en un estudio simulado para la construcción de 100 viviendas y se consideró una reutilización de 60-70 veces para el triplay recubierto, 8 usos para el triplay normal y 15 usos para la madera requerida en los muros de mampostería para las cadenas (vigas) y castillos (columnas). El estudio realizado en el mes de octubre de 1993, consideró los análisis de precios unitarios para cimbras, concreto, acero y muros de 2 tipos.

Los resultados indican que el sistema más económico resulta siendo el de bastidores metálicos y contrachapados de madera (CIMBRAMEX), seguido por el muro de bloque de concreto (39.7% más caro), el muro de concreto y encofrado tradicional (41.2% mayor) y el muro de tabique de arcilla, que su costo resultó siendo 64.5% más caro.

CUADRO N° 1.07

ANALISIS DE COSTOS PARA MUROS DE CONCRETO Y MAESTRERIA

(Muros de vivienda de interés social)

Longitud : 57.0 metros lineales

Altura : 2.10 metros

Ancho : 0.10 metros

	CIMBRAMEX	TRADICIONAL	TABIQUE	BLOCK
- CIBRA				
Material	1,117.92	2,654.38	-----	-----
Mano de obra	675.91	1,483.69	-----	-----
- CONCRETO				
Material	3,400.22	3,675.22	-----	-----
Mano de obra	37.91	37.91	-----	-----
- ACERO				
Material	76.55	767.55	-----	-----
Mano de obra	103.53	103.53	-----	-----
- MURO				
Material	-----	-----	7,786.93	6,753.26
Mano de obra	-----	-----	2,236.99	1,775.55

COSTO TOTAL M \$	6,103.03	8,612.27	10,023.92	8,528.81
COSTO EN US\$	1,994.5	2,184.5	3,275.8	2,787.2
COSTO EN por m ² US\$	8.33	11.76	13.7	11.64
	(100%)	(141.2%)	(164.5%)	(139.7%)

FUENTE : CIMBRA-MEX S.A.

Es indudable que el hecho de analizar la construcción masiva de 100 unidades reduce los costos de un sistema industrializado como el de CIMBRAMEX, aunque se hubieran obtenido menores costos proporcionales (no menos del 15%), de haberse utilizado el sistema tradicional de cimbras, con contrachapados apropiados, que tienen posibilidades de ser usados más de 60 veces y no 8 como el triplay normal.

1.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, se observa que en México el uso de madera y otros materiales de construcción utilizados en cimbra o encofrados para concreto, están acordes con el desarrollo sostenido y el nivel tecnológico de la industria de la construcción, impulsada tanto desde el sector público como privado.

Sólo en el Distrito Federal, existen no menos de 30 compañías especializadas en cimbras que ofrecen diferentes tipos de alternativas: alquiler de cimbra (19 compañías), cimbras de acero para colado de concreto (2 compañías), cimbras deslizantes (2 compañías) y cimbras de otros materiales para colado de concreto (7 compañías). La madera sin embargo, sigue siendo el material predominante en cimbras, cubriendo entre el 80 y 90% del consumo total de encofrados.

Existen en México edificios construidos con las más modernas tecnologías de cimbras, tales como: elementos prefabricados de concreto, cimbras en voladizo, cimbras inflables, cimbras en cajón tipo túnel y cimbras voladoras. También se cuenta con cimbras para la construcción de tanques elevados de concreto en forma de paraboloide hiperbólico, cuyos diámetros varían continuamente, por lo que el sistema debe contemplar la posibilidad de traslaparse; independientemente de contar con mecanismos de autopropulsión ya sean hidráulicos o neumáticos. En México se han importado diversas tecnologías, especialmente de Estados Unidos, Alemania, Francia, Inglaterra, España e Italia, aunque habría que admitir que no siempre han sido exitosos.

En cuanto a la *producción de materia prima*, la madera utilizada en cimbras tiene algunos problemas en durabilidad, de desgaste y de deformación que afectan la adecuada reutilización del material, que permita optimizar su uso y reducir los costos de construcción. En el caso de los tableros contrachapados, existe consenso, que los productores nacionales ofertan productos de buena calidad pero poco competitivos en costos, en relación con los tableros importados. El triplay nacional está abasteciendo el 38% del mercado de consumo y las industrias se encuentran operando al 30% de su capacidad instalada. De acuerdo a ANAFATA, la norma de calidad mexicana es más exigente que la americana.

Desde el punto de vista de la *normalización* de uso de la madera en cimbras, no existen normas ni especificaciones técnicas suficientes, sólo se utilizan las recomendaciones de la American Concrete Institute (ACI), que están basadas en productos norteamericanos. En algunos casos inclusive, cuando existen especificaciones, éstas son de carácter voluntario y no mandatorias. Existe en esta área un trabajo por desarrollar.

Desde el punto de vista de la *capacitación* de la mano de obra, no se obtuvo información sobre cursos regulares de entrenamiento de obreros y carpinteros en técnicas de fabricación, cimbrado y descimbrado. Sin embargo, la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CNIC) a través del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción (ICIC), realiza una intensa labor en la capacitación de carpinteros de "obra negra", en función a la demanda de las empresas constructoras a nivel nacional, agrupadas en la CNIC.

El ICIC, en convenio con el Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional (CINTERFOR), agencia especializada de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), ha editado el *Manual del Carpintero de Obra Negra*, que contiene la información básica sobre los conocimientos relacionados a la ocupación de oficial de carpintería de obra negra, que tiene que ver con las técnicas de procesamiento de la madera y su utilización en la obra, especialmente para uso temporal, como es el caso de cercas, andamios y especialmente cimbras. El mencionado manual, puede servir de ejemplo para ser adoptado en otros países latinoamericanos.

Para ilustrar mejor la labor del ICIC en la capacitación de carpinteros de obra, bastaría mencionar que en el período Enero-Octubre de 1993, se organizaron 127 cursos, con la asistencia de 1,532 participantes, que cubrieron 30,452 horas/hombre de capacitación en 23

delegaciones de los distintos Estados del país. No obstante el esfuerzo realizado, existe necesidad de insistir en este tipo de capacitación, sobre todo para el dominio de nuevas tecnologías que siempre despiertan resistencia por parte de los trabajadores de la construcción.

Adicionalmente, se ha identificado una ausencia de capacitación a nivel de ingenieros y constructores, no tanto en aspectos de cálculo estructural sino en aspectos prácticos de fabricación y utilización de la madera en cimbras. Según el Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto (IMCYC), no menos del 10% de las direcciones en las cuales se solicita la intervención de la institución, tienen que ver con un uso inapropiado de las cimbras de madera o contrachapado. Existen muchos problemas en la impermeabilización de la cimbra que afectan la resistencia y el acabado del concreto. Hay más preocupación por la resistencia de la cimbra, que por el propio acabado del concreto. Según el IMCYC, el 80% de las superficies de concreto están mal acabadas.

En relación a la *tecnología* y materiales disponibles para cimbras, se observa en los últimos años una mayor presencia de las cimbras metálicas, incluidas las de aluminio, aunque también acusan algunas dificultades en su utilización masiva. Sin ninguna duda, la madera y los contrachapados siguen siendo los materiales predominantes para cimbras de concreto y resulta muy difícil pensar en una sustitución masiva a nivel nacional, salvo que sistemas constructivos como el de vigueta y bovedilla, reemplacen totalmente al sistema tradicional de construcción con losa de concreto.

Finalmente en relación a los aspectos de *mercado*, con la reciente firma del Tratado de Libre Comercio entre EE.UU, Canadá y México, se prevé que las exportaciones hacia México de madera aserrada y tableros contrachapados, aumentarán en el futuro inmediato, debido a la competitividad de costos de los productos norteamericanos. Actualmente ya se importan 75,000 m³ anuales, que representa la mitad del consumo de contrachapados a nivel nacional.

El estudio permite sugerir algunas recomendaciones, con el propósito de optimizar y racionalizar el uso de las cimbras de madera y productos derivados, tomando en cuenta el enorme consumo que significa este mercado para el sector forestal. Las propuestas serán agrupadas de acuerdo a los siguientes aspectos:

a) **Producción de materia prima:**

- Identificar nuevas especies forestales aptas para cimbras, que substituyan o reduzcan la presión por el consumo de especies tradicionales.
- Mejorar la productividad en la fabricación de madera aserrada y tableros contrachapados, aumentando el valor agregado y el control de calidad, a precios competitivos.
- Mejorar las propiedades físico-mecánicas del contrachapado de madera aumentando el límite elástico y la capacidad de carga de los tableros destinados para cimbras.

b) Normalización:

- Normalizar los productos de madera o derivados de madera destinados para cimbras, estandarizando dimensiones y regulando el control de calidad de los mismos, cuando sea necesario.
- Promover algún tipo de regulación a nivel de norma o especificación técnica mandatoria, cuyo ámbito de acción no necesariamente sea nacional, sino tal vez, tomando en cuenta los reglamentos de construcción regionales o locales.

c) Capacitación:

- Difundir y promocionar la importancia de la cimbra en la construcción, no sólo como elemento estructural sino también, por su importancia en la seguridad de la obra, la necesidad de supervisión y el cuidado de los acabados finales.
- Organizar cursos prácticos de extensión o especialización en la fabricación, montaje y desmontaje de cimbras, dirigidos a profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción.
- Evaluar el contenido y extensión de los cursos o materias básicas impartidas en las universidades, en relación al uso de las cimbras de madera, no sólo con el propósito de optimizar el recurso, sino también con la finalidad de reducir los costos de construcción.
- Elaborar material didáctico, guías, manuales, cartillas y ayudas audiovisuales, recogiendo las recomendaciones de buena práctica del uso de cimbras y tomando en cuenta las características de la mano de obra y la materia prima disponible en el país.
- Ampliar la capacitación de obreros y carpinteros en centros de enseñanza no necesariamente vinculados a las empresas constructoras

d) Tecnología:

- Optimizar el actual uso de la cimbra tradicional de madera desarrollando mejores métodos de diseño, reduciendo desperdicios y reutilizando la madera en mayor número de veces.
- Inducir una mayor industrialización de las cimbras pero también, una mejor modulación de las obras arquitectónicas que se adapten a los sistemas prefabricados de cimbras disponibles.
- Procurar mejores acabados en la superficie del concreto, optimizando el uso de desmoldantes, resinas de recubrimiento o técnicas de vibrado y colado de concreto.

e) Apoyo Institucional:

- Desarrollar trabajos conjuntos que vinculen al sector maderero con la construcción tradicional, considerando que pocas veces un tema como el de la cimbra de madera, convoca la atención recíproca y concurrente de parte de sectores e instituciones

tradicionalmente con intereses distintos.

- En ese sentido se sugiere que instituciones como el Consejo Nacional de la Madera para la Construcción (COMACO), trabaje estrechamente ligado con la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción (CNIC) y con el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC).

Finalmente, es conveniente analizar el impacto que tendrá para el sector forestal y el de construcción, la implementación del Tratado de Libre Comercio entre Canadá, EE.UU. y México a partir de 1994. Siendo que los dos primeros países poseen enormes recursos e industrias forestales, es posible que en el intento de aumentar el intercambio comercial, se desarrollen acciones que promuevan un mayor y mejor uso de los productos madereros tanto importados como nacionales, no sólo en México sino también, en el resto de países latinoamericanos.

2.0 DIAGNÓSTICO ECUADOR

2.1 EL SECTOR VIVIENDA

De acuerdo al V Censo de Población y IV de vivienda realizado en 1990, Ecuador tenía una población de 10'782,000 habitantes y el parque inmobiliario del país estaba compuesto de 2'339,281 viviendas de las cuales el 54% se ubicaban en áreas urbanas y el 46% en áreas rurales. En relación al censo de 1974, hubo un crecimiento de 965,347 viviendas en un período de 16 años, es decir una construcción promedio anual de 60,334 unidades de vivienda, tanto del sector formal, como informal.

El crecimiento poblacional en el período 1985-1990 fue de 2.6% y para 1992, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda estimó un déficit habitacional de 630,000 viviendas, de las cuales el déficit cuantitativo fue de 355,000 unidades (56.4%) y el déficit cualitativo de 275,000 viviendas (43.6%). La proyección del déficit para 1996 es de 822,573 viviendas (547,591 el déficit cuantitativo y 274,982 el déficit cualitativo).

En el período 1989-1992 la oferta de viviendas del sector formal fue de 157,500 viviendas, es decir el 25% de la demanda total del déficit habitacional. Esto significó una oferta de construcción de ± 40,000 viviendas/año de diversas soluciones habitacionales (viviendas nuevas, mejoramiento, préstamos, etc.) construidos por el sector público, mutualista y privado. Las 20,000 viviendas adicionales construidas anualmente, corresponderían al sector informal o de autoconstrucción. La composición del parque inmobiliario de acuerdo al tipo de vivienda fue la siguiente:

- Casas o Villas	1'520,465	(65.0%)
- Departamentos	182,393	(7.8%)
- Cuartos de casa en inquilinato	159,637	(6.8%)
- Mediagua	267,818	(11.5%)
- Rancho	157,235	(6.7%)
- Covacha	9,194	(0.9%)
- Choza	37,117	(1.6%)
- Otros	<u>5,422</u>	<u>(0.2%)</u>
T O T A L	2'339,281	(100 %)

Si asumimos que sólo los departamentos se contruyen en edificios multifamiliares, el resto de tipologías representarían el 92.2%, que corresponden a viviendas de 1 ó 2 pisos de altura. Asimismo, los últimos 5 tipos de edificaciones son considerados como semipermanentes con una duración promedio de 5-10 años y representan el 20.4% del total nacional.

2.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION

Uno de los principales indicadores de la situación económica del país, es la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB). De acuerdo a dicho indicador, la economía ecuatoriana ha sufrido una contracción desde la época del boom petrolero. En 1973, alcanzó un crecimiento de 25.3% y desde entonces ha declinado hasta que en 1983 fue negativa en -2.8% a precio referenciales de 1975.

A partir de entonces, la tasa de crecimiento experimentó una recuperación que fue frenada en 1987, debido a la paralización de las exportaciones petroleras causada por el terremoto de marzo de ese año, registrándose una tasa negativa de -6.0%. En el año 1992, la tasa de crecimiento del PIB fue de 2.5%. La participación del sector de la construcción dentro del PIB se puede apreciar en el cuadro N° 2.01

CUADRO Nº 2.01

TASAS DEL CRECIMIENTO DEL PIB Y DE LA CONSTRUCCION ^{1/}

A Ñ O S	VALOR ANUAL DEL PIB EN MI LLONES DE DOLARES	CRECIMIENTO DEL PIB ANUAL	PARTICIPACION DE LA CONSTRUC CION EN EL PIB %	INDICE DE CRECI- MIENTO O DECRECI MIENTO DE LA CONSTRUCCION ANUAL
1986	10,515	3.1	---	1.5
1987	9,450	-6.0	4.4	2.5
1988	9,129	10.5	3.4	-14.1
1989	9,972	0.3	3.5	3.3
1990	10,741	2.3	3.3	-4.9
1991	11,693	4.4	1.6	-3.2
1992	12,600	2.5	2.0	0.6

^{1/} Informe Anual 1992/1993. Cámara de la Construcción de Quito.

A partir de 1987 se puede observar un brusco descenso en el ritmo de crecimiento del área de la construcción, cuya fase negativa en 1987 fue de 14.1% de decrecimiento, para situarse finalmente en 1992 al 0.7% a excepción del año 1989, que se observó un ligero repunte en la actividad del orden del 3.3%.

La actividad de la construcción en Ecuador es asumida por el Estado que promueve el 70% del total nacional, siendo el sector privado que moviliza el 30% restante. En ese sentido, se tiene gran expectativa que el nuevo Plan de Desarrollo 1993-1996, reactive agresivamente al sector de construcción, pues como se tiene previsto, se está por emprender proyectos de construcción de por lo menos 60,000 soluciones habitacionales promedio al año.

En relación a los materiales de construcción predominantes en la edificación de viviendas, prevalecen los muros de hormigón, ladrillo o bloque de concreto en las paredes (57.7%) y la cobertura de teja en los techos (20.1%). La losa de hormigón es el segundo material predominante con 18.9%. Los pisos predominantes son el entablado (42.6%) y los pisos de ladrillo y cemento con 26.3%. Del cuadro N° 2.02 podemos deducir que el 9.2% de las viviendas tienen paredes de madera, aunque en los techos se utiliza la estructura de madera en el 81%, de los casos con distinto tipo de cobertura (asbesto, zinc, teja, paja, etc).

CUADRO N° 2.02

VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS, SEGUN MATERIALES DE CONSTRUCCION PREDOMINANTES EN PAREDES Y TECHOS

MATERIALES PREDOMINANTES EN PAREDES EXTERIORES	TOTAL VIVIENDAS	MATERIALES PREDOMINANTES EN TECHO O CUBIERTA					
		LOSA DE HORMIGON	ASBESTO o SIMILAR	ZINC	TEJA	PAJA O SIMILAR	GTROS MATE RIALES
REPUBLICA DEL ECUADOR T G T A L	2,008,655	380,119	208,317	917,044	404,296	94,806	4,073
PAREDES DE HORMIGON LADRILLO O BLOQUE	1,159,447	361,186	188,237	463,974	146,040	1	9
PAREDES DE ADOBE O TAPIA	279,488	9,090	11,564	42,246	196,722	19,788	78
PAREDES DE MADERA	186,761	6,695	4,381	150,571	18,960	5,615	539
PAREDES DE CARA REVESTI- DA O BAHAREQUE	130,318	2,443	2,021	78,450	32,418	14,547	439
PAREDES DE CARA NO REVESTIDA	237,937	-----	1,553	176,992	6,681	50,653	2,058
PAREDES DE OTROS MATERIALES	14,704	705	561	4,811	3,475	4,202	950

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística y Censos. V Censo de Población y IV de Vivienda 1990.

2.3 EL SECTOR FORESTAL

2.3.1 Introducción

El Ecuador es un país, donde el uso y el comercio de la madera y sus derivados han constituido actividades siempre presentes en su economía. Ecuador ha sido siempre autosuficiente en productos madereros, pero importa cerca de 2/3 de su demanda interna de papel,

lo que resulta en un significativo déficit en la balanza de pagos del sector forestal (US\$ 48 millones en 1990). Sus principales productos de exportación son la madera aserrada de balsa (US\$ 9,0 millones en 1992) y la madera contrachapada (US\$ 8.05 millones en 1992).

En 1968, el país tenía una población de 5.8 millones de habitantes, y consumía alrededor de 5.2 millones de m³ de madera por año. El consumo para energía representaba el 77% del total. En 1992, el país, tenía aproximadamente 10.7 millones de habitantes, y consumía 9.7 millones de m³ anuales de madera, de los cuales 66% se destinó a la generación de energía. Históricamente la proporción de consumo de madera para uso industrial ha aumentado (23% en 1968 y 34% del total en 1992), mientras que disminuyó el consumo de madera para energía.

El producto que más aumentó su consumo interno en el período 1968-1992 fue la madera aserrada (418%), seguido de los contrachapados (404%) en el mismo período.

2.3.2 El recurso forestal

En Ecuador, cerca del 42.4% del total, a decir, 11.5 millones de ha, está cubierto por bosques naturales y las plantaciones forestales no representa más que el 0.3% del área nacional. Un 29% del área total de los bosques naturales del país, o el 12% del territorio nacional, está declarado como zona de protección (bosques protectores, o bosques y áreas especiales o experimentales).

El bosque nativo provee cerca del 88% del total de madera consumida en Ecuador, o sea, alrededor de 8.5 millones de m³ por año, que sumados a los 1.2 millones producidos a partir de plantaciones, constituye los cerca de 9.7 millones de m³ de madera que el país demanda cada año. Del total, casi 6 millones de m³ son talados para generación de energía, siendo que el 93% de la madera utilizada para este fin es procedente del bosque natural. De los 3.7 millones de m³ utilizados anualmente por la industria maderera del país, un 75%, o cerca de 2.8 millones de m³ proviene de los bosques nativos. La región Noroccidente provee cerca de 1.7 millones de m³ anuales de madera para uso industrial, existiendo actualmente una sobre-explotación de los recursos, cuya potencialidad de producción sostenida no sobrepasa los 900 mil m³ anuales. La región Amazónica provee alrededor de 1.1 millones de m³ anuales, no sobrepasando su capacidad, estando limitada sobre todo por la deficiente infraestructura de la región.

El área de plantaciones forestales está estimada en 78 mil ha, formada por *Eucalyptus* spp. (43%), *Pinus* spp. (30%) y por otras especies nativas y exóticas (27%). Un 90% de las plantaciones está localizado en la región interandina, un 8% en la Costa y el restante 2% en el Oriente. la especie *Eucalyptus globulus* representa un 95% de las plantaciones de Eucalipto del Ecuador. Con relación al Pino, un 84% es formado por *Pinus radiata*, y el demás, 16% por *Pinus patula*.

En la Costa están establecidas las principales áreas de plantaciones de Balsa, Laurel, Teca y Pachaco.

Las plantaciones en la Amazonía son incipientes y no cubre más que 1,500 ha, donde se destacan los experimentos con especies nativas de la región.

Con una proporción de crecimiento ponderado estimada en 11% el "stock" (11.3 millones de m³) de plantaciones forestales, permite una producción sostenida de aproximadamente 1.2 millones de m³/año, lo que corresponde al actual volumen de abastecimiento, mostrando que el bosque plantado ecuatoriano está en su límite de producción de equilibrio.

2.3.3 La industria forestal y el comercio exterior

La industria forestal del Ecuador ha destinado su producción durante los últimos años a suplir la demanda interna. Las relaciones con el mercado exterior, son efectuadas en pequeñas cantidades, donde se destacan las exportaciones de madera balsa y tableros y las importaciones de pulpa y papel. En el cuadro N° 2.03 se presentan los datos actualizado a 1992, de la producción, exportación y consumo aparente de los principales productos forestales.

CUADRO N° 2.03

MERCADO ECUATORIANO DE PRODUCTOS FORESTALES - 1992 (m³)

PRODUCTO	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
Trozas Industriales	3'770,000	-----	60,000	3'710,000
Madera Aserrada	1'450,000	5	45,748	1'404,252
Tableros Aglomerados	58,000	225	17,541	40,684
Tableros Contrachapado	78,000	-----	23,000	55,000
Pulpa y papel (tonelada)	90,000	248,300	700	337,600

FUENTE: Proyecto PD 137/91 "Estrategias para la Industria Sostenida de la Madera en el Ecuador".

2.3.3.1 La madera aserrada

Existen 566 aserraderos ubicados principalmente en la sierra y en menor medida en la costa del país. El mercado consumidor de madera aserrada en Ecuador está compuesto por el sector de la construcción civil y por la industria de productos de mayor valor agregado y otros de menor expresión. Se entiende como sector de la construcción civil, aquel que consume madera aserrada en bruto para encofrado, madera estructural, coberturas y otros.

En los últimos 11 años el mercado interno absorbió más del 90% de la producción. El único producto destinado sistemáticamente para exportación es la madera de balsa. Los principales centros consumidores de aserraderos están localizados en las grandes ciudades, destacándose Guayaquil, Quito y Cuenca que juntas responden por más del 70% del consumo de madera aserrada del país.

En el cuadro Nº 2.04 se muestra el consumo aparente de madera aserrada en el mercado interno ecuatoriano en 1992, que fue estimado en 1.404.252 m³. El principal sector consumidor de madera aserrada en bruto, es la construcción civil, que absorbe 60% del mercado interno. Este producto es empleado en la forma de tablas para encofrado, madera estructural, vigas, techos y otros.

CUADRO Nº 2.04

CONSUMO DE MADERA ASERRADA EN ECUADOR

SECTOR CONSUMIDOR	VOLUMEN (m ³)	Z
Construcción Civil	838.252	60.0
Productos de mayor valor agregado	566.000	40.0
§ Muebles	232.000	16.5
§ Molduras y similares	84.000	6.0
§ Parquets y similares	25.000	1.5
§ Otros productos Terminados	225.000	16.5
T O T A L	1'404,252	100%

FUENTE: Proyecto PD 137/91: "Estrategias para la Industria Sostenida de la Madera en el Ecuador".

Los productos de mayor valor agregado, incluyendo muebles, parquets, molduras, puertas, ventanas, pisos, forros, cajones, pallets y otros absorben un 40% del mercado local, lo que equivale a 566,000 m³. La industria mueblera absorbió el 16,5% del mercado local de madera aserrada, es decir 232.000 m³.

2.3.3.2 Chapas y tableros contrachapados

El mercado interno absorbió el 72.5% de la producción ecuatoriana de contrachapados en 1992, es decir 56,606 m³. Analizando el mercado interno, el sector de muebles absorbió un 92% de este, es decir, aproximadamente 52,077 m³. Los 8% restantes, aproximadamente 4.529 m³ fueron consumidos para diversos usos, entre los cuales se destaca la construcción de divisiones internas y paneles, construcción naval y otros de menor expresión.

Las principales macro-regiones consumidoras de contrachapados son la Sierra y la Costa. La región de la Sierra absorbe un 69% del mercado interno de contrachapados, es decir, aproximadamente 39,058 m³. La Costa consume el 28% de la producción destinada a este mercado, en cuanto que la Amazonía absorbe solamente un 3% de este. En total existen 6 fábricas de contrachapados en el país.

2.3.3.3 Tableros aglomerados

Del aglomerado producido en Ecuador en 1992, un 34% fue destinado para exportación y un 66% consumido en el mercado interno. El principal uso de este producto en el mercado interno es en la producción de muebles, el cual absorbió prácticamente toda la producción de 1992 destinada al mercado local, de 40,684 m³. Existen sólo 2 fábricas de tableros aglomerados en el país.

Se estima que 95% del consumo de los aglomerados son utilizados en la industria mueblera, es decir, aproximadamente 38,950 m³, lo restante, cerca de 1,734 m³ fueron consumidos en otros usos tales como: divisiones internas, elaboración de pequeños objetos, artesanías y otros.

2.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS

2.4.1 Introducción

Dentro del proceso de edificación, el encofrado de madera cumple un papel prominente en el Ecuador, aunque éste no está suficientemente reconocido, en razón de una serie de situaciones coyunturales que trataremos de desarrollar en el transcurso del presente informe. El proceso de extracción y transformación de la materia prima, el costo de la madera de encofrado, la experiencia de la mano de obra para su ejecución, las técnicas disponibles, así como el hecho de que la madera no sea en general reutilizable, determinan una situación preocupante, tanto para los industriales del sector forestal, como para el sector de construcción civil, que representa el principal mercado de consumo.

Los organismos no gubernamentales de corte ecologista y conservacionista, culpan a los industriales madereros del Ecuador, por la destrucción de los bosques y éstos a su vez, sostienen que el problema no se limita a la extracción y transformación del recurso forestal, sino también, al pobre nivel de aprovechamiento de la madera, particularmente cuando se utiliza como encofrados en la construcción. Efectivamente, el problema es más complejo de lo que parece y merece ser rápidamente encarado por todos los sectores comprometidos.

La madera utilizada en encofrado, proviene de lo que se llama el tercer ciclo de explotación del bosque. Primero se extraen las trozas para el contrachapado, en segundo término, se extraen las trozas para madera aserrada de valor comercial y en tercer lugar, se extraen las trozas para madera para construcción y otros usos de menor valor agregado, utilizando la motosierra. El 55% de la producción de aserrados depende de los motosierristas, que obtienen productos de muy baja calidad que, en general, tienen que ser reaserrados antes de ser comercializados, con el consecuente aumento de las pérdidas totales de materia prima.

Existen tablas, tablones y otros tipos de piezas aserradas, en general mal dimensionadas, lo que resulta lógico en función de los equipos empleados en la transformación de las trozas. El uso de motosierras y de equipos obsoletos y desgastados en los aserraderos no permite obtener tablas más precisas. El sistema de compra considera siempre una sobremedida para compensar este mal dimensionamiento. La madera

aserrada es normalmente colocada en el mercado por los intermediarios, fuera de los padrones establecidos, en estado verde y sin dimensiones definidas.

Por otro lado, en el sector de la construcción, son muchos los contratistas que no se interesan suficientemente por el uso de la madera en encofrados, y descuidan su importancia en la obra. En muchos casos no sólo no la proyectan, sino que dejan a la iniciativa del maestro de obra o capataz la fabricación y montaje de los encofrados. Tampoco es común en Ecuador, como ocurre en otros países, que el contratista, subcontrate a destajo a un encofrador, que trae su propia madera y que una vez terminado el fraguado del concreto, la recupera y reutiliza en otras obras, reduciendo los desperdicios y optimizando el uso del recurso.

Otro gran problema de la madera para encofrado o "madera de monte" como se le conoce, es su bajo costo de comercialización, producto de su origen de bosque talados para la agricultura o ganadería o del uso de la motosierra que reduce los costos de producción, en perjuicio de la óptima utilización del recurso forestal. La alternativa que sería el tablero contrachapado para encofrado, tiene un precio casi de US\$ 400/m³, en tanto que la madera de monte es de US\$ 40-60/m³, lo cual hace que sólo en caso de grandes obras, se justifique la mayor inversión inicial.

Es en estas condiciones que debe analizarse el nivel de uso y reciclamiento de la madera y productos derivados en encofrados de obra. La tarea de optimizar el uso de madera en encofrados, deberá contemplar incluso, costumbres existentes, como el de los operarios y obreros de construcción, que utilizan los desperdicios de la madera de obra como fuente de energía para la preparación de las comidas.

2.4.2 Uso de la madera en encofrados

Existen tres técnicas de uso de la madera en encofrados: el tradicional con madera aserrada o tabla de monte, los tableros de madera machihembrados y los paneles de madera contrachapados. Los dos últimos mencionados se utilizan únicamente en edificios multifamiliares y en obras en serie, siendo que la mayor actividad de construcción es de viviendas unifamiliares y de autoconstrucción. En las zonas de Costa, se utiliza muchísimo el bambú o la caña de Guayaquil, que al igual que la guadua en Colombia, reemplaza a la madera aserrada y rolliza en funciones estructurales y no estructurales.

2.4.3 Encofrado Tradicional

Se utilizan madera de baja densidad (0.30-0.35 de peso específico) que bajo la denominación de "madera de monte" o de "encofrado", agrupan un número indefinidos de especies no clasificadas entre las cuales destacan: el aguacatillo, el cedro blanco, el sajo, la tangama y otras maderas blancas. Se utiliza también el laurel y el sande como maderas más duras y resistentes, que rigidizan la superficie de encofrado. La dimensión más común de la tabla de monte es de 2x25x240 cm. y de los tablones de 4x25x240 cm. Asimismo se utilizan las alfajias de eucalipto (7x7x240 cm), los cuarterones (4x4x240), las tiras de eucalipto (2.5x2.5x240 cm) y los rieles (1.5x2.5x240 cm).

Un elemento muy utilizado en la Sierra, son los "pingos" de eucalipto, que se utilizan 10-15 veces como pie derechos y son de madera rolliza de 8-10 cm de diámetro y 240 cm de largo, que se utilizan con una densidad de 4 ó 5 palos por m² de techo. Ultimamente, se están exportando los "pingos" como madera para pulpa, para fábricas en Europa, lo cual ha valorizado el producto en el mercado local, equilibrándose los precios en una nueva escala, que motivará un nuevo impulso en el desarrollo de la silvicultura nacional.

Las ventajas que ofrece los encofrados tradicionales radica en la baja inversión inicial, la posibilidad de adaptarse a formas complejas, la facilidad de transporte y la tradición de uso. Las desventajas principales son: la limitada reutilización de la madera (1 o máximo 2 veces), desperdicios del orden del 30% (cortes en el encofrado y destrucción en el desencofrado), hinchazón y agrietamiento de la madera y el mayor tiempo de ejecución en la obra.

2.4.4 Tableros machihembrados

Empleados para el encofrado de muros, columnas y losas de concreto, utilizan duelas machihembradas de eucalipto de 1.5 cm de espesor y 10 cm de ancho. Las dimensiones más usuales son de 0.60x1.20 m y de 0.80x1.20. Normalmente utilizan 2 ó 3 largueros de canelo o colorado de 4x4 cm y longitud variable. Los paneles pueden ser reutilizados 4 ó 6 veces y se emplean en la construcción de edificios y viviendas multifamiliares.

Las ventajas que tienen son: el ahorro de tiempo en el montaje del encofrado, la relativamente baja inversión inicial, la facilidad de colocación de los elementos con poco trabajo de clavado, la facilidad de desencofrado y las ventajas de almacenamiento. Los inconvenientes son: los posibles agrietamientos, la necesidad de reforzamiento de los extremos para evitar deformaciones y el peso y manipuleo de los paneles.

2.4.5 Paneles de contrachapado

Son elementos, prefabricados que utilizan tableros contrachapados de madera de 12 ó 15 mm de espesor con colas hidrorresistentes y en algunos casos, recubrimientos de protección. El contrachapado tiene la posibilidad de ser rigidizado por elementos de madera o de metal y pueden ser utilizados 8 ó 10 veces.

Se fabrican normalmente en múltiplos o submúltiplos de 1.20 m para aprovechar la modulación del tablero contrachapado que es de 1.2x2.44 m (4x8 pies). Se utilizan principalmente en el encofrado de columnas, muros y losas macizas, reemplazando los tableros de madera machihembrada.

Las dimensiones más comunes de los paneles son: módulo I de 0.30x1.20, módulo II de 0.40x1.20, módulo III 0.60x1.20 y el módulo IV de 1.20x1.20 m. Al igual que en el caso de los paneles machihembrados, se utilizan en la construcción de edificios y viviendas multifamiliares, así como también, en otras obras de ingeniería.

Las principales ventajas tienen que ver con la obtención de superficies lisas y mejor acabadas, las numerosas reutilizaciones,

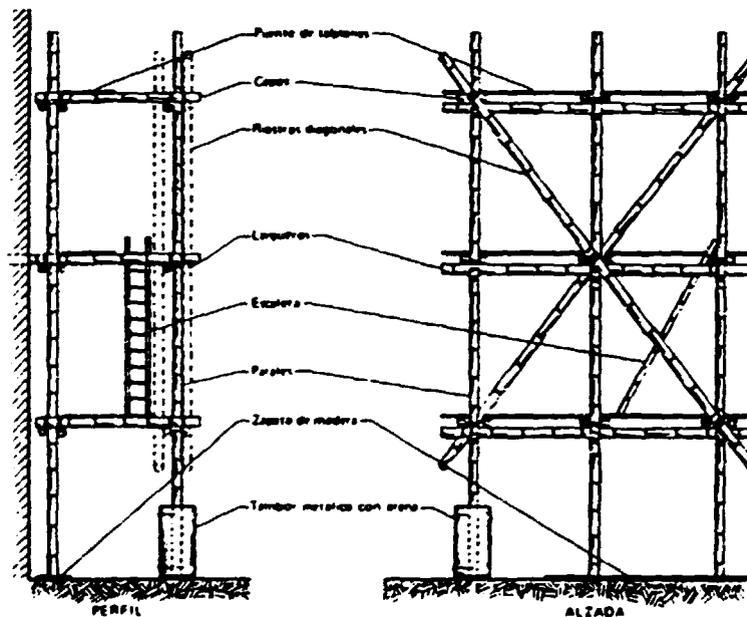
gran rigidez y resistencia a la flexión, la posibilidad de cubrir grandes superficies y la flexibilidad de adoptar formas curvas. Las desventajas podrían ser el costo inicial más elevado, de donde su uso se justifica sólo ante determinadas exigencias, aristas y bordes frágiles en caso de caídas y vulnerabilidad a la torsión durante el desencofrado.

2.4.6 Uso del bambú en encofrados

El bambú o caña de Guayaquil, se utiliza mucho en las ciudades de la costa del Ecuador, donde el material es abundante, extendiéndose su uso principalmente en las zonas de la costa colombiana y en ciudades de los departamentos de Valle del Cauca y Caldas.

Uno de los usos más frecuentes es en la construcción de andamios destinados a sostener obreros y materiales, para la construcción de estructuras o para la reparación de todo tipo de edificios. En la actualidad si bien los andamios metálicos han reemplazado al bambú en la construcción de estructuras muy altas, sigue siendo muy popular los andamios simples o dobles de bambú, algunos de los cuales pueden llegar a ser verdaderas obras de ingeniería.

FIGURA 2.01 Andamio doble de bambú



El bambú se utiliza en la construcción de losas para el apuntalado y soporte de las mismas. Los puntales se distancias entre 0.60 y 1 m, dependiendo del diámetro y esbeltez de los parantes. Los puntales de bambú se colocan verticalmente, asegurados por medio de riestras horizontales y diagonales en ambos sentidos.

Además que la caña partida o esterilla de bambú puede servir de superficie de contacto de la losa de concreto, es muy común también la utilización de casetones en losas aligeradas. Estos cajones, que son normalmente un encofrado perdido que no se vuelve a utilizar, se emplean para darle la forma requerida a las vigas y viguetas de concreto y como soporte del cielo raso. Reemplazan a los ladrillos huecos de techo, que por lo general son muy costosos y aumentan el peso propio de la losa, afectando el dimensionamiento de la cimentación, especialmente en suelos con poca resistencia.

2.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

Debido a la poca reutilización de la madera para encofrados en Ecuador, se observa un consumo por unidad de construcción mayor que el registrado en otros países que formaron parte del estudio.

Se presentan tres casos de construcciones, dos de ellos de viviendas unifamiliares de interés social construidas por la Junta Nacional de la Vivienda y una tercera de un edificio de viviendas multifamiliares construido por una empresa constructora privada.

CUADRO Nº 2.05

CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA		
					$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^3 \text{ conc}}$	$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^2 \text{ cons}}$	pt $\frac{pt}{m^2 \text{ cons}}$
J.N.V. 1 pisos ^{1/}	36	n.d	3.79	1.36	0.36	0.038	16
J.N.V. 3 pisos ^{2/}	372	n.d	107.89	24.5	0.22	0.066	28
A. MORENO 7 pisos ^{3/}	3,710	n.d	1,660	52.87	0.13	0.059	25

n.d : Información no disponible

^{1/} : Muro de mampostería y techo de madera con cubierta de Eternit

^{2/} : Muro de mampostería y losa de concreto inaccesible

^{3/} : Muro de mampostería, muros de corte y losa de concreto.

El consumo promedio en viviendas unifamiliares fue de 0.29 m³mad/m³conc y de 0.052 m³mad/m²cons esto es 22 pies tablares por m² techado. En el caso del edificio de 7 pisos el consumo fue de 0.13 m³mad/m³conc y 0.059 m³mad/m²cons es decir 25 pies tablares por metro cuadrado techado.

Como se puede observar el consumo en edificios es en general más eficiente que en viviendas unifamiliares, en razón del mayor uso del tablero contrachapado y el poco uso de la madera de monte, que es más bien predominante en la construcción de casas. Es necesario tomar en cuenta que la primera vivienda de la J.N.V. no usó encofrado en los techos, pues éstos son de estructura de madera.

2.6 COSTOS DE LOS ENCOFRADOS

En razón al bajo precio de la madera debido al sistema empleado en la transformación y comercialización en el mercado, el costo unitario de los encofrados es más bajo que el identificado en otros países, haciendo que su incidencia en el costo directo de la obra, sea igualmente menor.

Se presenta en el cuadro N° 2.06 los costos comparativos en US\$ dólares, de las dos viviendas de la Junta Nacional de la Vivienda y los costos de un edificio de 7pisos con un área de 3,710 m².

CUADRO N° 2.06

COSTOS UNITARIOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS

CARACTERISTICAS	VIVIENDA UNIFAMILIAR (1 piso)	VIVIENDA TRIFAMILIAR (3 pisos)	EDIFICIO (7 pisos)
Area construida	36 m ²	371.6 m ²	3,710 m ²
Costo encofrado	US\$ 76	US\$ 1,214	US\$ 48,718
Costo directo total	US\$ 3,877	US\$ 43,333	US\$ 1,061,723
Incidencia	1.96 %	2.8 %	4.6 %
Costo / m ² const.	US\$ 2.11	US\$ 3.27	US\$ 13.1

FUENTE: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

Se observa que el costo del encofrado sólo incide en el 2.38% de promedio en el costo directo de viviendas unifamiliares y en el 4.6% en el caso de edificios multifamiliares. Los costos de los encofrados fueron de US\$ 2.69/m² en viviendas unifamiliares y de US\$ 13.10 en edificios multifamiliares.

Finalmente en el cuadro N° 2.07 se presentan los costos comparativos de 5 cotizaciones (Octubre de 1992) de tableros de encofrados para losas y muros, realizados por la constructora BLEPEVE, para el edificio del World Trade Center en Quito de 25 pisos de altura y 22,000 m² construidos.

Se observa que el tablero de duelas machihembradas de eucalipto de 1.20 x 0.80 construido en obra representa la mejor oferta con un costo de US\$ 15,423 (US\$ 38,790 incluida la mano de obra). Aún las otras dos propuestas de paneles machihembrados y la propuesta de paneles contrachapados, ofertaban mejores precios que los tableros metálicos propuestos por la firma Bagant Ecuatoriana Cía. Ltda., una de las 2 empresas de alquiler de encofrados metálicos en la ciudad de Quito.

CUADRO Nº 2.07

ESTUDIO COMPARATIVO DE TABLEROS PARA LOSAS Y MUROS DE CONCRETO

TABLERO	CANTIDAD	PROVEEDOR	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
01 Tablero de 1.20x0.80 duelas machihembradas	3,000	Sub-contratista	5.62	16,846
02 Tablero de 1.20x0.80 duelas machihembradas	3,000	Sub-contratista	6.67	20,000
03 Tablero de 1.20x0.80 duelas machihembradas	3,000	Fab. en obra	5.14	15,423
04 Tablero de 1.20x0.80 Plywood 15 mm	3,000	Fab. en obra	7.57	22,698
05 Tablero metálico de alquiler mensual 1.20 x 0.60	4,166	Bagant	0.82 10 meses	34,183

FUENTE: ELEPEVE, Empresa Constructora.

2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La situación en Ecuador respecto al consumo de madera y productos derivados en encofrados, es bastante peculiar y diferenciada en relación a la de otros países latinoamericanos. Existen problemas específicos, que afortunadamente tienen posibilidades de ser solucionados, aunque el trabajo por hacer es mayor y de acción inmediata. A continuación señalaremos en forma resumida, la situación actual del sector en el país:

En relación a la *producción* de la materia prima, se pueden observar algunos aspectos que atentan en favor de un mejor uso de la madera en encofrados, a pesar que el 60% de la madera aserrada se destina al mercado de construcción civil, volumen sólo superado por el del consumo de madera como leña para combustible.

Se observa que al encofrado de madera, no se le da mucho valor porque la madera es barata, debido a su procesamiento con motosierra (51% del total) y a su procedencia de bosques deforestados para agricultura y ganadería. El precio de la madera, tiene también que ver con la pésima calidad de la madera y la ausencia de todo tipo de tratamiento, lo que hace que el nivel de reutilización sea sólo de 1 ó máximo 2 veces.

No se observan intentos para promover nuevas especies forestales que substituyan a las actuales, que normalmente tienen una densidad promedio baja de 0.30-0.35 gr/cm³ de peso específico. Asimismo, la madera utilizada para encofrados se vende sin control de calidad, con

espesores no normalizados, tiene poca resistencia a la humedad, es frágil, se tuerce porque se usa en estado verde y en resistencia mecánica es muy poco aparente.

Desde el punto de vista de la *normalización*, se detectan vacíos que incluye la inexistencia de normas, no sólo para madera, sino también para otros materiales de construcción. En el caso de la madera existen problemas con la nomenclatura y en la homogenización de las unidades de medición, siendo frecuente todavía encontrar la venta de madera en largos de pies y varas, espesores en pulgadas y los anchos en centímetros.

La madera de monte o de encofrado, forma parte de un grupo de especies que no está clasificada. Existen sólo 2 normas en el INEN, para andamios metálicos y otras tres para madera contrachapada, aunque ninguna referida a encofrados específicamente. Las normas se elaboran en razón del pedido de una empresa o una asociación, motivo por el cual no se ha elaborado ninguna relacionada con encofrados de madera.

El tema de la *capacitación* es uno de los aspectos más importantes en cualquier intento de optimización del uso de madera en encofrados. En opinión de las empresas e instituciones contactadas, existen limitaciones "en el buen oficio y práctica de construcción" en el uso de encofrados, tanto a nivel de obreros y carpinteros, como también de profesionales de arquitectura e ingeniería civil.

No existen en el país libros de textos nacionales o material técnico local referido al uso de madera en encofrados, salvo los disponibles de origen extranjero, principalmente de Estados Unidos o en algunos casos de autores latinoamericanos especialistas en el tema. La capacitación es básicamente práctica, autodidáctica y en base a la transmisión de experiencias en centros de capacitación o en obras de construcción.

Aparentemente los programas tradicionales del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), además de esporádicos no han dado los resultados esperados. Esto ha motivado a experimentar la capacitación directa en obra en coordinación con las empresas constructoras. Ultimamente se están implementando cursos prácticos en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central del Ecuador.

En las universidades, no se profundiza el tema de encofrados en cuanto a métodos de cálculo y sistemas de encofrado y desencofrado. En general no hay una tradición para tratar el encofrado como elemento estructural, no obstante que los encofrados resisten inicialmente un peso aún mayor que la carga con la cual se calcula la resistencia del concreto una vez en servicio, es decir 200-250 Kg/m² de carga viva. El encofrado de madera debe resistir el peso propio del concreto que es de 400 Kg/m², durante el tiempo del vaciado y fraguado del material.

Por otro lado, en las universidades no se preparan constructores, sólo ingenieros civiles y arquitectos. Recién se está iniciando esta carrera en 2 universidades nuevas en Ecuador. Se está igualmente gestando un convenio de cooperación entre la Universidad Central y la Corporación de Desarrollo de la Madera (CORMADERA), para insistir en la enseñanza del encofrado de madera en las facultades de ingeniería y arquitectura.

Finalmente la propia *utilización* de la madera en el proceso de construcción, genera problemas técnicos que deben ser resueltos, siendo el principal, el poco reciclamiento del material, que usualmente termina siendo utilizado como leña por parte de los obreros de construcción. En el caso del triplay la solución es mejor y se usa un poco más (8-10 usos) y los pingos de eucalipto suelen utilizarse 10 a 20 veces, porque no están en contacto con el concreto.

No obstante que académicamente la madera es considerada como el quinto elemento del concreto (los otros son: el cemento, el agua, la arena y la piedra), las técnicas de encofrados son reducidas y sobre todo preocupantes las de desencofrado. No existen accesorios como el clavo de doble cabeza que facilite el desencofrado, ni tampoco se utilizan cuñas y herramientas no destructivas.

Existen problemas en la organización de la obra, descansando la responsabilidad en los maestros y capataces que han aprendido por experiencia. Este aspecto genera problemas de acabados y de alineamientos de los elementos estructurales. Si bien el costo relativamente alto del contrachapado es una limitación, no se hace un esfuerzo para compensar dicha inversión inicial, a través de una modulación adecuada de las plantas arquitectónicas o una prefabricación de los elementos de encofrado.

Esta situación sugiere algunas recomendaciones que se presentan a continuación:

a) **Producción de la materia prima**

- Mejorar la extracción y transformación de la madera en general (no sólo la de encofrados), identificando un programa de optimización desde el proceso primario de transformación, que elimine desperdicios y que aumente el control de calidad en los aserraderos. Esto podría facilitar la reducción de costos, utilizando los remanentes de tablas y tablillas para la prefabricación de encofrados.

- Identificar nuevas especies forestales que substituyan en calidad y durabilidad, a las que actualmente se comercializan en el mercado, haciendo más rentable la explotación y reforestación del bosque. Debe considerarse en este aspecto, la promoción de mayores plantaciones de caña guadua, en reemplazo de los pingos de eucalipto que tienen valor de exportación, así como la plantaciones de madera de baja densidad de rápido crecimiento, aunque éstas requieran de algún tipo de tratamiento para su utilización en encofrados.

b) **Normalización**

- Se sugiere la elaboración de una *guía práctica* en vez de una norma para encofrados, en la cual se pueden señalar instrucciones para el mejor uso de la madera. La *guía práctica* no tiene carácter de ley, pero es un documento referencial aceptado por el INEN y que sirve de pauta en licitaciones y contratos. La realidad ha demostrado que las acciones de normalización, son menos efectivas que aquellas de capacitación, promoción y difusión de la buena práctica constructiva.

- Tomando en cuenta la clasificación por grupos estructurales elaborados por los proyectos de la Junta del Acuerdo de Cartagena en años anteriores, podría proponerse un nuevo grupo especializado para maderas de encofrados (Grupo "D" o "C-1") que facilite su comercialización, tratamiento y utilización en la obra, agrupando especies menos conocidas.

c) Capacitación

- Se deben promover las condiciones para que la Federación Ecuatoriana de Cámaras de la Construcción, tal como ocurre en otros países, establezcan una relación más dinámica con el Servicio Ecuatoriano de Capacitación, SECAB, en el entrenamiento de obreros y carpinteros de obra en el tema de encofrados y otras especialidades de la construcción.
- Al mismo tiempo que se hace necesaria una revisión del contenido de los actuales cursos sobre encofrados para arquitectos e ingenieros o de la nueva carrera de constructores, se deben realizar cursos o seminarios periódicos de extensión, con énfasis en prácticas constructivas sobre nuevas técnicas de encofrado y desencofrado con madera.
- Resulta imprescindible la elaboración de material técnico y audiovisual sobre sistemas de encofrados con madera, que pueden ser utilizados en diferentes niveles de capacitación. Se podría sugerir la elaboración de un *manual* de encofrados para profesionales de construcción y una *cartilla* práctica para obreros, carpinteros y autoconstructores. Estos documentos técnicos podrían servir de pauta para la elaboración de la *guía de práctica* del INEN.

d) Tecnología

- Es necesario diseñar, optimizar y/o adoptar nuevos sistemas de encofrados industrializados o semi-industrializados, que permitan un mayor reciclamiento de la madera, mediante el uso de desmoldantes apropiados y madera tratada, así como técnicas adecuadas de desencofrado que faciliten su utilización y mejoren la calidad de los acabados.
- Promover la utilización de nuevos accesorios y materiales de encofrados derivados de la madera como: clavos de doble cabeza, tableros contrachapados más resistentes, rígidos y con superficies acabadas, o nuevos productos como: los tableros de partículas de madera-cemento (tipo Bison) o los tableros aglomerados como el MDF (Medium Density Board). Es necesario darle mayor agregado a los encofrados, para que el mayor costo inicial se compense por una mayor reutilización.
- Mejorar la calidad de los encofrados, induciendo la prefabricación de soportes, tableros y casetones, que utilicen madera aserrada nueva o de desperdicio, en combinación con otros materiales de construcción.

e) Mercado

- Elaborar un estudio más profundo sobre el uso de la madera en encofrados en Ecuador, que permita identificar los volúmenes de consumo reales, la oferta y la demanda de encofrados y el

análisis de las tendencias que pueden ser aceptadas por el usuario.

- Estimular la creación de centros de acopio, patios de almacenamiento o microempresas en arrendamiento o alquiler, especializadas en encofrados de madera, que abastezcan sobre todo a los contratistas de vivienda no seriadas y autoconstructores, favoreciendo de este modo la reducción de desperdicios y el aumento del número de usos de la madera.
- f) **Promoción**
- Promover un concurso sobre nuevos sistemas constructivos de encofrados de madera, a nivel no sólo de profesionales sino también, de obreros y capataces de obra.
 - Establecer programas de optimización, información y asesoría técnica en el uso de madera para encofrados, auspiciado por los sectores madereros y de construcción, colegios profesionales, universidades y el SECAB.

Finalmente, las circunstancias en las cuales se usa la madera para encofrados, han permitido identificar dos programas de carácter regional que pueden ser implementados con el apoyo de la cooperación técnica internacional. El primero tendría que ver con la identificación de acciones comunes entre organismos latinoamericanos de capacitación, tendientes a homogenizar y armonizar los niveles de entrenamiento de obreros y carpinteros de obra, dirigidos en este caso a optimizar el uso de la madera en encofrados.

En este proyecto conjunto podrían intervenir entidades como el IMCYC de México, el SENA de Colombia, el SENAI de Brasil o SENCICO de Perú, con el apoyo de la Organización Internacional del Trabajo u otro organismo de cooperación técnica. Ya la Cámara de la Construcción de Quito, ha firmado un convenio de cooperación técnica con el Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción de México (IMCIC), cuyo objetivo principal es la capacitación profesional intensiva y acelerada de la mano de obra y mandos medios en las actividades industriales y de la construcción.

Una segunda iniciativa recogida como consecuencia del presente estudio tiene que ver con la implementación de un " *Proyecto de Optimización del Uso de la Madera en Encofrados* ", en el marco de proyectos de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), que contaría con la participación de la industria forestal y de construcción de los países miembros latinoamericanos y con el auspicio de la Cámara Andina Forestal de reciente creación.

3.0 DIAGNOSTICO ARGENTINA

3.1 EL SECTOR VIVIENDA

De acuerdo al último censo realizado en 1991, Argentina tenía una población de 32'608,687 habitantes, de los cuales el 86.2% estaban ubicados en áreas urbanas y el 13.8% en áreas rurales. El parque inmobiliario estaba constituido por 8'515,441 viviendas, es decir aproximadamente 20% más, que las inventariadas en el censo de 1980 que fueron 7'103,853.

En el cuadro Nº 3.01, se puede deducir el déficit habitacional y la composición del parque inmobiliario de acuerdo a los dos últimos censos de vivienda. De acuerdo a dicho cuadro, el 26.3% de las viviendas es decir 2'233,520 representan el llamado déficit "operativo", que vendría a ser el déficit cualitativo de vivienda, constituido por las casas tipo "B", las piezas de casas de inquilinato, las viviendas precarias y otras. Las casas tipo "B" se consideran deficitarias, porque tienen algunas de las siguientes tres características: piso de tierra, carencia de servicios higiénicos o inexistencia de distribución de agua por cañería.

CUADRO Nº 3.01

DEFICIT HABITACIONAL POR TIPO DE VIVIENDA

A Ñ O	1 9 8 0		1 9 9 1	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
Viviendas no Deficitarias:				
- Casas "A"	3'788,673	53.3	4'727,279	55.5
- Departamentos	1'266,357	17.9	1'554,642	18.2
Sub-Total APTAS	5'055,024	71.2	6'281,921	73.7
Viviendas Deficitarias:				
- Casas "B"	1'143,666	16.1	1'409,425	16.6
- Piezas de casas de inquilinato	64,363	0.9	47,533	0.6
- Viviendas precarias	824,305	11.6	628,940	7.4
- Otros y desconocido	16,495	0.2	147,622	1.7
Sub-Total DEFICITARIAS	2'048,829	28.8	2'233,520	26.3
TOTAL VIVIENDAS DEL PAIS	7'103,853	100%	8'515,441	100%

FUENTE: Cámara Argentina de la Construcción.

A este déficit operativo, habría que agregar el déficit por hacinamiento que lo constituyen 411,848 viviendas considerando que el número de hogares fue mayor que el número de viviendas en 1991 (8'927,289 hogares en 8'515,441 viviendas). Asimismo sería necesario agregar el déficit cuantitativo no menor de 50,000 viviendas, lo que arrojaría un total aproximado de 2'700,000 viviendas deficitarias.

Esta cifra coincide con algunas fuentes de consulta, pero de acuerdo a los distintos criterios de medición empleados puede ser mayor, habiéndose estimado que puede llegar a ser de 3'200,000 unidades. 1/

En el mismo cuadro se puede observar que en 1991, de acuerdo a la tipología de vivienda el 18.2% del parque inmobiliario lo constituían las viviendas de departamento, que debe interpretarse como viviendas

1/ "Análisis de la Situación Actual del Sector Habitacional". Menen-Duhalde.

ubicadas en edificios multifamiliares de 3 o más pisos de altura. El resto, es decir 81.8%, lo representan viviendas unifamiliares de tipo "A" y "B" y otros tipos de viviendas.

3.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION

El fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI) se constituye mediante el 5% del total de las remuneraciones, a cargo del empleador y el 20% del aporte provisional de los trabajadores autónomos. Este recurso puede estimarse en US\$ 600 millones, considerando una evasión promedio de 30%. En 1992 el FONAVI paso a ser administrado por los Institutos Provinciales de Vivienda y representa aproximadamente el 90% de la inversión pública en vivienda.

En el año 1992 se construyeron 35,661 viviendas con recursos del FONAVI, aunque en el período 1976-1992 el promedio de construcción fue de aproximadamente 28,000 unidades. El promedio anual de construcción de viviendas completas, aparentemente no llegan a 70,000 unidades aunque, estadísticamente, ente 1980 y 1991, se construyeron en promedio anual 128,326 viviendas, incluyendo soluciones habitacionales, piezas de casas de inquilinato y otros tipos de viviendas precarias. Se estima que en el período 1990-1995, se requieren no menos de 215,000 viviendas anuales para controlar el déficit habitacional, construidas tanto por el sector público como privado.

En general, durante aproximadamente 15 años (1975-1992) se observó una declinación del ritmo de construcción en Argentina, llegando el sector privado en el período 1984-1988 a reducir su participación en un 32.9%. Si se analiza el número de permisos de construcción a nivel nacional en el período 1974-1990, se observa un decrecimiento de 66.4%, con 142,064 permisos otorgados en 1974 y 47,657 permisos de construcción en 1990. Esta situación sin embargo, se viene revirtiendo en los últimos años por una mejor situación en la economía nacional, por una mayor participación del sector privado y por el hecho que FONAVI ya no depende del gobierno central, sino de los Institutos Provinciales de Vivienda.

En el cuadro Nº 3.02, se observan los materiales predominantes en la construcción, de acuerdo a la última información estadística del censo de 1980.

Del análisis de dicho cuadro, se puede inferir que la vivienda típica en Argentina estaría compuesta de los siguientes materiales:

PISOS	:	Mosaico o similar	54.8%
PAREDES EXTERIORES	:	Mampostería	84.2%
CUBIERTA EXTERIOR	:	Mosaico, losa o cubierta asfáltica	47.9%

Puede también deducirse que sólo el 6.7% de las viviendas son de madera, por tener sus paredes exteriores de este material, aunque no menos del 52.1% utilizan la madera en techos y cubiertas, si consideramos las viviendas que usan chapa metálica, chapa de fibrocemento y otros tipos de cubiertas.

CUADRO Nº 3.02

MATERIAL PREDOMINANTE EN LA CONSTRUCCION CENSO 1980

MATERIAL PREDOMINANTE	CANTIDAD DE VIVIENDAS
1. De los pisos :	
§ Mosaico o similar	3'892,710
§ Madera	981,223
§ Cemento o ladrillo	1'506,247
§ Tierra	624,378
§ Otros materiales	99,295
2. De las paredes exteriores :	
§ Maestería	5'978,178
§ Adobe	435,958
§ Madera	475,180
§ Otros materiales	214,537
3. De la cubierta exterior del techo :	
§ Mosaico, losa o cubierta asfáltica	3'401,735
§ Chapa metálica	2'172,698
§ Teja	432,293
§ Chapa de fibrocemento	463,563
§ Otros materiales	633,564
TOTAL VIVIENDAS DEL PAIS A 1980 : 7'103,853	

FUENTE: Censo de Vivienda. 1980

3.3 EL SECTOR FORESTAL

Argentina dispone de 36 millones de ha de bosques que representan el 13% de la superficie del país, siendo que 35 millones corresponde a bosques naturales y un poco menos de 1 millón de ha a plantaciones nuevas que representan el 45% de la explotación forestal.

En 1989 se estimaban en 768,000 ha de plantaciones compuestas de la siguiente manera: Eucalipto 231,000 ha, coníferas (Pino Elliotis y Saligne) 372,000 ha, Silicaces y Alamos 48,000 ha y otras 17,000 ha. El 77% de las plantaciones se encuentran en 4 provincias, siendo las más importantes Misiones con 210,000 ha, Corrientes 120,000 y Buenos Aires con 97,000.

De acuerdo a las últimas cifras estadísticas de 1987, existían alrededor de 1,300 aserraderos, que de acuerdo al Centro de Investigación Tecnológica de la Madera (CITEMA) sólo operaban alrededor de 1,000 y el 44% de los mismos, utilizaba menos del 50% de la capacidad instalada.

En el cuadro Nº 3.03 se observa la producción de madera aserrada en el período 1983-1987, que en promedio fue de 1'015,238 m³.

CUADRO Nº 3.03

PRODUCCION MADERA ASERRADA 1983-1987

A ñ o s	P R O D U C C I O N		Rollizos utilizados m ³
	Miles de m ²	m ³	
1983	44,122	1'120,708	2'475,652
1984	36,852	936,036	2'069,816
1985	35,505	901,823	1'953,638
1986	38,510	978,161	2'111,073
1987	44,861	1'139,460	2'417,982

FUENTE: IFONA. Anuario de Estadística Forestal 1987

Se han estudiado de acuerdo a su calidad y resistencia, 19 especies de las 440 disponibles. Siendo las más explotadas en el año 1987 las siguientes:

Especies nativas	:	Lenga	59,658 m ³
		Anchico colorado	48,012 m ³
		Algarrobo	41,814 m ³
		Laurel	39,959 m ³
Especies cultivadas	:	Eucalipto	203,862 m ³
		Alamo	175,350 m ³
		Pino resinoso	93,651 m ³
		Pino parana	21,878 m ³

Como se observa la mayor cantidad de madera destinada para el sector de construcción en general y para encofrados en particular, proviene de especies coníferas cultivadas en nuevas plantaciones, representando estas 4 especies, el 43% de la producción total.

El resto de la producción forestal al año 1987 estuvo conformada de las siguientes industrias relacionadas con el uso en encofrados:

CUADRO Nº 3.04

PRODUCCION DE TABLEROS

	Fábricas Operativa	Capacidad Instalada m ²	Producción	Utilización %
Tab. Contrachapados	22	91,840	56,813	61.9%
Tab. Fibra	2	424,500	103,395	24.4%
Tab. Partículas	7	298,207	205,717	69.0%

FUENTE: IFONA. Anuario de Estadística Forestal 1987

Los tableros contrachapados se producen en varias calidades, siendo la de mayor producción el tablero con revestimiento fenólico utilizado para encofrados que representa el 25% del total nacional (14,450 m³).

3.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS

3.4.1 Encofrado tradicional

Al igual que en todos los países latinoamericanos, el encofrado más utilizado es el de tablas de madera, que se emplea en el 80-90% de las viviendas. Los tableros contrachapados son la segunda alternativa, como superficie encofrante, combinándose con estructuras de sostén de tipo metálico o de madera. Últimamente se observa una mayor tendencia de uso de los contrachapados o multilaminados como se les conoce, especialmente para la construcción de edificios y viviendas multifamiliares.

La madera más utilizada es el pino saligue, el pino elliotis y el pino parana, todos provenientes de plantaciones. Las dimensiones más comunes son de 1"x 3", 1"x 5" y 1"x 6" y longitudes de 3-5 metros en el caso de tablas y tablillas, con una reutilización de 3 usos. Los tirantes o puntales tienen secciones de 2"x 3" y 3"x 3" y longitud de 2.8 m, empleándose hasta 6 veces.

En cuanto a los contrachapados, se utiliza normalmente de 15 ó 20 mm de espesor, normalmente de tipo fenólico con caras plastificadas. La calidad de los contrachapados dependen de la calidad de origen de la madera y no siempre es posible obtener contrachapados perfectamente estancos en superficies y bordes, que además de tratados, no se deformen o se estropeen en contacto con el agua.

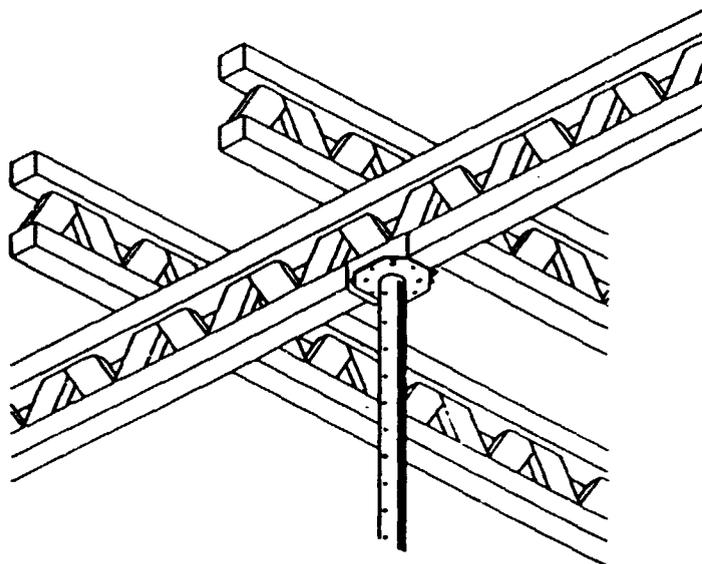
Los tableros de madera compensados están constituidos por láminas de 1, 2 ó 3 mm de espesor de madera de guayca, peteribi, pino, etc., encolados entre sí con adhesivos fenólicos y ureicos, con terminación lijada o plastificada. Normalmente se utilizan 15-25 veces, para lo cual se utilizan selladores a base de poliuretano, epoxy, poliéster o caucho de neoprene. Las medidas más comunes son de 1.22 x 2.44 m, 1.22 x 2.20 y 1.00 x 2.00 m.

3.4.2 Grandes encofrados de madera

Recientemente, con la reactivación de la actividad de construcción se han empezado a utilizar en Argentina encofrados de madera modernos de origen importado, que representan una revalorización del material y son básicamente vigas de madera encolada en celosía de tipo Warren o de alma llena o tipo Vierendel de 35-36 cm de peralte y diferentes longitudes, a los cuales están atornillados tableros contrachapados fenólicos, normalmente con caras plastificadas.

Este tipo de encofrado tiene su origen en Alemania, con la viga Steidle que inició su vida comercial en 1959. Casi 10 años después, en 1968 apareció la viga marca PERI, que es también una viga en celosía tipo Warren de madera encolada, pero con los extremos rectos, es decir las cuerdas superior e inferior de igual longitud, contra la típica forma de la viga Steidle en que en un extremo termina en voladizo y además sus diagonales son macizas.

FIGURA Nº 3.01 Sistema PERI de encofrados



Existen una serie de ventajas de las vigas de madera encolada en relación a sus equivalentes metálicos, tales como:

- Empleo indistinto de las mismas en encofrados de techos o muros.
- Ausencia total de grapas, enganches, sujeciones, etc., es decir pequeñas piezas de fácil extravío en la obra, necesarias para la sujeción del forro del encofrado a la viga metálica en el caso de muros.
- Ligereza de los paneles de encofrados prefabricados de hasta 20 m², que pueden moverse en obra con grúas-torre normales de 600 Kp de fuerza en punta.
- Ligereza en la viga en sí, respecto de la metálica, de manera que la puede manejar un solo hombre (pesan de 6-8 Kg por metro lineal).
- Gran durabilidad que alcanza los 180-200 usos, para vigas normalmente tratadas, con ausencia de gastos de mantenimiento, costoso en el caso de las metálicas.
- Economía de mano de obra del orden del 30%.
- Economía de inversión por metro cuadrado de encofrado completo respecto del metálico.
- Eliminación de la mano de obra especializada difícilmente definida para los encofrados metálicos, que son una mezcla de carpinteros y fierros, rescantándose el tradicional encofrado de madera, cuyo material es el más apto para un buen fraguado del hormigón, y para darle una superficie adecuadamente rugosa, pero modernizado y tecnificado.

3.4.3 Otros tipos de encofrados

En Argentina se han utilizado diversos tipos de encofrados de distintos materiales, en especial los metálicos de tipo plano, de semi-túnel y de túnel, con los cuales se ha construido grandes

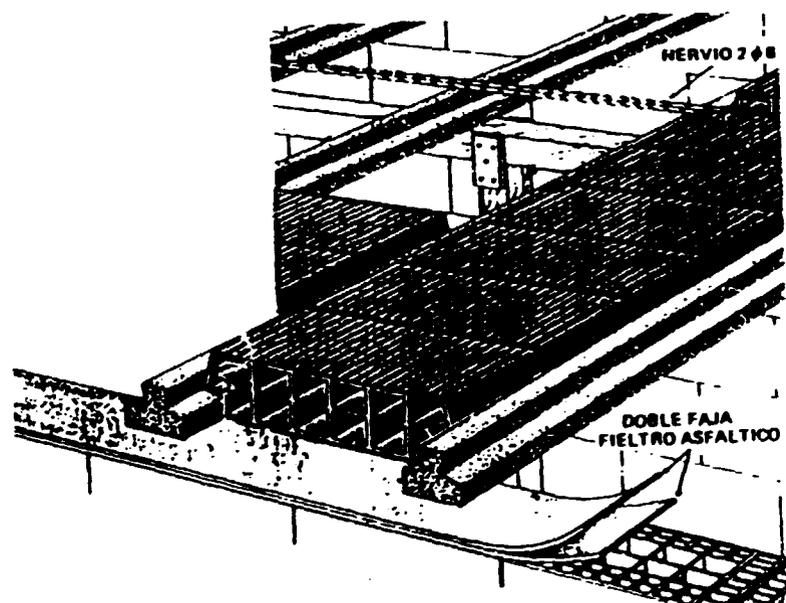
edificios y conjuntos habitacionales. En estos casos, tanto la estructura propiamente dicha, como las superficies encofrantes son metálicas.

La estructura está constituida por perfiles de acero o chapa doblada, mientras que la superficie encofrante está constituida por planchas de acero de 3 mm a 6 mm de espesor que permiten entre 500 y 1,000 usos. También, se utilizan los encofrados trepadores y los deslizantes y últimamente se han estado empleando los encofrados de aluminio.

3.4.4 Sistemas constructivos que elimina encofrados

Al igual que en México y Ecuador, en Argentina se está empleando cada vez más el sistema de techo prefabricado con losas livianas compuesta de viguetas pretensadas de hormigón armado y bloques cerámicos. Este tipo de sistema constructivo elimina significativamente el uso de la madera de encofrado, limitándose la necesidad de madera para puntales o pie derecho y vigas que no tienen contacto con el concreto. Se requieren tan sólo algunas tablas para las cadenas o vigas perimetrales.

FIGURA Nº 3.02 Sistema de viguetas pretensadas



El sistema utiliza viguetas pretensadas (se utilizan simples o dobles según la luz) que dan apoyo a bloques cerámicos de 9.5, 12 y 19 cm, que permiten construir losas de 13 a 35 cm de espesor para luces de hasta 7 m con una sobrecarga admisible de 200 Kg/m². Este tipo de losa de techo está reemplazando a la losa aligerada construida in situ y a la losa de concreto armado.

3.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

Se presentan en el cuadro Nº 3.05, el análisis de consumo de madera en 5 edificios y una vivienda multifamiliar, obtenidos de 3 empresas constructoras de Buenos Aires, utilizando el sistema tradicional, el contrachapado y el sistema PERI racionalizado.

CUADRO Nº 3.05

COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA		
					$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^3 \text{ conc}}$	$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{pt}{m^2 \text{ cons}}$
A.T.C. 12 pisos ^{1/}	8,027	nd	1,816	187.8	0.10	0.023	10
A.T.C. 47 Dptos ^{1/}	5,764	nd	1,377	200.6	0.15	0.035	15
A.T.C. 16 Dptos ^{1/}	3,260	nd	866	137.7	0.16	0.042	18
KOCUREK 02 pisos ^{2/}	4,222	nd	717	59.2	0.08	0.014	06
KOCUREK 35. 23 pisos ^{2/}	34,800	80,400	17,300	1,330.9	0.08	0.038	16
P.MIGLIORE 25.34pisos ^{1/}	27,400	73,765	9,840	260.0	0.03	0.010	04
P R O M E D I O EDIFICIOS MULTIFAMILIARES					0.10	0.030	13

FUENTE : Empresas Constructoras

nd : Información no disponible.

^{1/} : Pórticos de concreto, muros de mampostería y losa maciza de concreto

^{2/} : Muros de mampostería, columnas de concreto, entrepiso de concreto y techo madera.

El consumo de madera en encofrado de viviendas unifamiliares es de 0.083 m³mad/m³conc y de 0.014 m³mad/m² construcción (6pt/m²). En el caso de los edificios se observa un consumo mayor que alcanza en promedio 0.10 m³mad/m³conc y 0.030 m³mad/m² construcción, es decir 13 pt/m² construcción.

3.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS

La incidencia de la mano de obra de construcción en los costos unitarios es bastante alta en Argentina, pudiendo representar alrededor del 50% del costo de la estructura.

En el cuadro Nº 3.06 se presenta los costos, la incidencia de los costos del encofrados en los costos directos de la obra de 1 vivienda y 3 edificios multifamiliares.

El costo del encofrado en edificios multifamiliares incide en promedio en 9.4% en relación al costo total de la obra. El costo promedio del encofrado es de US\$ 56.10/m² de construcción. A manera de referencia el sistema de encofrados PERI de madera tiene un costo de US\$ 37.92/m² construcción e incide en el 5.1% del costo total de la obra.

CUADRO Nº 3.06

INCIDENCIA DEL COSTO DEL ENCOFRADO

T I P O S DE VIVIENDAS	AREA CONSTRUI DA M ²	COSTO DE ENCOFRADOS US\$	COSTO DIRECTO TOTAL US\$	INCIDEN CIA %	COSTO ENCOFRADO m ² Const. US\$
Vivienda Unifamiliar 02 pisos	211	5,541	155,130	3.57	26.26
Viviend.Multifamiliar 25 pisos	34,800	1'545,946	34'640,000	4.46	44.42
Viviend.Multifamiliar 12 pisos	8,027	372,632	2'758,000	13.5	46.42
Viviend.Multifamiliar 36 pisos	27,400	2'121,261	20'550,000	10.3	77.42
PROMEDIO EDIFICIOS MULTIFAMILIARES				9.4	56.10

FUENTE: Empresas Constructoras.

3.7 ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE ENCOFRADOS

3.7.1 Introducción

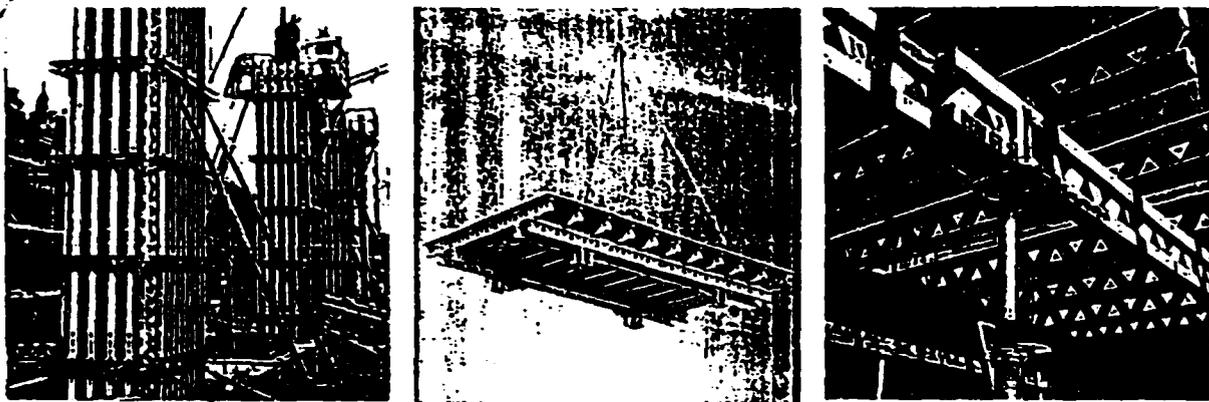
A continuación se presenta un análisis comparado de costos de dos tipos de encofrado de madera utilizados en Argentina, uno el tradicional con tableros contrachapado y madera aserrada y el otro, un sistema racionalizado de madera, el sistema PERI explicado en el ítem 3.4.2 del presente informe.

El estudio especialmente preparado para el presente informe, fue elaborado por la compañía Pablo Migliore Construcciones S.A. en el mes de noviembre de 1993. Tiene por objeto comparar un sistema racionalizado en madera importada (sistema tipo PERI o MILLS) versus el sistema tradicional de encofrado.

En general, los sistemas de encofrados PERI o MILLS, racionalizan el uso de la madera utilizando elementos tipo como las vigas reticulados reutilizables 200 veces, que se combinan con perfiles de aluminio, puntales metálicos, elementos de unión estandarizados y andamios especialmente diseñados.

De la combinación de estas piezas, se obtienen encofrados trepantes para los elementos verticales, utilizándose vigas y puntales para las losas. Las superficies encofrantes están conformadas por tableros contrachapados fenólicos con tratamiento superficial especial, garantizados para 20 usos. El sistema racionalizado tipo PERI, para efectos del estudio, se ha asumido un valor de amortización del 50%, es decir la mitad para cada una de las dos torres por construirse).

FIGURA Nº 3.03 Detalles del sistema PERI de encofrados



3.7.2 Características del proyecto

A efecto de evaluar económicamente las dos alternativas planteadas, se ha considerado un proyecto consistente en dos torres de viviendas, cada uno con 2 sótanos, una planta baja con mezzanine y 34 pisos típicos, abarcando una superficie cubierta de aproximadamente 55,000 m².

Para efecto del análisis, se considera los valores correspondientes a una de las dos torres gemelas. Se asume una paridad cambiaria de 1 peso argentino = 1 dolar americano y las siguientes características:

OBRA	:	Edificio multifamiliar de viviendas (37 pisos)
AREA CONSTRUIDA	:	27,400 m ²
SISTEMA CONSTRUCTIVO	:	Pórticos de concreto, muros de mampostería y losa maciza de concreto.
VOLUMEN CONCRETO	:	9,840 m ³
SUPERFICIE DE ENCOFRADOS	:	73,765
ARMADURA	:	1,138 Tn

SISTEMA PERI-MULTIFLEX

A. Ejecución con sistema racionalizado

1. Costo hormigón armado			
Hormigón H30 \$/m ³	110,000 x m ³	9,840	: \$ 1'082,400
2. Costo mano de obra			
hs encofrado m ²	73,465 x hs/m ²	1.30	: hs 95,504
hs armado tn	1,138 x hs/tn	85.00	: hs 96,730
hs colado m ³	9,840 x hs/tn	3.00	: <u>hs 29,520</u>
	Total horas	:	hs 221,754
Valor horario estimado	\$/hh	6.85	

TOTAL COSTO MANO DE OBRA	:	\$ 1'519,015
3. Costo materiales encofrados		
Fenólico especial m ² 4,700 x \$/m ² 13.50	:	\$ 63,450
Tirantes 3"x 3" ml 2,700 x \$/ml 0.92	:	\$ 2,484
materiales menores	:	\$ 19,000
Total materiales encofrados	:	\$ 84,934
4. Costo sistema de encofrados racionalizados		
Costo total puesto en Bs.As. \$ 600,000		
Amortización 50%	:	\$ 300,000
5. Costos indirectos de obra	:	\$ 1'050,000
B. Ejecución con sistema tradicional		
1. Costo hormigón armado		
Hormigón H30 \$/m ³ 110,000 x m ³ 9,840	:	\$ 1'082,400
2. Costo mano de obra		
hs encofrado m ² 73,465 x hs/m ² 4.00	:	hs 293,860
hs armado tn 1,138 x hs/tn 85.00	:	hs 96,730
hs colado m ³ 9,840 x hs/tn 3.00	:	hs 29,520
Total horas	:	hs 420,110
Valor horario estimado \$/hh 6.85		
TOTAL COSTO MANO DE OBRA	:	\$ 2'877,753
3. Costo materiales encofrados		
Fenólico común m ² 7,000 x \$/m ² 10.00	:	\$ 70,000
Tirantes ml 21,000 x \$/ml 0.92	:	\$ 19,320
materiales menores	:	\$ 19,000
Total materiales encofrados	:	\$ 108,320
4. Costos indirectos de la obra	:	\$ 1'050,000

La comparación de costos sería la siguiente:

CUADRO Nº 3.07

COSTOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS

DESCRIPCION	ENCOFRADO PERI	ENCOFRADO TRADICIONAL
Costo hormigón armado	US\$ 1'082,400	US\$ 1'082,400
Costo de mano de obra	US\$ 1'519,015	US\$ 2'877,753
Costo material/encofrado	US\$ 84,934	US\$ 108,320
Costo encofrado importado	US\$ 300,000	US\$ -----
Costos indirectos de obra	US\$ 1'050,000	US\$ 1'050,000
COSTOS TOTALES	US\$ 4'036,349	US\$ 5'118,473
COSTO m³ CONCRETO	US\$ 410.20	US\$ 520.17

FUENTE: Pablo Migliore Construcciones S.A.

Como se puede observar, los valores obtenidos permiten identificar las ventajas del sistema racionalizado tipo PERI, que únicamente por el mejoramiento de los rendimientos de la mano de obra, se consiguen ahorros que permiten amortizar con dos torres, la importación de un equipo de encofrados de este tipo. Esto resulta particularmente factible en un país como Argentina, donde el costo de la mano de obra de construcción es bastante elevado.

Los rendimientos comparados de mano de obra son:

- Sistema racionalizado 221,754 hh / 9,838 m³conc = 22.50 hh/m³conc
 - Sistema tradicional 420,110 hh / 9,838 m³conc = 42.70 hh/m³conc
- El rendimiento standar en Argentina se considera entre 40-45 horas hombre por m³ de concreto.

3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, la situación en Argentina con respecto al uso de la madera y productos derivados en encofrados, puede considerarse como óptima, en razón de un uso razonable del recurso, debido en parte al hecho de provenir de bosques reforestados y la necesidad de los constructores de sistematizar su uso, en razón del alto costo de la mano de obra. Esta circunstancia, obliga a las empresas constructoras a darle la importancia adecuada a los encofrados de madera, racionalizando su uso y tecnificando los sistemas empleados, con el propósito de controlar la incidencia de los mismos, en los costos directos de la obra.

Asimismo, la actual reactivación que se viene observando en la industria de la construcción, después de más de 15 años de estancamiento, permiten una mejor programación y distribución de los costos fijos, haciendo posible inclusive después de años, importar sistemas de encofrados modernos y más eficientes, donde la madera es mejor utilizada en combinación con otros materiales de construcción.

A manera de ilustración del nivel de desarrollo del uso de la madera en encofrados, existen alrededor de 21 fábricas de encofrados, principalmente en la Provincia de Buenos Aires (incluido Gran Buenos Aires y la Capital) así como en Chubut y Río Negro. Asimismo, existen alrededor de 35 empresas distribuidoras de encofrado, tanto de alquiler como de venta en la Provincia de Buenos Aires, Córdoba, Choco y Misiones. Se observa en general, una gran actividad especializada en el tema de encofrados.

Se han identificado sin embargo algunos aspectos que pueden ser mejorados con la implementación de acciones específicas de corto y mediano plazo.

En relación a la *producción de materia prima* la madera más utilizada es el pino saligne (3-4 usos) y el pino parana (elliotis) que se le da una mayor cantidad de usos con una mejor calidad de acabados, especialmente en concreto caravista. Se usa sin embargo madera sin tratar, en estado verde y sin cepillar (salvo para el concreto caravista), lo que aumenta las torceduras y desperdicios. No existe tampoco, mucha estandarización de dimensiones, especialmente en largos y anchos. En general, no existe un proceso de transformación intermedia, ente el aserradero y la obra.

Desde el punto de vista de la *capacitación* de la mano de obra, en Argentina siempre hubo una tradición de buena calidad de los operarios, en razón de la inmigración europea, especialmente de Polonia. Sin embargo, la paralización que sufrió la industria de la construcción por más de 15 años, hasta su recuperación a partir de 1992, afectó la continuidad de las empresas, lo que impidió una profesionalización de los operarios. A manera de ilustración, de los 700,000 operarios inscritos en 1978, se llegaron a tener 60,000 en 1985, siendo que su número actualmente asciende a 400,000.

Esta situación afecta a las empresas que no pudieron mantener a sus cuadros de personal habiéndose retirado el personal calificado. Las empresas constructoras sub-contratan la totalidad de la obra y por eso se preocupan de la capacitación del personal, pues lo que se oferta son los buenos rendimientos de obra y el cumplimiento de los tiempos de ejecución de las obras. Las dos preocupaciones principales en rendimientos son los encofrados y el doblado del fierro de construcción.

El rendimiento promedio para encofrados de madera es de 3.7 - 4.4 hh/m² techado, razón por la cual los encofrados modernos están ganando espacio en la construcción por bajar los rendimientos a 0.8 - 1.2 hh/m² techado. Este aspecto resulta sumamente importante, porque los jornales de construcción han subido de US\$ 50/mes a US\$ 1,200/mes, haciendo que el verdadero costo de los encofrados, no sea debido al costo de la madera, sino al costo de la mano de obra.

En cuanto a la *normalización*, no existen normas o especificaciones técnicas respecto al uso de madera en encofrados, aunque este no parece ser un problema en la calidad de los mismos. La Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental del Ministerio de Salud y Acción Social, otorga los certificados de aptitud técnica a sistemas constructivos, que tienen una vigencia de 1-3 años renovables.

Respecto a su *utilización* o el uso de *tecnologías apropiadas*, el encofrado de madera sigue siendo el material predominante en la construcción en el 80-90% de los casos. Los sectores que más utilizan los encofrados de madera aserrada o contrachapados revestidos, son los sectores medios en edificios multifamiliares. En viviendas unifamiliares se utiliza muy poco. Las viviendas económicas o de auto-construcción utilizan las losas prefabricadas, con mampostería portante y viguetas pretensadas, que casi no usan encofrados.

Los sistemas de encofrados de madera prácticamente no se han modificado en los últimos 15-20 años. Ahora se intenta diseñar utilizando más losas de concreto macizo y pocas vigas aperaltadas, para reducir los costos de encofrados, que representan entre el 3 y 14% del costo de la obra.

El encofrado metálico sólo se justifica en grandes obras, porque ahorra mano de obra y tiempo de ejecución, aunque la inversión inicial es muy alta. Los contratistas consideran que los contrachapados compiten con la chapa metálica, por tener un peso más ligero, por obtener superficies del mismo aspecto, por la menor presencia de bolsas de aire, por la facilidad de colocación y por la mayor protección térmica del concreto.

Los tableros contrachapados se consideran más sofisticados y costosos, que la madera aserrada y se utilizan eficientemente en superficies caravistas y en la "submuración" (muros de contención). La madera aserrada o la tabla, es considerada un módulo más flexible, que el contrachapado fenólico, porque se adapta mejor a la coordinación modular utilizada en viviendas.

Debido al costo de la mano de obra, se observa un bajo nivel de mantenimiento de la madera de encofrado, pues por ser la madera comparativamente más barata que la mano de obra, no se cuida ni se limpia para su reciclamiento, que en promedio es de 3 veces. Tampoco se utilizan aceites o desmoldantes apropiados, salvo en caso de concretos caravista. Asimismo, se considera que los accesorios metálicos están poco desarrollados en Argentina, lo cual dificulta el desarrollo de sistemas más eficientes de encofrados.

Finalmente, desde el punto de vista del *mercado*, se ha podido observar una gran cantidad de empresas fabricantes y distribuidoras de encofrados, siendo cada vez más común la importación de encofrados de procedencia europea y americana. Ultimamente y en el marco del MERCOSUR, se vienen importando contrachapados fenólicos de Brasil, aunque también de Chile, tendencia que debe aumentar en el futuro. Desde Brasil se han importado, sistemas completos de encofrados prefabricados de la firma Industrias MADEIRIT S.A. de Sao Paulo.

El estado de uso de la madera en encofrados sugiere la propuesta de algunas acciones específicas:

a) **Producción de la materia prima**

- Identificar nuevas especies forestales que no se deformen de manera apreciable, sean inertes químicamente a la acción del concreto, no se adhieran fuertemente al concreto y resistan abrasión durante el vaciado.
- Estimular un mayor control de calidad durante la transformación de la materia prima, que garantice una mayor durabilidad y por lo tanto, reciclamiento de la madera.
- Aumentar el valor agregado de la madera, durante el proceso de comercialización, ofertando por ejemplo, encofrados que ya estén impregnados con desmoldante para mejorar en número de usos y durabilidad de la madera.

b) **Normalización**

- Procurar la elaboración de normas o especificaciones técnicas para encofrados de madera, que cuenten con certificados de aptitud técnica, como los que se otorgan para nuevos sistemas constructivos, por parte de la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental del Ministerio de Salud y Acción Social.
- Promover la creación de grupos de especies de madera para encofrado, que sean ofertados en el mercado con diferentes calidades y valor agregado, que permitan varias opciones de acabados y durabilidad, a precios correspondientes a la calidad del producto.

c) Capacitación

- Elaborar material técnico y audiovisual sobre encofrados de madera, que recoja la buena experiencia de la mano de obra calificada, dirigido a personal técnico, estudiantes universitarios y profesionales de la construcción. Se puede desarrollar una especie de " *Manual Técnico de Encofrados de Madera para la Construcción* ".
- Reiniciar la capacitación de operarios y capataces de obra, aprovechando la experiencia de la mano de obra calificada de origen nacional y extranjero. Esta capacitación debe transferirse a centros de entrenamiento de otros países de la región.

d) Tecnología

- Industrializar más el encofrado tradicional de madera, mejorando sus actuales características artesanales. Es posible promover la prefabricación de tableros de 50x50 ó 60x60 m, utilizando tablas de madera corta, de gran reutilización.
- Promover un mayor uso de los contrachapados simples o fenólicos en las superficies encofrantes, combinándolos con estructuras de sostén metálico, de gran durabilidad y de fácil manipuleo.
- Mejorar la calidad de los desmoldantes para madera en común acuerdo entre productores y consumidores de encofrados de madera, con fabricantes de este tipo de producto químico para la construcción.

e) Mercado

- Establecer las bases para uniformizar las características y normas de calidad de la madera, el contrachapado y los propios encofrados, con el propósito de estimular un intercambio comercial más intenso, entre Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina, aprovechando las ventajas de integración que ofrece el MERCOSUR.
- Difundir la fabricación, alquiler o venta de elementos y componentes modulados para encofrados de columnas y vigas, que permitan su producción en serie y su adaptación de diferentes soluciones de coordinación modular de las edificaciones.

4.0 DIAGNOSTICO CHILE

4.1 EL SECTOR VIVIENDA

En 1992, Chile contaba con una población 13'417,900 habitantes, de acuerdo a los resultados preliminares del V Censo de vivienda realizado en abril de 1992, el país tenía un parque habitacional de 3'260,674 viviendas, de las cuales el 99.6% eran viviendas particulares y el resto viviendas colectivas. Entre el Censo de 1982 y 1992, se construyeron más de 700,000 viviendas lo que supone un crecimiento de 77% considerando diferentes soluciones habitacionales.

El déficit habitacional varía de acuerdo a las diferentes fuentes entre 450,000 y 1'000,000 de unidades de viviendas, calculándose según el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en alrededor de 700,000 unidades. El reconocimiento de este déficit se basa en las solicitudes o postulaciones registradas para acceder a diferentes soluciones habitacionales, por parte de ahorristas deficitarios de vivienda. Con el ritmo de construcción anual, se tiene previsto eliminar el déficit habitacional hacia el año 2002.

Estos resultados son consecuencia de la implementación durante casi 15 años de un Programa Habitacional, que cuenta con diversos sistemas de accesibilidad a la vivienda, financiado en su mayor parte por el sector privado. En tal sentido se han implementado políticas que persiguen estimular el ahorro personal y familiar para la construcción o la adquisición de viviendas, estimulando simultáneamente a los inversionistas a destinar recursos hacia el sector, garantizando al ahorrante o inversionista, la recuperación de su inversión con una adecuada rentabilidad en términos reales.

Los inversionistas utilizan varios instrumentos financieros de ahorro en inversión, siendo el más utilizado en Chile, el denominado "*Letra de Crédito Hipotecario*" que son comprados en el mercado libre por su rentabilidad y están respaldados por la hipoteca del bien inmueble.

Por su parte, los recursos públicos están consignados en el presupuesto anual de la Nación y son canalizados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a fin de financiar subsidios directos a los sectores que requieren algún tipo de apoyo para adquirir su vivienda. Estos subsidios que se otorgan por una sola vez, son progresivos, es decir, benefician en un monto mayor a los familiares de menores recursos relativos y dentro de la distribución total de los recursos públicos, benefician a los estratos relativamente más necesitados.

Entre 1973 y 1992 la inversión habitacional se incrementó en un 108% en términos reales, habiéndose alcanzado esta meta, con una inversión pública de 41% inferior a la requerida en 1973, al tiempo que la inversión privada más que se quintuplicó en el período. El número de viviendas en permisos de construcción paso de un nivel medio de 36,000 unidades anuales a más de 100,000 en 1992.

En el cuadro Nº 4.01, se muestra la evolución de la construcción de viviendas en el sector formal. En total son 6 las alternativas o programas del sistema de accesibilidad a la vivienda:

- viviendas progresivas
- viviendas básicas
- subsidios rurales
- programas especiales para trabajadores
- subsidio unificado y
- el sistema de mercado.

El ingreso mensual neto de los solicitantes varía desde menos de US\$ 50 hasta más de US\$ 2,100 y las viviendas que pueden ser adquiridas varían de 31 m² a 120 m² de construcción. El valor de la vivienda fluctúa entre US\$ 4,400 la más pequeña hasta US\$ 73,200 la más grande. Para el año 1993 se proyecta la construcción de aproximadamente 100,000 soluciones habitacionales.

CUADRO Nº 4.01

EDIFICACION HABITACIONAL 1973 - 1992

A ñ O	VIVIENDAS AUTORIZADAS		
	Nº	Miles M ²	M ² /Viv
1973	37,863	2,341	61.83
1974	23,756	1,873	78.84
1975	18,575	1,439	77.47
1976	37,394	2,217	59.29
1977	25,043	1,709	68.24
1978	23,226	1,645	70.63
1979	37,615	2,413	64.15
1980	46,284	3,214	69.44
1981	54,550	3,929	72.03
1982	27,336	1,501	54.91
1983	37,724	2,023	53.63
1984	46,769	2,396	51.23
1985	59,174	2,983	50.41
1986	52,082	2,897	55.62
1987	60,316	3,554	58.92
1988	77,501	4,014	51.79
1989	83,891	4,827	57.54
1990	78,904	4,495	56.97
1991	88,481	5,213	58.92
1992 ^{1/}	105,669	6,877	65.08

FUENTE : Instituto Nacional de Estadísticas

^{1/} : Estimación provisional.

En el cuadro Nº 4.02 se muestran la descomposición de los programas de vivienda 1989-1993 de acuerdo a los tipos de vivienda.

CUADRO Nº 4.02

COMPOSICION DE LA EDIFICACION HABITACIONAL

TIPO DE VIVIENDA	NUMERO DE VIVIENDAS				
	1989	1990	1991	1992 ^{1/}	1993 ^{2/}
- Viv. Progresiva	5,406	2,185	2,483	8,169	14,000
- Viv. Básica	15,537	18,895	25,322	25,862	26,000
- Prg.Esp.Trabajadores	16,379	15,640	16,252	16,218	16,000
- Subsidio Rural	8,088	6,307	4,912	8,485	7,000
- Subs.Urbano Unitario	22,551	21,970	19,519	19,734	26,000
- Viv.Princ.de Mercado	15,930	13,906	19,993	27,201	11,000
T O T A L E S	83,891	78,904	88,481	105,669	100,000

^{1/} Estimación Provisional INE

^{2/} Proyección Cámara Chilena de la Construcción

En el sistema de subsidio habitacional, entre 1978 y 1991 se han otorgado 330,000 subsidios (han pagado 240,000), donde el 75% del aporte público favoreció a las familias con ingresos inferiores a US \$200.

Las cuentas de Ahorro para Vivienda, requisito para la postulación al subsidio a 1992, sumaban 700,000 libretas con casi US\$ 300 millones de ahorro acumulado. En 1993, se calculaba en 40,000 el número de operaciones con Letras Hipotecarias, lo que significaba préstamos por alrededor de 425 millones de dólares. Este gran impulso a la actividad constructora, se verá incrementado con la implementación del Leasing Habitacional, un mecanismo de alquiler-compra de viviendas con un enorme potencial.

4.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION

Desde 1985 hasta 1992, el Producto Interno Bruto de Chile, creció a un ritmo medio de 7% anual, lo que representa un incremento acumulado de más de 60% en el periodo, sobrepasándose en 1992 la barrera de los US 3,000 dólares de producto por habitante.

En el mismo periodo, el valor agregado por la construcción registra un incremento medio real anual de 9.3%, acumulando un crecimiento de 86.5%, con lo que aumentó su aporte de 4.9% del PIB en 1985 al 5.4% en 1992. La inversión en vivienda registrada en 1992 fue equivalente a 2.66 veces la registrada en 1985, y la inversión en obras de edificación no habitacional lo fue en 2.76 veces. La inversión en obras de ingeniería sin embargo registró un crecimiento de sólo 20.8% en relación a 1985.

En el sub-sector de vivienda en 1992, se sobrepasó la meta de las 100,000 viviendas autorizadas, llegándose a aprobar 105,669 unidades habitacionales, sin incluir las soluciones sanitarias, cifra que representa un crecimiento de casi un 80% respecto de los niveles de 1985. Para el año 1993 se proyectaron aproximadamente 100,000 viviendas, ritmo con el cual se espera controlar el déficit habitacional hacia finales de la presente década.

Durante 1992, se edificaron 9'454,052 m², de los cuales el 72.7% correspondió a viviendas (promedio de 65.08 m² por unidad), 22.5% a construcciones industriales, comerciales y establecimientos financieros y el restante 4.8% para edificaciones de servicio.

En el V Censo de Vivienda de 1992 no se señala los materiales de construcción predominantes en las nuevas viviendas construidas, sin embargo con información estadística de la Cámara Chilena de la Construcción, se elaboró el cuadro Nº 4.03 para el periodo 1987-1989, en el cual se precisa los materiales predominantes para pavimentos, muros y cubiertas de las nuevas viviendas construidas.

En efecto la vivienda "típica" chilena está construida con pisos de cemento, muros de albañilería y cubiertas de asbesto cemento ondulado. En el caso de cubiertas no discrimina el tipo de material de construcción utilizado, aunque por el tipo de material utilizado, se puede deducir que no menos del 80% de las viviendas tienen estructuras de madera en los techos. En el caso de los muros, la estructura de madera, es decir las casas completamente de madera, participa con aproximadamente el 20% del total de nuevas viviendas.

CUADRO Nº 4.03

MATERIALES PREDOMINANTES DE CONSTRUCCION 1987-1989

	AÑO 1987	Z	AÑO 1988	Z	AÑO 1989	Z
TOTAL CONST.VIVIENDA	60,316	100	77,501	100	83,891	100
Pavimentos: afinado a cemento	39,369	65.3	53,652	69.2	50,330	60.0
Muros: albañilería ladrillo	35,484	58.8	44,652	57.6	34,227	43.2
Cubiertas: asbesto cemento ondulado	21,989	36.5	34,898	45.0	30,748	36.7

FUENTE: Cámara Chilena de la Construcción.

4.3 EL SECTOR FORESTAL

4.3.1 Introducción

Chile, es un país de vocación forestal que por sus características y ubicación geográfica presenta ventajas comparativas en el crecimiento de su masa boscosa. El país dispone de dos macizos forestales, el primero construido por especies nativas, casi todas ellas latifolidas y con una extensión de 4'100,000 ha. El segundo generado por plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto, que entre ambos superan 1'400,000 ha.

El sector forestal es uno de los más dinámicos del país. Su contribución al producto nacional y a la balanza comercial, no cesa de aumentar, llegando en 1990 a representar el 10% de las exportaciones. Tanto las perspectivas de producción como de comercialización, son extremadamente provisorias.

4.3.2 Disponibilidad de materia prima

El país dispone de dos macizos forestales. El primero, constituido por el bosque nativo, con una superficie de 4'100,000 ha de las cuales sólo 800,000 representarían un interés comercial. El segundo, por las plantaciones de especies exóticas, principalmente Pino Radiata (1'243,293 ha. y 152.5 millones de m³) y Eucalipto (101,700 ha y 20 millones de m³).

En el cuadro Nº 4.04 se presenta el ritmo de plantaciones de los últimos 13 años. El bosque nativo se caracteriza por estar casi exclusivamente constituido por especies latifoliadas (roble, coihue, raulí, tepa, lingue, laurel, ulmo, otras). Sólo el 10% corresponde a coníferas (alerce, araucaria, cipres, mañío), todas ellas de gran valor comercial. Las plantaciones de especies exóticas están constituidas principalmente por el Pino Radiata, que es una conífera originaria de California, EE.UU, la cual fue introducida en Chile a principios del siglo. Esta especie se desarrolla más rápidamente que en otras latitudes, siendo su ciclo de rotación de 25 años y crecimiento a una tasa promedio de 25 m³ por año y ha.

CUADRO Nº 4.04

PLANTACIONES POR ESPECIES 1978-1991

AÑO	TOTAL	PINO RADIATA	OTRAS ESPECIES
1978	77,371	65,413	11,958
1979	55,226	48,869	3,357
1980	72,164	60,086	12,078
1981	92,781	88,529	4,252
1982	68,586	61,637	6,949
1983	76,280	63,884	12,396
1984	93,602	76,982	18,620
1985	96,278	80,630	15,648
1986	66,195	55,058	11,137
1987	65,441	55,386	10,055
1988	72,944	61,841	11,103
1989	86,705	65,587	21,118
1990	94,130	61,310	32,820
1991	107,500	68,471	39,039*

* De las cuales 31,672 correspondieron a Eucalipto.

FUENTE: "Informe sobre la Industria Forestal Chilena" PNUD, ONUDI

Se puede apreciar que el volumen de plantaciones exóticas es bastante constante (81,215 ha en promedio), y que otras especies, en especial el eucalipto, comienzan a tomar mayor relevancia (en 1991 representaron el 29% del total plantado). El eucalipto se destina principalmente a la fabricación de celulosa de fibra corta.

El Instituto Forestal realizó una simulación de la disponibilidad futura de materia prima que se muestra en el cuadro Nº 4.05 y que está basada en varias alternativas de plantaciones, manejos y según tres criterios distintos de oferta, hasta el año 2019.

CUADRO Nº 4.05

DISPONIBILIDAD DE MADERA DE PINO RADIATA
POR TIPO DE PRODUCTO SEGUN TRIENIO
(millones de m³ por año)

TRIENIO	TOTAL	PULPABLE	ASERRABLE
1990-92	15.1	6.7	8.4
1993-95	17.2	7.9	9.3
1996-98	17.7	8.6	9.1
1999-01	22.2	9.3	12.9
2002-04	23.3	10.0	13.3
2005-07	22.9	9.6	13.3
2008-10	23.1	9.1	14.0
2011-13	23.1	8.8	14.3
2014-16	30.1	10.1	20.0
2017-19	36.9	11.0	25.9

FUENTE: " Informe sobre la Industria Forestal Chilena " PNUD, ONUDI

El análisis según los diversos criterios empleados confirman el importante crecimiento de este recurso, el cual duplicará a partir del año 2015.

4.3.3 La industria forestal

Comparando la industria de aserrio en relación a otros del sector forestal (celulosa, astillas) se observa una relativa falta de dinamismo. En 1981 se exportaba casi la misma cantidad que 7 años más tarde. Sólo a partir de 1990, se detecta una mayor producción y exportación.

De los 1618 aserraderos que existen en Chile en 1990, los 19 primeros aserraderos produjeron 1'345,741 m³ representando el 40% de la producción total. En el cuadro Nº 4.06 se muestra la producción de madera aserrada en 1981-1990.

CUADRO Nº 4.06

PRODUCCION, OCUPACION, EXPORTACION Y CONSUMO
APARENTE DE MADERA ASERRADA 1981-1990

AÑO	PRODUCCION miles m ³	OCUPACION personas	EXPORTACION miles m ³	CONSUMO APA. miles m ³
81	1,732	16,400	865	863
82	1,172	12,700	619	551
83	1,606	13,800	755	847
84	2,001	14,200	886	1,099
85	2,190	17,900	706	1,410
86	2,025	16,800	866	1,032
87	2,677	18,100	1,020	1,434
88	2,710	18,900	906	1,489
89	2,680	18,800	890	1,791
90	3,060	21,500	1,052	2,275

FUENTE: Censo de la Industria del Aserrio 1990.
Instituto Forestal.

En 1988, la madera aserrada de Pino Radiata representó el 87,6%, manteniéndose este porcentaje durante los años 1989 y 1990.

La madera aserrada, especialmente para el mercado interno no tiene tratamientos de impregnación ni es secada al horno. En 1988 sólo el 9.5% del total de la madera aserrada fue secada al horno, de la cual la mayor parte fue exportada y menos del 1% fue impregnada con métodos adecuados, aparentemente por un problema de costos. El principal mercado de la madera aserrada es para el sector de construcción en general y para la construcción de viviendas en particular.

En cuanto a la producción de tableros y chapas, en el cuadro Nº 4.07, se muestra su evolución durante el período 1986-1990.

CUADRO Nº 4.07

PRODUCCION, EXPORTACION Y CONSUMO NACIONAL DE
TABLEROS Y CHAPAS (miles de ton)

AÑO	PRODUCCION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1986	164,6	43,4	121,3
1987	179,9	45,9	134,0
1988	187,2	49,4	137,8
1989	217,2	59,2	158,0
1990	272,1	85,2	186,9

FUENTE: Censo de la Industria del Aserrio 1990.
Instituto Forestal.

4.4 UTILIZACION DE LA MADERA EN ENCOFRADOS (MOLDES/MOLDAJES)

Con el transcurso del tiempo, la forma en que la madera se ha hecho presente en los sistemas de moldaje ha ido cambiando desde las escuadrias tradicionales hasta los tableros de madera contrachapada, pasando por la madera aglomerada y la prensada, siendo la contrachapada muy usada como tablero para mejorar la calidad de las superficies moldeadas.

4.4.1 Moldaje tradicional

En la actualidad, para edificaciones importantes, ya no es considerado por su baja eficiencia tanto en lo que se refiere a materiales como a mano de obra. Los rendimientos que se pueden obtener con este sistema son bajos si tenemos en cuenta el costo y los plazos que pueden lograrse. En el caso del material (madera) el máximo de uso que es posible obtener en promedio no sobrepasa las tres o cuatro veces, debido principalmente a las grandes pérdidas que se producen en el desencofrado. Por otra parte, cada etapa del proceso (fabricación, montaje y desmontaje) requiere de un uso intensivo de mano de obra, lo que se traduce en un mayor costo y en una deficiente utilización de recursos.

La calidad resultante también presenta desventajas, ya que ni la precisión dimensional ni la calidad de las superficies moldeadas corresponden al nivel de recursos que es necesario emplear. Además, parte del menor uso que se le da al sistema se debe al aumento de las exigencias del moldaje con el sistema de cálculo a la rotura de las estructuras.

A pesar de todo, el encofrado de madera, por su versatilidad y fácil acceso es el material más utilizado en viviendas unifamiliares. Adicionalmente tiene grandes ventajas como moldaje de elementos de geometría "difícil" (especialmente con curvaturas) que muchas veces aparecen formando parte de un estructura de concreto.

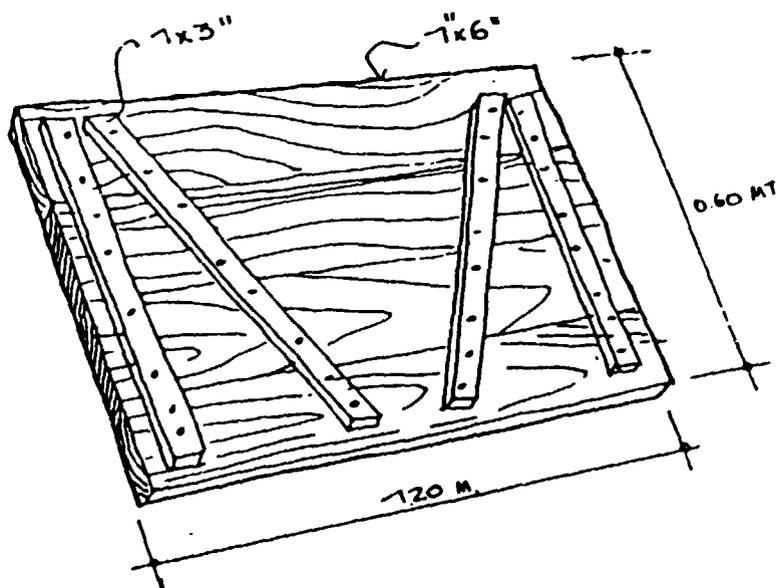
4.4.2 Sistema de tableros modulares Donath

Es un tipo de encofrado, que fue introducido en Chile hace más de 25 años, que durante mucho tiempo fue el sistema de encofrado más popular para edificaciones de importancia. La historia del tablero Donath y la razón de su nombre, se remonta al año 1966, año en que el experto de la Organización Internacional del Trabajo, Reuben Donath propuso el sistema en un Seminario sobre "Eficiencia y Productividad en la Construcción". Desde entonces, muchos edificios como el de la CEPAL en Santiago de Chile, fueron construidos utilizando tableros Donath.

El tablero Donath se fabrica con madera de Pino Radiata y cada vez menos con madera de Alamo, mide 0.60 x 1.20 m y se fabrica exactamente con 2 tablas de 1"x 6" de 3.20 metros de largo, machihembrado lo que equivale a 1.2 pulgadas madereras ^{1/}. Al cortar las tablas se obtienen 4 piezas de 1.2 m y sobran 2 de 80 cm las que se cortan en 57 cm una y en 65 cm la otra. Estas 2 últimas piezas se vuelven a cortar longitudinalmente en 2 mitades, obteniéndose las trabas del tablero con una sección de 1"x 3".

En resumen, el tablero está constituido por 4 tablas de 1"x 6"x 1.20 y 4 trabas de 1" x 3"; de las cuales 2 miden 57 cm y son perpendiculares a las tablas y las otras dos son diagonales y miden 65 cm. La inclinación de las trabas centrales (diagonales) tiene por objeto dar rigidez al tablero evitando las deformaciones angulares del módulo y además facilita el proceso de desencofrado.

FIGURA Nº 4.01 Esquema del tablero Donath

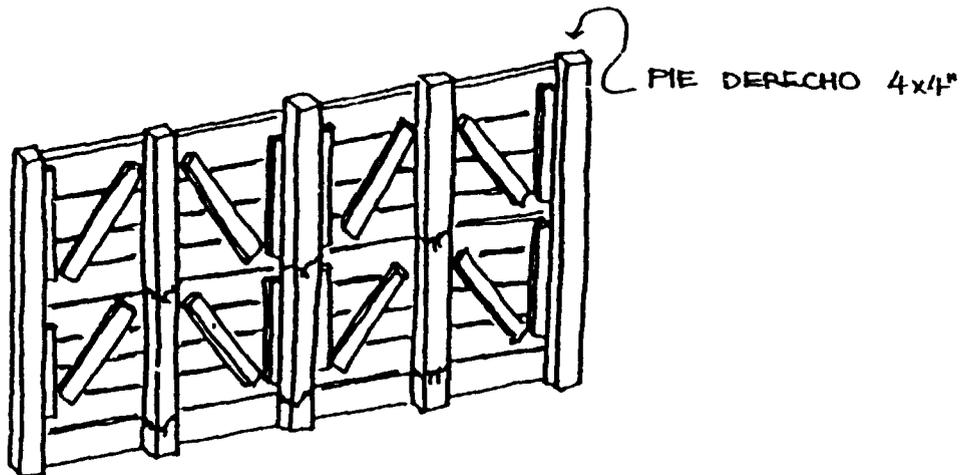


En el caso de encofrado de muros, los tableros se fijan a través de pies derechos de 2"x 4" ó 4"x 4" que se ubican en los espacios libres dejados por las trabas diagonales y perpendiculares. A fin de no

^{1/} La pulgada maderera es una unidad de volumen de 1" espesor x 10" ancho y 3.2 m de largo en madera pino o 3.6 m en madera nativa.

perforar los tableros, el sistema se fija mediante alambres atortoleados y arriostrados con diagonales apoyadas sobre cuarterones horizontales.

FIGURA Nº 4.02 Moldaje de muros con tablero Donath



El sistema de aplicación de los tableros en losas es similar al utilizado en otros métodos de encofrado. Los tableros descansan sobre vigas formadas por una tabla de 1"x 4" colocada de cara y otra de 2"x 4" colocada de canto. Estas vigas se distribuyen a lo largo de toda la losa y están separadas de una distancia de 1.2 m.

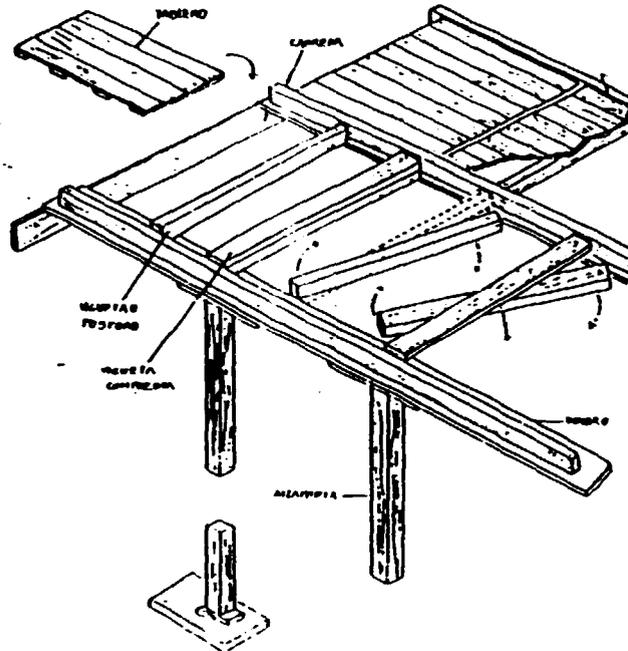
Sobre las vigas y perpendiculares a ellas, se colocan las viguetas o fósforos que son de 2"x 3" ó 2"x 4", separadas 60 cm, de tal manera que coincidan con los espacios definidos por las trabas diagonales y perpendiculares. Entre las trabas diagonales va una vigueta de canto y entre las trabas perpendiculares va una vigueta compuesta, formada por dos fósforos dispuestos horizontalmente. Estos elementos son los que facilitan el desencofrado y permiten recuperar a los 3 ó 4 días los tableros Donath sin necesidad de sacar las vigas o pies derechos que permanecen hasta los 21 días o más.

Las ventajas que tiene el sistema Donath de encofrados son las siguientes:

- Facilidad de transporte, manipuleo y almacenaje gracias a su módulo y peso.
- Flexibilidad de adaptación a diversas modulaciones arquitectónicas.
- Estructura del tablero da mayor resistencia que un entablado.
- Mayor economía y mejor productividad, por su sistema de prefabricación y por el número de usos (10 usos conservadoramente).
- Máxima utilización de las dimensiones comerciales de la madera.
- Reducción de tiempos de ejecución de la obra y limpieza en el trabajo.

- Espacios libres amplios que no alteran la circulación interior.
- Facilidad de desencofrar debido al sistema y al tamaño del módulo que presenta poca superficie de contacto.

FIGURA Nº 4.03 Moldaje de losa con tablero Donath



4.4.3 Moldaje modular pre-fabricado de madera

Esta podría ser una versión más sofisticada del sistema de tableros Donath, que utiliza técnicas similares aunque combinado con elementos metálicos. Con el sólo hecho de incluir en el moldaje de madera la modulación y la pre-fabricación, se logra mejorar notoriamente los resultados, tanto en lo que se refiere a rendimientos como en la calidad del producto.

Por una parte con la pre-fabricación se puede obtener un mayor rendimiento de los materiales en la fabricación; y la modulación permite aumentar el número de usos de los diferentes elementos. Por otro lado, el rendimiento de la mano de obra de fabricación aumenta notablemente con la pre-fabricación y lo mismo ocurre con la mano de obra del montaje y desencofrado de los elementos.

El sistema que se analiza está formado básicamente por tableros de madera de dimensiones estándar que se aplanan o nivelan, según sea el caso, mediante puntales metálicos extensibles. Como elemento de "amarre" entre tableros, tanto en muros como en columnas, se emplean accesorios metálicos que permiten tensar un fierro de construcción.

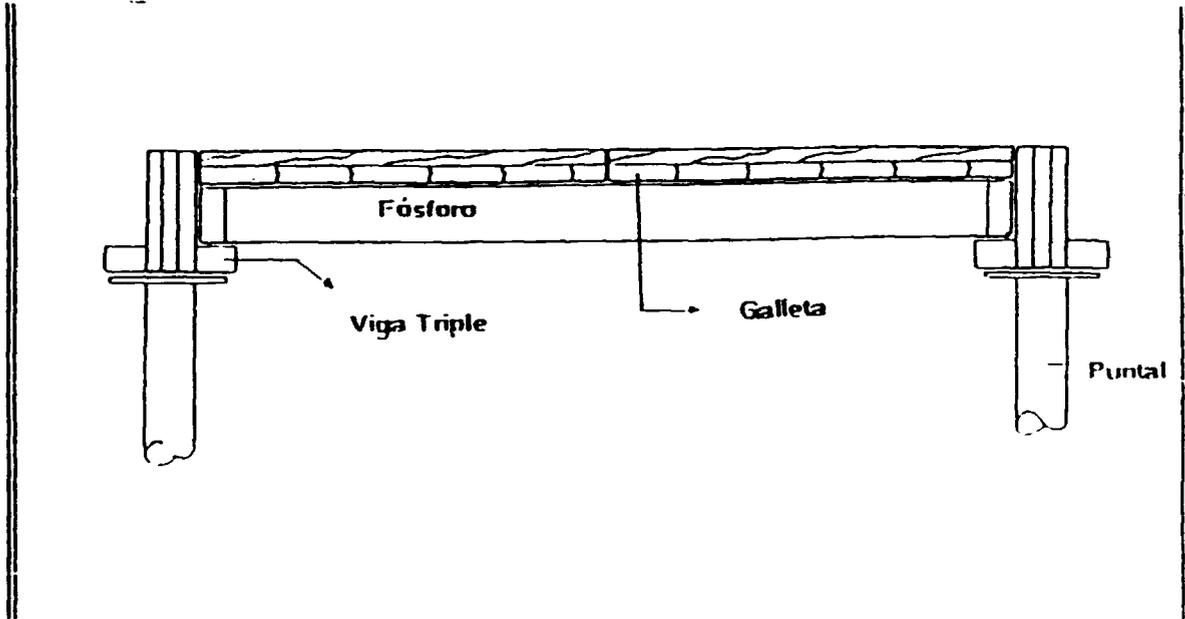
4.4.3.1 Moldaje de losa

Esta formado por una estructura de soporte compuesta de "vigas triples" sustentadas por puntales metálicos extensibles. En el sentido transversal a las vigas se ubican las viguetas o "fósforos", sobre los cuales se apoya la superficie que quedará en contacto con el hormigón y que está formada por una doble capa de tableros de madera machihembrada o "galletas".

Para montar el sistema, se colocan primero las vigas triples apoyando sus extremos a un "cargador" de madera colocado a los largo del encofrado de la viga de concreto, luego se efectúa el apuntalamiento con los pies derechos y enseguida se van colocando los fósforos y las galletas.

Para realizar el desencofrado, en primer lugar se retiran los fósforos y luego las galletas. Los puntales y las vigas, si se desea, se pueden mantener durante el periodo en que es necesario el apuntalamiento de la losa.

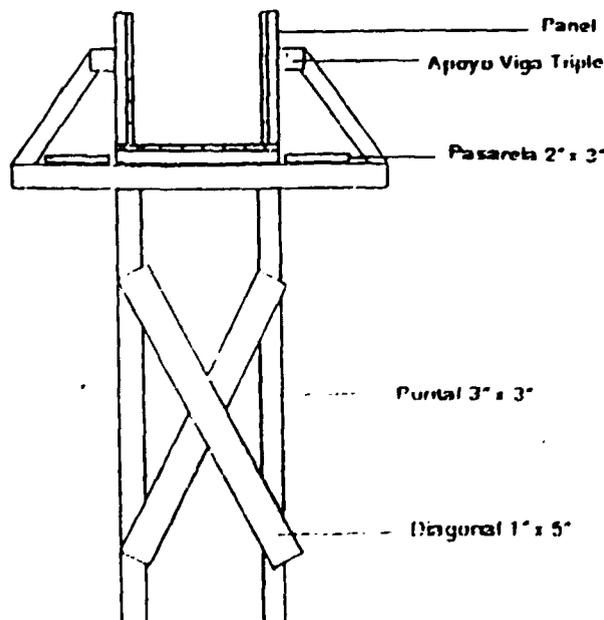
FIGURA NO 4.04 Esquema de moldaje de losa



4.4.3.2 Moldaje de viga

La superficie que queda en contacto con el hormigón está formada por paneles con un bastidor de piezas de 2"x 3" y tablas de 1"x 4". El sistema de apoyo consiste básicamente en dos puntales de 3"x 3" y una viga de la misma escuadría como se observa en el detalle.

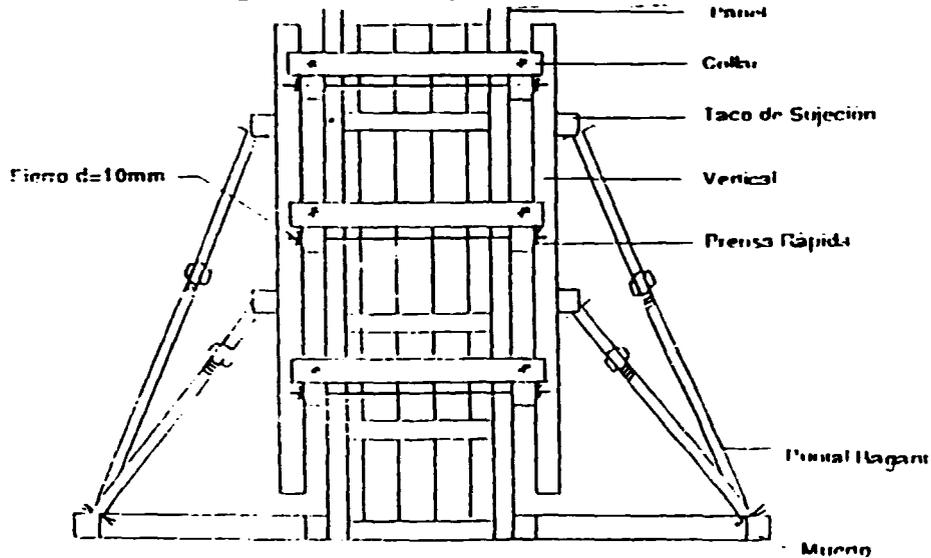
FIGURA NO 4.05 Esquema de moldaje de vigas



4.4.3.3 Moldaje de pilares

Está compuesto por paneles similares a los usados para las vigas, los cuales son amarrados mediante collares ubicados a diferente altura y apuntalados con diagonales metálicas. Los collares (dos por nivel) están compuestos por dos piezas de madera de 3"x 3" con agujeros en los extremos, que permiten pasar un fierro de construcción, que posteriormente es tensado y amarrado con prensas metálicas.

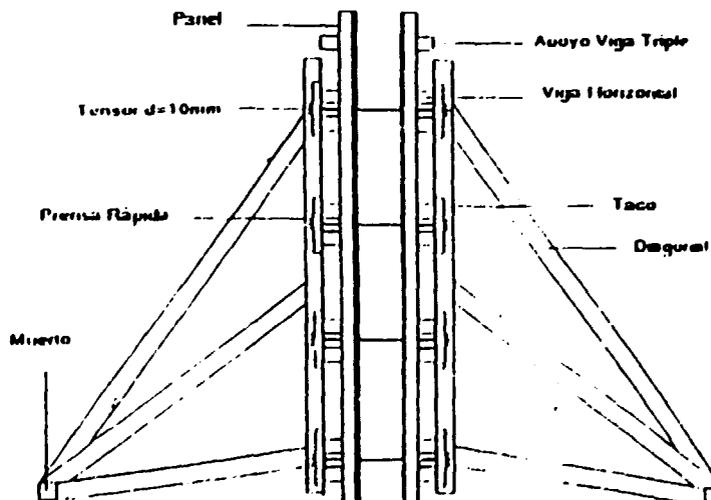
FIGURA NO 4.06 Esquema de moldaje de pilares



4.4.3.4 Moldaje de muros

La superficie de moldaje se forma con los paneles del mismo tipo que los anteriores, dispuestos en sentido vertical y unidos entre si por medio de clavos. Para obtener rigidez en el sentido longitudinal, se colocan a diferentes alturas 4 vigas compuestas, formadas por dos piezas de 2"x 3" separadas entre si por tacos de la misma escuadria. Esta pieza en la parte superior, sirve de apoyo a las vigas triples. Las dos superficies que conforman el encofrado de muro, son rigidizados por medio de tensores metálicos y apuntalados con diagonales metálicas.

FIGURA NO 4.07 Esquema de moldaje de muros



4.4.3.5 Sistemas de moldaje mixtos

Se trata en general, de paneles formados por un bastidor metálico y un tablero de madera contrachapada, que tiene plastificada la cara que queda en contacto con el concreto con el propósito de aumentar su vida útil. Los sistemas de sujeción son similares a los usados por los paneles metálicos.

Los sistemas de moldaje acero-madera son del tipo que se analizaron en el ítem 3.4.2 del informe de Argentina, es decir, el sistema PERI alemán, que se caracteriza por el uso de vigas de madera en celosía y/o de alma llena. Estas vigas son fabricadas con un sistema de uniones dentadas (finger joint), que les permiten una gran capacidad de resistir cargas en contraposición a su moderado peso propio.

Por otro lado, se utilizan los moldajes de aluminio-madera, en los cuales se utiliza también el tablero contrachapado, aunque también es posible el uso de madera cepillada. El resto de elementos son de aluminio, con lo que se reduce el peso y se facilita el manejo de los mismos. Son considerados más caros y vulnerables al uso que los moldajes de acero.

4.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

A continuación se presentan 1 ejemplo de vivienda unifamiliar y 6 ejemplos de edificios construidos por tres empresas constructoras en Santiago de Chile y Puerto Montt, la mayor parte de ellas utilizando los tableros tipo Donath descritos anteriormente.

CUADRO Nº 4.08

COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA ASERRADA

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA		
					$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^3 \text{ conc}}$	$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{pt}{m^2 \text{ cons}}$
INGETASCO Ltda. 2 pisos <u>1/</u>	2,290	6,700	730	124.6	0.17	0.054	23
INGETASCO Ltda. 1 Sot. 10 pisos <u>2/</u>	5,500	13,800	1,730	257.5	0.15	0.047	20
INGETASCO Ltda. 1 Sot. 6 pisos <u>2/</u>	1,722	5,316	663	98.0	0.15	0.057	24
C. Cerro Moreno Ltda. 1 piso <u>3/</u>	45	nd	1.5	0.26	0.17	0.006	2.4
C. Cerro Moreno Ltda. 6 pisos <u>2/</u>	1,833	6,239	630.1	93.1	0.15	0.051	22
C. Cerro Moreno Ltda. 1 Sot. 9 pisos <u>2/</u>	6,594	14,834	2,259	319.1	0.14	0.048	21
Constructora AIRES 4 pisos <u>2/</u>	7,200	20,000	2,500	373.2	0.15	0.052	22
P R O M E D I O EDIFICIOS MULTIFAMILIARES					0.15	0.052	22

FUENTE: Empresas Constructoras
 nd : información no disponible
1/ : Albañilería armada y losa de concreto maciza
2/ : Hormigón Armado
3/ : Albañilería armada y techo de madera

Los seis edificios analizados fueron construidos utilizando los tableros Donath de madera aserrada como encofrada. El consumo promedio fue de : $0.15 \text{ m}^3\text{mad}/\text{m}^3\text{conc}$ ó $0.052 \text{ m}^3\text{mad}/\text{m}^2\text{cons}$ = 22 pt/ m^2cons . A continuación se detalla el consumo de madera en encofrados de otros 3 edificios de viviendas multifamiliares y una vivienda unifamiliar, que utilizaron como encofrado el tablero contrachapado, con bastidores metálicos.

CUADRO Nº 4.09

COEFICIENTES DE CONSUMO DE TABLEROS CONTRACHAPADOS

TIPO DE OBRA Y NUMERO DE PISOS	AREA CONST M ²	VOLUMEN CONCRETO M ³	VOLUMEN MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA		
				$\frac{\text{m}^3\text{mad}}{\text{m}^3\text{conc}}$	$\frac{\text{m}^3\text{mad}}{\text{m}^2\text{cons}}$	pt $\frac{\text{pt}}{\text{m}^2\text{cons}}$
Edificio (10 pisos)	4,340	1,709	99.9	0.058	0.023	9.8
Edificio (7 pisos)	3,025	1,114	64.6	0.058	0.021	9.1
Edificio (10 pisos)	4,940	1,780	115.2	0.065	0.023	9.9
Casa (2 pisos)	70.38	17.97	1.09	0.061	0.016	6.6
PROMEDIO VIVIENDAS MULTIFAMILIARES				0.60	0.022	9.6

FUENTE: Empresas Constructoras.

En este caso se puede observar un consumo menor de madera en razón del mayor número de usos del contrachapado y a la presencia de bastidores metálicos.

El consumo promedio fue de: $0.060 \frac{\text{m}^3\text{mad}}{\text{m}^3\text{conc}}$ ó $0.022 \frac{\text{m}^3\text{mad}}{\text{m}^2\text{cons}}$ = $9.6 \frac{\text{pt}}{\text{m}^2\text{cons}}$

4.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS

En el cuadro Nº 4.10 se presenta el análisis de costos de encofrados en 5 edificios y su incidencia en el costo total de la obra.

De los edificios analizados, la incidencia de los encofrados es de 8.3% del costo directo total de la obra y el costo promedio es de US\$ 19.38/ m^2 construido. A manera de comparación, el costo de arrendamiento de encofrados metálicos para un edificio de 18 pisos en Santiago de Chile, representaba el 7.3% del valor de la obra, sin considerar el valor de la mano de obra. El costo del encofrado metálico era de US\$ 18.18/ m^2 de área techada sin incluir el costo de la mano de obra.

CUADRO Nº 4.10

INCIDENCIA DEL COSTO DEL ENCOFRADO

	AREA CONST.	COSTO ENCOFRADO	COSTO DIRECTO TOTAL	INCIDEN CIA %	US\$ m ² cons
Edif. 2 pisos	2,290	\$ 41,250	\$ 563,750	7.3%	\$ 18.01
Edif. 11 pisos	5,500	\$ 50,000	\$ 592,500	8.4%	\$ 9.09
Edif. 7 pisos	1,722	\$ 34,500	\$ 665,000	5.2%	\$ 20.03
Edif. 6 pisos	1,833	\$ 49,844	\$ 490,413	10.1%	\$ 27.20
Edif. 10 pisos	6,594	\$ 148,858	\$ 1'430,623	10.4%	\$ 22.58
PROMEDIO				8.3%	\$ 19.38

FUENTE: Empresas Constructoras.

4.6.1 Análisis de costos entre un sistema modular prefabricado de madera y un sistema de encofrado metálico prefabricado-EFCO

Se compara los costos de estos 2 tipos de encofrados, para una losa de 6.6 m de luz y 6.0 m de ancho, analizándose separadamente los costos de encofrado de losa, viga, pilares y muros. Los costos se expresan en US\$/m²/uso. Para analizar los costos de los moldajes se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos :

- a) **Análisis en función de condiciones estructurales:** se verificó que los dos sistemas cumplieran de manera satisfactoria los requisitos de diseño estructural de la obra.
- b) **Programación de la utilización de los moldajes:** ambos sistemas son manuales, por lo que requieren de un equipamiento similar para el montaje. La diferencia entre ellos es en el uso de la mano de obra, donde el sistema de madera es más intensivo en este aspecto.
- c) **Análisis de los costos:** el moldaje modular prefabricado de madera es más económico, permitiendo obtener un buen precio por metro cuadrado y una conveniente reutilización (8 usos para losa y 6 usos para vigas, pilares y muros). La única excepción la constituye el moldaje del pilar, en que la solución EFCO, es realmente óptima aunque no se descarta la posibilidad de combinar ambos sistemas.

En el cuadro Nº 4.11 se muestran los costos comparativos.

A excepción del caso del encofrado de columna, en los otros tres tipos son más económicos los moldajes de madera. Aún considerando la opción de compra de los moldajes metálicos, éstos tenían un costo ligeramente superior a los moldajes de madera.

CUADRO Nº 4.11

COMPARACION DE COSTOS ENTRE MOLDAJE DE MADERA
Y MOLDAJE METALICO

ELEMENTO	MODULO PREFABRICADO MADEPA		INDUSTRIALIZADO EFCO ^{1/}	
	Rendimiento HM/m ²	Prec.Unitario US\$/m ² /usos	Rendimiento HM/m ²	P. Unitario US\$/m ² /usos
LOSA	5.29	8.18	3.00	13.07
VIGA	4.62	9.33	3.00	15.47
PILAR	4.78	10.08	1.50	5.88
MURO	4.40	8.85	2.80	9.01

^{1/} Considerando como alternativa el arriendo del equipo.

FUENTE: Universidad de Santiago de Chile. "Sistemas de Moldaje para Hormigón Armado".

4.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al igual que en el resto de países estudiados, la madera sigue siendo el material predominante para encofrados de construcción, especialmente en viviendas unifamiliares y construcciones medianas. Existen dos razones por las cuales todavía no se utiliza masivamente otro tipo de moldaje: la primera está en relación al menor costo del encofrado tradicional de madera, no obstante que han subido el costo de la madera y la mano de obra. La segunda razón es la mayor inversión inicial de los moldajes metálicos, que dificulta la amortización en el tiempo, corriéndose el riesgo de inversiones improductivas, que pueden aumentar innecesariamente los costos de operación de una empresa constructora.

Durante más de 25 años se ha venido utilizando los tableros Donath que sólo recientemente han perdido vigencia ante la aparición de los contrachapados melamínicos y los tableros aglomerados de partículas, especialmente los hidroresistentes que garantizan no menos de 8 usos, contra los 3-4 usos que se les da a los encofrados tradicionales de Alamo o Pino Radiata. El Pino Radiata representa el 90% del consumo. Ultimamente en el sur del país se está utilizando la madera rolliza del raleo de los bosques, lográndose utilizarla 10-12 veces como pies derechos.

El alto ritmo de construcción alcanzado en los últimos años (aproximadamente 100,000 viviendas en 1992 y otras tantas proyectadas para 1993), no necesariamente ha aumentado el consumo de madera para encofrados, pues en construcciones masivas se utilizan encofrados industrializados o sistemas constructivos que no requieren encofrados (vigas pretensadas de concreto y ladrillos huecos) sino en los sobrecimientos y en las vigas de amarre de los muros. Un gran porcentaje de las viviendas utiliza cerchas de madera, que en muchos casos se fabrican con las mismas tablas que se utilizaron para los encofrados de concreto. El uso de cerchas de madera es incluso común, sobre losas de concreto para garantizar la impermeabilización del techo.

Como se mencionó anteriormente, los moldajes industrializados se utilizan relativamente poco, aunque ya se importan de Estados Unidos, Brasil y España. En el mercado de la construcción existen alrededor de 15-20 empresas que ofertan encofrados metálicos o de aluminio, no existiendo aparentemente, empresas que arrienden los encofrados de madera, razón por la cual se compra la madera para cada nueva casa, reduciendo de este modo las posibilidades de reciclamiento del material.

Si bien el nivel de consumo de madera y productos derivados en encofrados, se puede deducir como óptimo en comparación con otros países, se han identificado algunos aspectos que pueden ser mejorados.

Desde el punto de vista de la *producción de materia prima*, las extensas plantaciones de Pino Radiata que es la más utilizada en encofrados, hacen de esta madera un material relativamente barato, lo cual hace que no se cuide o se cuide poco. Es muy común, como en Argentina y Ecuador, que se utilice los desperdicios de encofrados, para calentar la comida de los obreros en la hora de la "choca", razón por la cual no interesa mucho cuidar tanto el reciclamiento de madera.

En cuanto a la *normalización*, no existen normas de calidad para la clasificación de la madera y aunque no se ha observado críticas respecto a la calidad de la madera, se tiene la expectativa que podría ser mejor, de normalizarse o especificarse algunos grados de calidad para la madera que se oferta en el mercado. Tal vez el relativamente bajo costo de la madera, compensa las exigencias por un mejor producto.

En términos de *capacitación*, no existen programas especializados de entrenamiento para carpinteros de obra en el área de encofrados, aunque existen diversos esfuerzos por mejorar el nivel técnico de calificación del personal de obra. La Corporación de Capacitación de la Construcción, que es integrante de la Red Social de la Cámara Chilena de la Construcción, tiene estructurados cursos para el entrenamiento de carpinteros en la especialidad de ayudantes, maestros y capataces, parte de los cuales tienen que ver con el uso de madera en encofrados.

Asimismo, la Universidad de Chile dispone de Cursos Elementales de Edificación de educación a distancia que ya tiene 12 años de vigencia y han egresado más de 3,000 estudiantes. Este esfuerzo se complementa con cursos regulares que desde 1938 se dictan por la noche dirigido a distintos niveles de trabajadores de la construcción.

Otro esfuerzo importante es el que realiza el Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón, que para 1994 tiene programado tanto seminarios como investigaciones sobre moldajes para hormigón, especialmente de concreto caravista. Aparentemente el poco uso del hormigón a la vista, se debe a la poca calidad de los encofrados, aunque también es un factor limitante, el color oscuro de la arena y la grava, que afecta el color del concreto. Aparentemente, después de la depresión de la construcción en los años 83-84, se perdió bastante la calidad de la mano de obra, convirtiéndose los ayudantes en maestros, sin tener la calificación necesaria.

Desde el punto de vista de la *utilización* de la madera en encofrados, en Chile se cuenta con la tecnología suficiente para el empleo adecuado del material. En general no hay problema en el uso de la madera y cada empresa soluciona sus necesidades de encofrado. Existe preocupación por la calidad, los costos y la productividad de la construcción, y en ese sentido, los encofrados son materia de permanente preocupación.

Se observa sin embargo, gran cantidad de desperdicios de la madera de encofrados. Aparentemente se ha perdido la tecnología del desmoldaje, que es donde se pierde la mayor cantidad de madera. Recién hace 2 años se ha empezado a utilizar los clavos de doble cabeza, que son fundamentales para reducir la pérdida de material durante el desencofrado.

Finalmente, desde el punto de vista del *mercado*, existe una coyuntura favorable en Chile en relación a mejorar el uso de la madera en encofrados, toda vez que 2 de las 3 empresas que fabrican cemento en el país, tienen inversiones en bosques, aserraderos e inclusive en una fábrica de tableros contrachapados, con lo cual se puede establecer estrategias concurrentes de recíproco interés.

El análisis efectuado permite identificar algunas recomendaciones específicas de carácter nacional y regional, que a continuación se describen :

a) **Producción de materia prima**

- Aumentar el valor agregado de la madera de encofrado, estableciendo grados de calidad, secándola al horno y ofertando madera cepillada y no simplemente aserrada. El actual costo relativamente bajo del pino radiata, podría permitir aumentar la calidad y durabilidad de la madera, sin afectar notablemente la incidencia del costo del encofrado en los costos directos de la obra.

b) **Normalización**

- Elaborar normas de calidad, estableciendo reglas de clasificación visual de madera de acuerdo a diferentes grados de acabados. Se debe ampliar la actual normalización de madera aserrada desarrollada por el Instituto Nacional de Normas.
- Desarrollar especificaciones técnicas de lo que podría ser un "Tablero Donath Mejorado", recogiendo las modificaciones y optimizaciones que ha tenido este tipo de encofrado en los últimos 25 años.

c) **Capacitación**

- Reestructurar e introducir modificaciones en los actuales cursos de capacitación de carpinteros entrenándolos para desempeñar labores de calidad, tanto en la etapa de la obra gruesa, como en la de las terminaciones. Actualmente, se utiliza personal calificado distinto para cada una de las etapas de la construcción.
- Desarrollar cartillas descriptivas del uso de la madera en encofrados, dirigidos tanto a los niveles de formación técnica de obreros y carpinteros, como a los estudiantes de las carreras de ingeniería civil, arquitectura y construcción.

d) Tecnología

- Proponer nuevos sistemas industrializados de encofrados de madera, estimulando mejores propuestas a través de concursos de ideas o el apoyo de tesis universitarias especializadas en el tema. Existen muchas instituciones que podrían estar interesadas en auspiciar este tipo de actividad.

- Desarrollar mejores técnicas de desencofrados de madera, promoviendo el uso de nuevos tipos de desmoldantes y modos de empleo que prolonguen la vida útil de los encofrados y reduzcan la mano de obra de mantenimiento o limpieza. La principal causa del desperdicio de la madera, ocurre durante las operaciones de desencofrado.

e) Mercado

- Promover una asociación de madereros para encofrados, que especialice una nueva forma de comercialización, que incluya el arrendamiento de los encofrados de madera.

- Estimular la creación de empresas que ofrezcan servicios integrales de moldaje, vale decir asesoramiento, alquiler, mano de obra especializada y montaje, en subcontrato a las empresas constructoras en las más ventajosas condiciones.

f) Apoyo Institucional

- Implementar un programa regional latinoamericano con apoyo del PNUD, entre las instituciones que forman parte de la Federación Interamericana del Cemento-FICEM, por ser el uso de los encofrados de madera, un tema de recíproco interés entre madereros e instituciones del cemento y del concreto. El programa podría establecerse por iniciativa del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón y la Fundación Chile.

5.0 DIAGNOSTICO BRASIL

5.1 EL SECTOR VIVIENDA

De acuerdo al último censo demográfico de 1991 publicado en el Anuario Estadístico de Brasil-1992, el país contaba con una población de 146.9 millones de habitantes, distribuidos de manera irregular, con concentraciones en los grandes centros urbanos de la costa y región del sur y sureste, así como en algunos centros del interior, en donde la actividad industrial presenta un acentuado crecimiento y desarrollo durante las últimas décadas. La tasa de crecimiento poblacional, en el período 1951-1991, descendió de 2.99% a 1.89%, siendo el tamaño medio de 4.21 personas por familias.

De acuerdo a una publicación de la Fundación João Pinheiro titulada "Diagnóstico Nacional de la Industria de la Construcción" de 1984, las estimaciones concernientes al déficit habitacional del país y las necesidades de nuevas viviendas, no son fáciles de elaborar. En el cuadro Nº 5.01 se señala el déficit cuantitativo por crecimiento demográfico, así como el cualitativo por sustitución o reparación, en el período estimado 1986-1990.

CUADRO Nº 5.01

ESTIMACION DE LAS NECESIDADES DE NUEVAS VIVIENDAS
1986-1990

A Ñ O S	DEFICIT ESTIMADO (X 1,000 unidades)		
	CRECIMIENTO DEMOGRAFICO	SUBSTITUCION O REPOSICION	TOTAL
1986	911	318	1,229
1987	947	331	1,278
1988	985	344	1,329
1989	1,024	358	1,382
1990	1,066	372	1,475
TOTAL	4,933	1,722	6,655

FUENTE: Fundación João Pinheiro

La distribución del déficit habitacional por regiones es como sigue:

- el Sudeste (45.2%)
- el Noreste (26.2%)
- el Sur (14.1%)
- el Centro Oeste (9.5%)
- y el Norte (5.0%)

De acuerdo al último censo, se estimaba un parque inmobiliario de 35'578,857 viviendas para el año 1990, de las cuales el 76.7% se ubican en áreas urbanas y el 23.3% en zonas rurales, tal como se muestra en el cuadro Nº 5.02

CUADRO Nº 5.02

MUNERO DE VIVIENDAS POR UBICACION EN EL PAIS

CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA	T O T A L	UBICACION DE LA VIVIENDA	
		URBANA	RURAL
T O T A L	35' 578,857	27' 279,586	8' 299,271
- CASA	29' 577,090	22' 613,416	6' 963,674
- DEPARTAMENTO	3' 595,699	3' 529,203	66,496
- VIV. RUSTICA	1' 903,659	666,619	1' 237,040
- HABITACION	502,409	470,348	32,061

FUENTE: Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística
IBGE 1992

Como se observa, aproximadamente el 10% de las viviendas están ubicadas en edificios de departamentos y el 90% restante, son viviendas unifamiliares de 1 y 2 pisos de altura, cuartos de habitación o viviendas rústicas, estas últimas con necesidades de reposición o mejoramiento en la mayor parte de los casos.

5.2 EL SECTOR DE CONSTRUCCION

5.2.1 Participación del sector en el PIB

Indiscutiblemente, la industria de la construcción representa un papel destacado entre los agregados macroeconómicos, en Latinoamérica en general y en Brasil en particular. En el caso de la economía brasilera, la participación del sector de construcción en el país, fluctuó entorno al 7.4% en el período 1980-1991, aunque como se muestra en el cuadro Nº 5.03 en los últimos años se pueden observar dos etapas distintas, separados por el período 1983-1985 en el cual el sector cayó a su punto mínimo de 6.0%. La recuperación se observó a partir de 1986, cuando la participación sectorial alcanzó los niveles más elevados, alcanzando el 9.2% en 1989.

CUADRO Nº 5.03

PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA DE CONSTRUCCION EN EL PIB DEL PAIS

AÑO	Sector Const./PIB %	AÑO	Sector Const./PIB %
1980	7.2	1986	7.1
1981	7.7	1987	8.4
1982	7.6	1988	8.0
1983	6.6	1989	9.2
1984	6.2	1990	7.8
1985	6.0	1991	7.1

FUENTE : Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística
IBGE 1992

A manera de ilustración, en el año 1990 la industria de la construcción captó el 6.15% de la población económicamente activa del país, es decir, 3'823,154 trabajadores, que representa un 1/3 de la fuerza de trabajo absorbida en actividades industriales.

Actualmente, se pueden identificar tres sub-sectores en la industria de construcción: la infraestructura pesada, la construcción industrial y el de edificaciones. El sub-sector de edificaciones incluye entre sus actividades la construcción de edificios, comerciales y sobre todo de viviendas unifamiliares y multifamiliares. En el sub-sector de edificaciones es hegemónico la presencia del capital privado nacional, tendencia que se ha consolidado a lo largo del desarrollo del sector de construcción civil en el país.

La participación del sector público, en particular el Gobierno Federal en la construcción de viviendas, se limita a financiar viviendas a través del Sistema Financiero Habitacional-SFH. En los años 1980-1982

el SFH financió una media de 540,000 unidades/año. En el período de mayor recesión 1983-1985, esta media cayó a 80,000 unidades/año, subiendo a 200,000 por año, hasta el final de la década de los 80. Considerando estos datos, la media anual, en la década del 80, de construcciones financiadas por el SFH fue de 270,000 unidades anuales que representan el 30% de la media anual de construcción a nivel nacional que se presenta en el cuadro Nº 5.04

CUADRO Nº 5.04

RITMO PROMEDIO DE CONSTRUCCIONES ANUALES DE VIVIENDAS

GRANDES REGIONES	NUMERO MEDIO DE CONSTRUCCIONES ANUALES			
	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990
Norte	9,933	13,812	45,861	88,252
Noreste	66,343	90,774	160,955	208,732
Sureste	174,062	182,689	378,327	380,201
Sur	74,024	87,850	110,237	139,044
Centro Oest	20,803	37,962	63,014	65,926
BRASIL	345,162	413,087	758,394	882,157

FUENTE: Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística-IBGE - 1992

Si bien la información del cuadro Nº 5.04 indica el número de viviendas construidas en cada década, éstas tienen un valor censal, pues también son consideradas estadísticamente como viviendas, los cuartos de inquilinato, las viviendas precarias o que requieren ser reemplazadas, cuyo valor no debe ser inferior al 10% del parque inmobiliario. En ese sentido y sumando el 30% de participación del sector público, el sector privado debe contribuir con el 50% ó 60% restante del total de construcción de viviendas del país.

Finalmente, en el cuadro Nº 5.05 se observan los materiales predominantes de construcción en Brasil, de acuerdo a la última información disponible del censo de 1970.

CUADRO Nº 5.05

MATERIALES PREDOMINANTES EN PAREDES Y TECHOS (x 1,000 unidades)

MATERIALES EN PAREDES	TOTAL	MATERIAL PREDOMINANTE EN COBERTURAS					
		Losa Concreto	Teja Barro	Teja Asbesto	zinc	paja	otro
Albañilería	12,266	313	11,472	145	99	151	86
Madera	4,259	---	3,382	38	130	321	389
Taipa	3,341	---	2,179	3	19	984	156
Otros	1,198	---	489	5	11	537	156
TOTAL	21,064	313	17,522	191	259	1,993	787

FUENTE: Censo Predial. Brasil 1970.

Como se puede deducir de los resultados del Censo de 1970, la casa típica brasilera está constituida de la siguiente manera:

- Piso de cemento	(20.9%)
- Muros de albañilería	(58.2%)
- Techos de madera	(93.6%)
- Cobertura teja de barro	(83.2%)

Las viviendas con muros de madera representa el 20.2% de los casos y los techos con estructura de madera (considerando diversos tipos de cobertura) está presente en casi el 95% del parque inmobiliario de Brasil.

5.3 EL SECTOR FORESTAL

5.3.1 Los recursos forestales

El bosque amazónico representa la más grande reserva de bosque tropical en el mundo. Tiene un área total de 630 millones de ha, distribuidos en 7 países, entre los cuales Brasil posee el 63% del total, es decir 400 millones de ha. El bosque tropical en Brasil, representa a su vez, el 80% del total de bosques disponibles en el país.

El potencial forestal brasilero está estimado en 15,400 billones de m³, compuesto de aproximadamente 3,000 especies forestales, de las cuales solamente 230 especies son utilizadas por la industria. El 80% de la producción de madera está representada por menos de 50 especies forestales.

Hasta el año 1988, cerca de 25 millones de ha de bosques habían sido desforestados lo que representa el 5.2%, de lo que se considera la "Amazonía legal" (Cunha, R.P., 1989). Al mismo tiempo, a partir de inicios del presente siglo y especialmente, durante la década del 40 e inicios de la del 50, se iniciaron las plantaciones industriales, principalmente por la reducción de la oferta de Pino Paraná.

A partir de 1966, con la implementación de incentivos fiscales, el reforestamiento en Brasil se tornó en una actividad de gran escala. De acuerdo a informaciones del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y de Recursos Naturales Renovables (IBAMA antes IBDF), hasta 1986 los proyectos de reforestamiento con incentivos fiscales totalizaron cerca de 6.2 millones de ha, siendo el 52% con eucalipto y 30% con pino.

En el cuadro Nº 5.06 se presenta el ritmo anual de plantaciones, en el período 1978-1986.

Actualmente casi toda la madera de plantaciones es usada para la producción de celulosa y papel, contrachapados, paneles de fibra y aglomerados, satisfaciendo en 1991 el 31% de la demanda actual de madera en Brasil. Los incentivos fiscales fueron suprimidos en 1987 y actualmente se buscan alternativas para garantizar el aprovisionamiento adecuado de madera industrial.

CUADRO Nº 5.06

REFORESTAMIENTO CON INCENTIVOS FISCALES 1978-1986
(en 1,000 ha)

AÑO	PINO	EUCALIPTO	OTROS	TOTAL
1978	141	228	43	412
1979	118	283	73	474
1980	89	272	75	436
1981	117	230	71	418
1982	158	187	86	431
1983	74	91	50	215
1984	71	124	91	286
1985	65	131	89	285
1986	85	174	150	409
Sub-total Promedio	918	1,720	728	3,366

FUENTE: IBDF-IBAMA, 1988

5.3.2 Industria forestal

Existen alrededor de 14,000 aserraderos distribuidos en todo el país. En 1991 el consumo aparente de madera aserrada fue de 9.7 millones de m³, habiendo sido la producción de 10.4 millones de m³. En el cuadro Nº 5.07 se presenta el consumo aparente 1987-1991, diferenciando el tipo de especies producidas.

CUADRO Nº 5.07

CONSUMO DE MADERA ASERRADA (miles de m³) 1987-1991

AÑO	LATIFOLIADAS	PINO PARANA	OTRAS CONIFERAS	TOTAL
1987	9,530	395	1,235	11,160
1988	9,680	340	1,520	11,380
1989	9,500	346	1,915	11,761
1990	6,826	353	2,370	9,549
1991	6,476	232	2,988	9,696

FUENTE: FAO-ABPM-STCP

Cabe destacar que a inicio de los años 70, cerca del 50% de toda la madera aserrada consumida en Brasil, era de Pino Parana. Esta especie representó en 1991, sólo el 2.4% del consumo total, habiendo sido substituida por especies latifoliadas y sobre todo por otras maderas coníferas de reforestamiento.

El consumo nacional de tableros contrachapados se expresa en el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 5.08

CONSUMO DE TABLEROS CONTRACHAPADOS 1987 - 1991
(miles de m²)

AÑO	TIPO CONSTRUCCION	TIPO INTERIOR	TOTAL
1987	423	548	971
1988	414	639	1,053
1989	400	730	1,130
1990	359	689	1,048
1991	400	531	931

FUENTE: FAO-ABPN-STCP

El grupo de tableros de tipo construcción, es casi exclusivamente destinado a formas o encofrados de concreto y el grupo de tableros de tipo interior, incluye chapas para la industria de muebles.

5.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS DE CONCRETO

5.4.1 Evolución histórica

Referirse a las formas de encofrados en Brasil, es referirse a la madera, que fue y continua siendo la materia prima principal utilizada en la fabricación de moldes para concreto. Del encofrado tradicional de tablas de pino, el primer cambio que se observó, fue debido a la aparición de los tableros contrachapados a finales de la década de los 40. En ese entonces simplemente se sustituyeron las tablas de pino por el contrachapado, utilizando los mismos procesos de montaje y técnicas del encofrado de madera aserrada. No importaba tanto la apariencia del concreto resultante, simplemente se tomaba en cuenta el número de reemplazos que cada producto ofrecía.

A partir de 1960, se inicia con mayor determinación el trabajo de racionalización de la fabricación y uso de los encofrados de concreto, con la elaboración de proyectos específicos de encofrados para cada obra. Se procuró entonces sustituir el llamado sistema convencional, en el cual el maestro de obra o el encargado de la carpintería, producía y utilizaba las formas, basados exclusivamente en la experiencia práctica. Esta inexperiencia en realidad, provocaba un gran desperdicio especialmente en el desencofrado, por el excesivo uso de los clavos y por el uso indiscriminado de la "pata de cabra".

En ese sentido, con los proyectos pre-elaborados de encofrados, fue posible una reducción de los costos, por un mejor aprovechamiento de la materia prima y por el aumento de productividad de la mano de obra. Cada pieza era dimensionada, detallada y codificada, siendo posible que el maestro de obras con el apoyo del proyectista de los encofrados, pase a ser un controlador de los rendimientos de obra, dirigiendo el montaje en función al cronograma de actividades programado.

A partir de la segunda mitad de la década del 70, vendría a ocurrir la tercera gran transformación de las formas de concreto. Se inició la

fabricación industrial de los paneles y apuntalamientos proyectados. Con la fabricación se aumentaron las ventajas ofrecidas por productos racionalizados, eliminándose las pérdidas dentro de la obra y permitiendo una reducción de equipo de carpintería. En esa misma época, debido principalmente al gran impulso dado por el BNH a la construcción masiva de viviendas, ingresaron al mercado los encofrados metálicos que inicialmente fueron importados.

En los últimos años, por exigencias del mercado consumidor, han ocurrido algunas mejoras en el área del diseño de encofrados. Los proyectos que antes eran diseñados exclusivamente para las plantas típicas de un edificio, pasaron a cubrir el diseño también de las plantas atípicas. Esto ha sido posible gracias al establecimiento de compañías especializadas, que se esfuerzan por uniformizar y crear una repetitividad tal de las estructuras, que permiten el uso de casi la totalidad de los encofrados, desde el vaciado de la cimentación del primer nivel hasta los pisos superiores.

5.4.2 Encofrados de madera tipo "UENO"

Existen varios sistemas de encofrados de madera en el mercado, todos ellos diseñados tomando en cuenta los tiempos de ejecución, los costos y la calidad de los acabados. Dentro de esa gama de alternativas, existe un sistema de encofrado, que por ser pionero, sirvió de base para otras variantes actualmente utilizadas en Brasil.

Este sistema es bastante conocido como encofrado o FORMA TIPO UENO, en honor a su creador, el Ing. Toshio Ueno, quien como uno de los primeros estudiosos de encofrados, ha contribuido decididamente al progreso del sector de construcción civil del país.

El sistema es particularmente ventajoso para obras civiles, especialmente edificios en altura, que presenten las siguientes características:

- a) que permitan un número alto de repeticiones (de 10 a 25 veces).
- b) que las dimensiones de los elementos estructurales (columnas, vigas y losas) sean relativamente livianos, apropiados con la resistencia mecánica de la madera.
- c) que el lote del terreno del edificio, como normalmente ocurre, sea limitado en tamaño, restringiendo el uso de grúas u otro tipo de transporte mecánico.

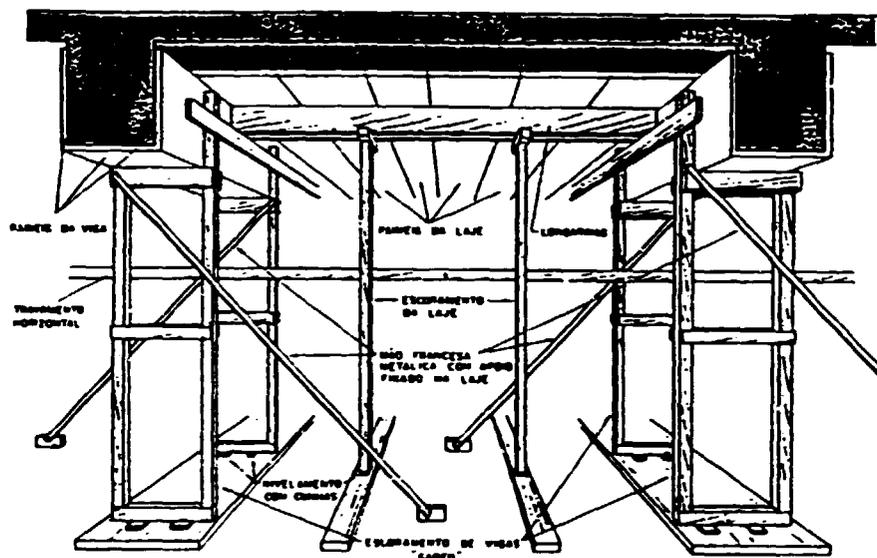
La característica principal del encofrado tipo VENO, es la simplicidad de su concepción, que fácilmente puede ser fabricado a pie de obra, con el apoyo de un proyecto detallado. Utiliza solamente materiales de construcción disponibles en el mercado: tableros contrachapados, tablas y pies derechos de madera.

El montaje es simple y resulta familiar a la mano de obra sin mayor calificación, pues todos los módulos son pre-fabricados, reduciéndose el trabajo al ensamblar un módulo con otro, sin necesidad de realizar cortes adicionales.

Todos los módulos son pequeños, fácilmente transportables manualmente, posibilitando una productividad de trabajo buena y adecuada, en relación a las demás operaciones de la obra. Asimismo, el sistema ofrece una gran facilidad de reposición de piezas dañadas, por ser la madera un material común utilizado en toda obra.

Finalmente, es un sistema de encofrado compatible con el peso propio de las estructuras relativamente livianas que se proyectan en edificios en altura, lográndose una relación costo-beneficio muy eficiente.

FIGURA Nº 5.01 Sistema de formas tipo UENO



5.4.2.1 Encofrados de columna

Los moldes de columnas están constituidos básicamente por 4 paneles, siendo 2 laterales y 2 de fondo, que a su vez pueden ser subdivididos en 2 o más paneles, de acuerdo a su dimensión. Son generalmente paneles de contrachapado reforzados con bastidores ("sarrafos") de madera. El montaje de los paneles de columna debe obedecer tres requisitos básicos: ubicación, nivelación y aplomado. La ubicación de las columnas se realiza en la superficie de concreto. La función de las bases "gastalhos" sirve como referencia base del encofrado y su ubicación se define durante el replanteo, siguiendo instrucciones de un plano de ubicación.

El nivelamiento de las columnas es realizado a través de 2 pies derechos-guías, colocados a plomo sobre los "gastalhos", permitiendo el alineamiento del primer panel. Finalmente el aplomado se realiza, una vez presentados todos los paneles debidamente amarrados y rigidizados con diagonales de madera o metal.

En el caso del sistema de encofrado de columnas, la utilización de clavos es mínimo, nunca atraviesan el tablero contrachapado, sólo los refuerzos de madera, lo que facilita no solamente el montaje sino sobre todo el desmontaje de paneles, sin desperdicios de madera.

5.4.2.2 *Encofrado de vigas*

El montaje es armado a partir de 3 paneles, siendo 2 laterales y uno de fondo. Están apoyados sobre "garfos" que viene a ser especies de columnas compuestas de 2 pies derechos y travesaños, que rematan en forma de "U" para dar apoyo a los tres paneles de la viga. Estos "garfos" cumplen la función de rigidizar los paneles laterales del encofrado de vigas y dan apoyo a una viga compuesta de madera llamada "longarina", que es donde se apoyan los paneles de la losa.

El montaje de los paneles de la viga es en tal forma, que permite sin interferencias, el desencofrado de los paneles de columna. Incluso los paneles laterales de la viga pueden ser retirados, dejando únicamente el fondo de viga apuntalado por los "garfos". Al igual que en el caso de las columnas, el encofrado de vigas se realiza en 1 día, cuando se pretende vaciar una losa por semana.

5.4.2.3 *Encofrado de losas*

La losa es montada con el uso de 3 piezas básicas: los paneles de losa, las vigas o "longarinas" y los pies derechos o "escoras".

Los paneles de losa, frecuentemente son tableros contrachapados con refuerzos de bastidores de madera, de formato rectangular, que facilitan el manipuleo y el desencofrado. Son montados sobre todas las otras piezas y por lo tanto, son los últimos en ser desencofrados.

Las "longarinas", son vigas compuestas de dos elementos dimensionados en función de la luz y de la carga que va a soportar. Por su forma compuesta, tienen estabilidad propia, se apoyan en los soportes de los "garfos" y dan apoyo a los paneles de losa.

Los pies derechos o "escoras" son puntales de madera que tienen un dispositivo de encaje con las "longarinas". Estos pies derechos son rigidizados mediante cuñas en la parte inferior, que permiten si es del caso, el encofrado de la losa con una contraflecha determinada.

La distribución de los paneles de losa se hace de tal manera, que cada cierto espacio, se deja una "tira" de apoyo, semejantes en el ancho a los paneles de viga, y sirven para mantener el apuntalamiento de la losa, una vez retirados los paneles contrachapados principales.

5.4.3 *Encofrados industrializados de madera*

Son sistemas de encofrados de madera pre-fabricados en planta y no en la obra, compuesto por paneles, puntales y arriostres, que son proyectados y fabricados especialmente para cada edificación. Este tipo de encofrados permite un alto número de reaprovechamiento, optimiza la calidad final de la estructura y permite soluciones más creativas y económicas. Requiere de equipamiento y mano de obra especializada, reduciendo los desperdicios en obra con el uso de elementos pre-fabricados y clasificados, listos para ser montados de acuerdo a un cronograma pre-establecido.

En el presente estudio sobre encofrados realizado en los 6 países latinoamericanos, no se había encontrado un nivel de implementación tecnológica tan desarrollada como en Brasil, por lo menos en lo que respecta al uso racional de la madera como material predominante de los encofrados de concreto.

Asimismo, el grupo empresarial produce y fue pionero en la fabricación del tablero contrachapado desde el año 1946, tanto que los contrachapados de otras marcas se les identifica como MADEIRIT. Adicionalmente produce sistemas metálicos complementarios, ofrece servicio de consultoría y asesoría en encofrados, fabrica tintas selladoras y desmoldantes para encofrados, entre otros accesorios complementarios.

Fue la empresa líder en la introducción de encofrados pre-fabricados de madera, abastece una parte importante del mercado de Brasil y en los últimos años ha empezado la exportación de contrachapados y encofrados pre-fabricados, a diferentes países latinoamericanos. Se podría decir que es un caso bastante peculiar y difícil de imitar, pero de cualquier forma, un excelente ejemplo de sustentabilidad, conservación y desarrollo del recurso forestal.

5.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

Se presenta a continuación los valores de consumo reales de madera en 1 edificio construido en Sao Paulo y 6 edificios construidos en Curitiba. Asimismo se compararán los resultados de un estudio realizado a nivel nacional, cubriendo 8 ciudades de las 5 regiones de Brasil, relacionado con el consumo de madera en el sector de construcción. A continuación se describen los valores de consumo de 8 edificios multifamiliares que utilizan tableros contrachapados en encofrados:

CUADRO Nº 5.09

COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA ASERRADA

T I P O S DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA		
					m ³ mad m ³ conc	m ³ mad m ² cons	pt m ² cons
C Bco. BRADESCO	3,109	6,200	440	58.0	0.13	0.019	08
U Bco. BRADESCO	5,502	12,628	950	118.1	0.13	0.022	09
R Bco. BRADESCO	6,507	16,560	1,380	154.8	0.11	0.018	08
I Bco. BRADESCO	2,061	3,979	309	37.2	0.12	0.018	08
T Bco. BRADESCO	4,905	8,042	670	75.2	0.11	0.015	06
B Const. BARAO	790	1,546	152	14.5	0.10	0.018	08
S.P. T. UENO	3,000	6,000	343	56.1	0.16	0.019	08
P R O M E D I O EDIFICIOS MULTIFAMILIARES					0.12	0.018	08

FUENTE : Banco BRADESCO y Empresas Constructoras

Los valores promedios de consumo de estos 7 edificios multifamiliares sería de: 0.12 m³mad ó 0.018 m³mad equivalente a 8 pt
 m³conc m²cons m²cons

El sistema FORMAPRONTA de la Industrias MADFIRIT obtiene similares resultados con un promedio que varía entre $0.015 \text{ m}^3\text{mad}/\text{m}^2\text{cons}$ y $0.017 \text{ m}^3\text{mad}/\text{m}^2\text{cons}$, dependiendo si son 12 ó 10 los usos respectivamente estimados para los encofrados. Según su experiencia (abastecen aproximadamente $15,000 \text{ m}^2$ de superficie de encofrados por mes), se requieren 2.5 m^2 de encofrados por m^2 de construcción (coinciden con los coeficientes de consumo de Argentina, Chile y Perú), y la distribución promedio de encofrados en una obra es : 29% para columnas, 35% para vigas y 36% para losas. La Editorial PINI de Brasil especializada en construcción, utiliza como consumo promedio 12 m^2 de encofrados por m^3 de concreto.

Estos coeficientes de consumo coinciden con el rango de valores obtenidos en la investigación " *A Aplicação da Madeira e Seus Derivados Na Construção Habitacional* " publicado en 1978, por el Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Forestal (IBDF). El estudio tuvo como propósito cuantificar el volumen total de consumo de madera en el sub-sector residencial en diferentes ciudades y regiones de Brasil.

Las encuestas a empresas constructoras cubrieron una muestra del 22% del total de construcción realizada en el año 1974 ($15'571,621 \text{ m}^2$) y se efectuaron en 8 ciudades: Manaus de la Región Norte; Recife y Salvador de la Región Noreste; Belo Horizonte, Río de Janeiro y Sao Paulo de la Región Sureste; Curitiba de la Región Sur y Brasilia de la Región Centro Oeste. Las ciudades escogidas representaron una parte substancial del total de cada región.

El consumo total de madera a nivel nacional por unidad de vivienda promedio de 107 m^2 , fue el siguiente: las casas de 1 ó 2 pisos de altura utilizaban 1.8 m^3 de madera aserrada y 0.17 m^3 de tableros contrachapados. Las viviendas en edificios multifamiliares consumían 7.19 m^3 de madera aserrada y 0.69 m^3 de tableros contrachapados. En el análisis del consumo se consideró tanto la madera de uso temporal, es decir: encofrados, andamios, obras provisionales etc., como el uso de madera de tipo permanente en estructuras de techo, puertas, ventanas, muebles fijos, etc.

El consumo de madera aserrada y tableros contrachapados usados en encofrados y otros usos temporales, representó el 47% del total de madera consumida en viviendas unifamiliares y el 82% del total de madera utilizada en edificios multifamiliares.

En el cuadro Nº 5.10 se presenta los niveles de consumo a nivel nacional para los 2 tipos de uso temporal de la madera.

El consumo obtenido en el análisis de los 7 edificios anteriores fue de $0.018 \text{ m}^3/\text{m}^2$, bastante inferior al consumo de edificios, de $0.0672 \text{ m}^3/\text{m}^2$ señalado en el cuadro Nº 5.10, pero se encuentra dentro el margen de variación de $0.014 - 0.08 \text{ m}^3/\text{m}^2$. La explicación del menor consumo actual de madera en edificios multifamiliares, se debe a la utilización industrializada del encofrado de contrachapado, que recién ingresó en el mercado a inicios de la década del 70. Siendo que la investigación se realizó en 1974, lo más probable es que los encofrados predominantes fueron de madera aserrada, con mayor cantidad de desperdicios y menor cantidad de reutilizaciones.

CUADRO Nº 5.10

COEFICIENTES DE CONSUMO DE M³ DE MADERA POR M² DE CONSTRUCCION

TIPO DE USO	CONSUMO $\frac{m^3}{m^2}$	TIPO DE EDIFICACION	INCIDENCIA NUESTRA	VARIACION DE COEFICIENTES $\frac{m^3}{m^2}$
- Encofrados de concreto	0.0168 0.0672	Casas Edificios	100 % 100 %	0.014 - 0.08 0.003 - 0.07
- Cercos, Barracas, Andamios	0.0285	----	100 %	0.003 - 0.005

FUENTE: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Forestal. IBDF-1978

De este mismo estudio, resulta interesante presentar en el cuadro Nº 5.11 los tipos de especies de madera más utilizadas según la región del país.

CUADRO Nº 5.11

ESPECIES DE MADERAS UTILIZADAS EN ENCOFRADOS POR REGION

NORTE	NORESTE	SURESTE	SUR	CENTRO OESTE
Louro Virola Andiroba Jacarandá Açacu	Pinho Açeste Jequitibá Açacu Virola	Pinho Canela Maçaraduba Peroba Virola Pinho do Norte Eucalipto	Pinho Bracatinga Peroba	Virola Pinho Açacu Pinho do Norte

FUENTE: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Forestal-IBDF-1978

5.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS

Según el Ing. Toshiro Ueno, autor del Sistema UBNO de encofrados, señalaba en un coloquio sobre " Estabilidad Global de Estructuras de Concreto Armado " realizado en Sao Paulo en 1985, que los encofrados de madera aserrada usada en gran escala para encofrados hasta la década del 70, representaba el 60% del costo de la estructura.

Con el uso de los tableros contrachapados y los encofrados prefabricados, éstos representan aproximadamente el 40% de la estructura y la estructura a su vez el 25% del costo total de la obra, lo que significa que los encofrados actualmente representan aproximadamente

el 10% del costo directo de la construcción. A continuación el Ing. Ueno analizó la incidencia de tres tipos de encofrados pre-fabricados para un mismo edificio. Las premisas del análisis son las siguientes:

OBRA	:	Edificio multifamiliar
Nº DE PISOS	:	10
AREA CONSTRUIDA	:	3,000 m ²
AREA DE ENCOFRADO	:	6,000 m ²
COSTO POR M ²	:	US\$ 126
COSTO DIRECTO TOTAL	:	US\$ 377,400

CUADRO Nº 5.12

COSTO DE LOS ENCOFRADOS DE MADERA CON TABLERO CONTRACHAPADO DE 12mm

	ANTICIDAD (10 usos)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Encofrado, columnas, vigas y losas	600 m ²	US\$ 33.14	US\$ 19,884.00
Fondo viga (5%)	30 m ²	US\$ 33.14	US\$ 994.20
Total fabricación			US\$ 20,878.20
Reposición (10%)			US\$ 2,087.82
Mano de obra, montaje y desencofrado	6,000 m ²	US\$ 2.44	US\$ 14,640.00
T O T A L			US\$ 37,606.02
Precio unitario/m ²			US\$ 12.54
% COSTO DIRECTO TOTAL			9.97%

FUENTE: Toshio Ueno Engenharia S/C Ltda.

CUADRO Nº 5.13

COSTO ENCOFRADO MIXTO CON CONTRACHAPADO DE 20 mm (duración 4 meses)

	CANTIDAD (10 usos)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Encofrado, columnas, vigas y losas	600 m ²	US\$ 22.32	US\$ 13,392.00
Fondo viga (5%)	30 m ²	US\$ 22.32	US\$ 669.60
Total fabricación			US\$ 14,061.60
Reposición (10%)			US\$ 1,406.16
Alquiler elementos metálicos	600 m ²	US\$ 2.96	US\$ 1,776.00
Mano de obra, montaje y desencofrado	6,000 m ²	US\$ 2.44	US\$ 14,640.00
T O T A L			US\$ 32,543.80
Precio unitario/m ²			US\$ 10.85
% COSTO DIRECTO TOTAL			8.64%

FUENTE: Toshio Ueno Engenharia S/C Ltda.

CUADRO Nº 5.14

COSTO ENCOFRADO MIXTO CON CONTRACHAPADO DE 20 mm (duración 5 meses)

	CANTIDAD (10 usos)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Encofrado, columnas, vigas y losas	600 m ²	US\$ 22.32	US\$ 13,992.00
Fondo viga (5Z)	30 m ²	US\$ 22.32	US\$ 669.60
Total fabricación			US\$ 14,661.60
Reposición (10Z)			US\$ 1,466.20
Alquiler elementos metálico	600 m ²	US\$ 2.96	US\$ 8,880.00
Mano de obra, montaje y desencofrado	6,000 m ²	(x 5) US\$ 2.44	US\$ 14,640.00
T O T A L			US\$ 39,647.80
Precio unitario/m ²			US\$ 13.22
% COSTO DIRECTO TOTAL			10.5%

FUENTE: Toshio Ueno Engenharia S/C Ltda.

La incidencia promedio del costo del encofrado en relación al costo total de la obra fue de 9.7%, con estas tres alternativas analizadas.

5.6.1 Costos comparativos entre un sistema de encofrado tradicional de madera y un sistema de encofrado de madera industrializado

A manera de referencia se presenta un estudio económico comparativo realizado por la Empresa FORMAPRONTA de Brasil, mediante el cual se analiza los costos de encofrados exportados para una obra de 10 pisos de altura en Uruguay, en comparación con un sistema tradicional de encofrados de madera en dicho país.

5.6.2 Encofrado tradicional de madera

MATERIALES

- Consumo de madera : 180 pt/m³ de concreto
- 1 m² de área techada : 0.175 m³ de concreto
- 1 pt de madera pino : US\$ 0.27
- En 10 techos : 0.175x10 = 1.75 m³ concreto

entonces :

- 1.75 m³ x 180 pt/m³ = 315 pt/m² planta
 - 315 x US\$ 0.27 = US\$ 85.00 + IVA/m² de planta
- Se considera un IVA de 22% al 50% valor de la madera
 US\$ 85.00 x 0.5 x 1.22 = US\$ 93.5/m² planta

MANO DE OBRA

- US\$ 3.5 hh/m²
 - 1 m³ de concreto/6.5 días
- Costo de la mano de obra conformada 75% por carpintero
- 6.5 x 0.75 = 4.875 días/m³ de concreto
 - 4.875 x 0.175 = 0.853 días/m² planta
 - 0.853 x 10 techos = 8.53 hh/m² planta edificio
 - 8.53 x 3.5 = US\$ 29.86/m² planta edificio

TOTAL COSTOS

Materiales+ Mano de obra = US\$ 93.50 + US\$ 29.86 = US\$ 123.26/m²

5.6.3 Sistema FORMAPRONTA

MATERIALES (incluida fabricación)

- US\$ 40.0/m² de encofrado (estimado con flete, impuestos, etc)

Considerando un índice de 2.5 m² de encofrado/m² de planta

- US\$ 40.0/m² x 2.5 m² = US\$ 100.00/m² de planta

MANO DE OBRA DE MONTAJE

Considerando un índice de 1.4 hh/m² de encofrado

- 1.4 x 2.5 = 3.5 hh/m² planta

- 3.5 hh/m² x US\$ 3.5/hh = US\$ 12.25/m² de planta

TOTAL COSTOS

Material+Mano de obra = \$ 100.00+ \$ 12.25 = US\$ 112.25/m² planta

En resumen, el sistema industrializado de madera resultó más económico en aproximadamente 9.0%, pero utilizó aproximadamente 1/4 de la madera empleada en el sistema tradicional, es decir, 6.8 pt/m² en relación a 31.4 pt/m².

5.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONZS

Del análisis efectuado en Brasil sobre el uso de madera y productos derivados en encofrados, podemos deducir que es el país donde se ha identificado una mayor preocupación y eficiencia, comparativamente con los otros países latinoamericanos estudiados, respecto al uso optimizado de la madera y otros tipos de materiales empleados en formas de concreto.

Esto se debe en parte a la evolución rápida y progresiva de los costos de la madera en las últimas décadas, ocasionando preocupación unánime de todos los constructores, de tal modo que los esfuerzos fueron multiplicados para superar las dificultades y deficiencias del uso de la madera dentro de la obra, particularmente al emplearla como encofrado.

En esta coyuntura, los precios de los encofrados pasaron a ser un elemento determinante en los costos totales de la estructura, ya que inicialmente los constructores delegaban la responsabilidad de la fabricación y montaje de los encofrados, a los maestros de obra, que sin conocimiento de cálculo, elaboraban los encofrados en base a su experiencia vivida a lo largo de su profesión.

Este procedimiento, normalmente representaba desperdicios significativos de material y de mano de obra, pues los encofrados eran fabricados y montados en la obra, sin mayor planificación y posterior reaprovechamiento de los materiales. La mano de obra a su vez, se tornó excesivamente cara por la ausencia de un esquema disciplinado de trabajo, acarreando esfuerzos innecesarios y creando "tiempos muertos" entre una etapa y otra de la obra.

Fue tomando en cuenta este panorama, que algunos profesionales, industrias y empresas de ingeniería, desarrollaron los encofrados dentro de un esquema integral de la estructura de concreto como un

todo, esto es sin desvincular la tecnología con una metodología de ejecución realista y adecuada a la mano de obra y a los materiales existentes en el mercado. Ahora en el Brasil, se puede hablar que existen "sistemas de encofrados" que son una combinación de tecnología, a través de proyectos y diseños de encofrados, con una disciplina de ejecución, que redundan en una racionalización de la mano de obra.

Actualmente, los encofrados de madera y productos derivados, al igual que en el resto de países analizados, son la alternativa predominante en la construcción, tanto en viviendas multifamiliares como soluciones unifamiliares. Se utilizan otras alternativas, especialmente los encofrados metálicos, pero su uso se limita a construcciones masivas o casos especiales, particularmente en pies derechos de apuntalamiento. Dependiendo de la obra, la compra de encofrados metálicos puede determinar una alta inversión inicial o si es el caso del alquiler, se arriesga con un ritmo no programado de construcción que convierte costoso el arrendamiento.

El problema del uso de madera en encofrados, está mejor resuelto en las zonas industriales y de mayor concentración urbana del país, especialmente en la Región Sur y Sureste. En Sao Paulo se concentra la mayor cantidad de empresas que ofertan sistemas industrializados de encofrados a nivel nacional y para exportación. Esta realidad es distinta en zonas menos industrializadas y con menores niveles de desarrollo económico como son las Regiones del Norte y Noreste, que son donde predominan las viviendas unifamiliares en contraste con los edificios de viviendas multifamiliares.

Existen sin embargo, muchas preocupaciones a nivel nacional por racionalizar cada vez más el uso de la madera y de los sistemas industrializados de encofrados. Esto se refleja en la inquietud de profesionales, empresas comercializadoras y constructores, por la necesidad de normalizar las actividades que involucren el uso de encofrados en la construcción. Existen por lo pronto, normas que regulan las características de los contrachapados utilizados en encofrados, ya sean estos resinados o plastificados de uso exterior.

Ultimamente, la Asociación Brasileira de Construcción Industrializada (ABCI) con el respaldo de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ha conformado un grupo de trabajo que viene elaborando un texto básico de normalización de encofrados de concreto, que está conformado por representantes de empresas fabricantes de contrachapados y encofrados, de empresas constructoras, de investigadores de medios académicos y otros usuarios.

De la investigación realizada en 6 países, es la primera vez que se conoce el interés de normalizar los encofrados para concreto. Toda la normalización anterior estaba basada en pautas de la American Plywood Association (APA). En la actualidad se están estudiando los sistemas de cálculo y los factores que influyen en las presiones laterales que actúan en los encofrados, con el apoyo del Laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción de la Universidad de Campinas (UNICAMP). Este esfuerzo, debería servir de pauta para un trabajo a nivel latinoamericano en relación a la normalización de encofrados de madera.

Ha sido posible identificar algunas recomendaciones recogidas durante las entrevistas realizadas que podrían implementarse para distintos niveles de utilización de la madera y productos derivados en encofrados:

a) Producción de materia prima

- Promover la sustitución paulatina de especies latifoliadas tradicionales por especies forestales nuevas conocidas, especialmente en aquellas regiones con menor disponibilidad de plantaciones forestales.
- Estimular una mayor utilización de especies forestales reforestadas, particularmente de la madera de eucalipto, en sistemas tradicionales racionalizados de encofrados.
- Mejorar la calidad y durabilidad de la madera aserrada utilizada en encofrados, aplicando mejores acabados en la transformación de la madera, así como técnicas apropiadas de preservación y secado.

b) Normalización

- Apoyar la elaboración de especificaciones técnicas o guías prácticas de utilización de encofrados tradicionales con madera aserrada o tableros contrachapados, en la cual se especifiquen alternativas de sistemas de encofrados, soluciones de uniones estructurales, relación o grupo de especies aparentes, cargas admisibles, detalles constructivos y recomendaciones de buena práctica.
- Auspiciar la realización de ensayos de resistencia a presiones laterales de los contrachapados, así como de la calidad hidrorresistente de las colas y de la superficie acabada del concreto aparente.

c) Capacitación

- Entrenar al personal de obra responsable de los encofrados en técnicas de desmoldaje con herramientas adecuadas, reduciendo al mínimo el uso de herramientas metálicas y estimulando el uso de cuñas de madera.
- Difundir el uso adecuado de los vibradores de concreto para minimizar el deterioro de los encofrados y aumentar el reaprovechamiento y la vida útil del material.
- Concientizar al personal de obra sobre la conveniencia de respetar una disciplina de ejecución pre-establecida, que responda a una secuencia de montaje rígida y poco susceptible a modificación en obra.
- Optimizar la capacidad de diseño de arquitectos e ingenieros, estimulando la racionalización modular de la propuesta arquitectónica y estructural, especialmente en el caso de construcciones masivas o edificios de altura.

d) Tecnología

- Investigar y difundir la relación costo/beneficio óptima de la

reutilización de encofrados, en función a los diferentes espesores de madera aserrada y tableros contrachapados.

- Analizar las posibilidades de aplicación de nuevas alternativas de desmoldantes, en función del tipo de superficie encofrante, del acabado final del concreto, la vida útil de la madera y del costo resultante de los encofrados.
- Desarrollar nuevos modelos de análisis que incrementen los conocimientos técnicos sobre la magnitud y comportamiento de los esfuerzos dinámicos actuantes en los encofrados, durante la etapa del vaciado de concreto.
- Estimular el diseño de nuevos y mejores sistemas de encofrados semi-industrializados con madera aserrada y tableros contrachapados, que pueden ser utilizados en viviendas unifamiliares, incorporando las ventajas del sistema Ueno o encofrados equivalentes.

e) Mercado

- Promover el establecimiento de empresas especializadas de encofrados de madera que ofrezcan elementos estandarizados en condición de alquiler, destinados a suplir la demanda de construcción de viviendas unifamiliares y de viviendas multifamiliares de mediana altura y alta densidad.

f) Apoyo Institucional

- Auspiciar y difundir la labor de la Asociación Brasileira de Construcción Industrializada (ABCI) y de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) en la elaboración de las normas, que sobre encofrados de madera, se vienen desarrollado.

Esta última recomendación puede ser implementada a nivel de Latino América de la misma manera y con la misma importancia como actualmente la ONUDI viene promoviendo la elaboración de un Código Latinoamericano de Construcción con Madera entre los países de la Región. Asimismo, existe interés de los países integrantes del MERCOSUR, Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina, en implementar acciones que incrementen el intercambio comercial entre los países miembros que pudiera ser una primera pauta, para normalizar el uso y por lo tanto, comercialización de los encofrados a base de madera.

6.0 DIAGNOSTICO PERU

6.1 EL SECTOR VIVIENDA

La población actual del Perú de acuerdo al IX Censo de Población realizado en 1993, era de 22'128,466 habitantes, de los cuales el 70% se encuentra ubicado en áreas urbanas. La tasa de crecimiento, en el período 1981-1993, fue de 2.2% a nivel nacional, siendo la tasa de crecimiento urbana de 2.9% y la rural de 0.9% anual.

Existen cifras discrepantes en relación al déficit habitacional en el Perú, que de acuerdo a las diferentes fuentes varía entre 1'500,000 a 2'500,000 viviendas, considerando el crecimiento demográfico, el déficit cualitativo y las viviendas con carencia de agua, desagüe y

electricidad, que sobrepasarían el 1'000,000 de unidades. Ultimamente sin embargo, la cifra considerada como estadísticamente aceptable fluctúa entre 1'200,000 a 1'300,000 de déficit de viviendas ^{1/}.

A la fecha de la publicación del presente informe, todavía no se disponían de los resultados oficiales de los Censos Nacionales 1993 - IX de Población y IV de Vivienda. Según el Compendio Estadístico 1991-1992 del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), el parque inmobiliario y número de hogares en el Perú estaba compuesto de la manera siguiente:

CUADRO Nº 6.01

PARQUE HABITACIONAL Y NUMERO DE HOGARES EN EL PERU

	AÑO 1972	AÑO 1981	AÑO 1991
Nº DE VIVIENDAS	2'686,471	3'257,124	3'970,416
Nº DE HOGARES	2'771,555	3'436,283	4'363,436

FUENTE: Compendio Estadístico 1991-1992 INEI.

Del cuadro anterior, se desprende que sólo, por la mayor cantidad de hogares en relación al número de viviendas disponibles (déficit cuantitativo), se requerían en 1991 más de 390,000 viviendas. Asimismo, el ritmo de construcción anual, formal e informal, fue de aproximadamente 70,000 viviendas anuales, en el período 1981-1991.

Los resultados definitivos del Censo de 1993 para el Departamento de Lima, indican la existencia de 1'399,530 viviendas (941,427 unidades en 1981). De ese total sólo el 11.5% eran viviendas ubicadas en edificios de departamentos multifamiliares, siendo la mayor parte casas independientes (70%) y el resto de viviendas en quinta, casas de vecindad, etc., todas de 1 y 2 pisos de altura.

El número de viviendas en altura existentes en Lima, que representaron en 1993 el 11.5% del total, es mayor al porcentaje registrado en 1981 a nivel nacional, que sólo fue del 4.0%, en razón de ser Lima la ciudad de mayor concentración poblacional (6.3 millones de habitantes habitan en Lima, lo que representa el 28.5% de la población del país).

Finalmente, respecto a los materiales predominantes en la construcción de acuerdo a los resultados definitivos en el Departamento de Lima del Censo de 1991, la vivienda típica estaría compuesta de los siguientes materiales:

Pisos	:	Cemento	(44.1%)
Paredes	:	Ladrillo o bloque	(68.8%)
Techos	:	Losa aligerada o concreto	(47.8%)

De acuerdo al Censo de 1981, sólo el 31% de las viviendas a nivel nacional tenían paredes de ladrillo o bloque de concreto y aproximadamente el 14%, eran de madera o del sistema de "quincha".

6.2 EL SECTOR CONSTRUCCION

En general, existe consenso que la crisis económica sufrida en el Perú, especialmente durante la década de los 80, ha arrastrado a una crisis de más de 10 años de duración al sector de construcción civil. Desde 1990, el país está implementando uno de los procesos de cambio más radicales de su historia republicana, iniciándose un nuevo modelo económico de reducción del tamaño del Estado y de desregulación de la economía hacia un mercado abierto de libre competencia, tal como viene ocurriendo en diferentes países a nivel regional y mundial.

Desde 1992 el Ministerio de Vivienda y Construcción, se fusionó con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pasando algunos órganos ejecutores del mismo, al Ministerio de la Presidencia, tal es el caso del Fondo Nacional de la Vivienda (FONAVI), el Banco de Materiales, la Empresa Nacional de Edificaciones (ENACE) y el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL).

En este mismo período se disolvieron el Banco de la Vivienda, el Banco Central Hipotecario del Perú y el Sistema de Mutuales de Vivienda. En el período 1981-1991, según ENACE, el sector público construyó 130,489 soluciones habitacionales, la mayor parte de ellas, los denominados lotes con servicios.

El gobierno actual ha expresado su interés que el sector privado asuma un rol preponderante en la construcción de viviendas, limitándose el sector público a una función normativa y promotora, que atienda las necesidades de los sectores en extrema pobreza de la población, a través de los organismos que ahora pertenecen al Ministerio de la Presidencia, a los que habría que agregar el Fondo de Compensación y Desarrollo Social (FONCODES) y el Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y Salud (INFES).

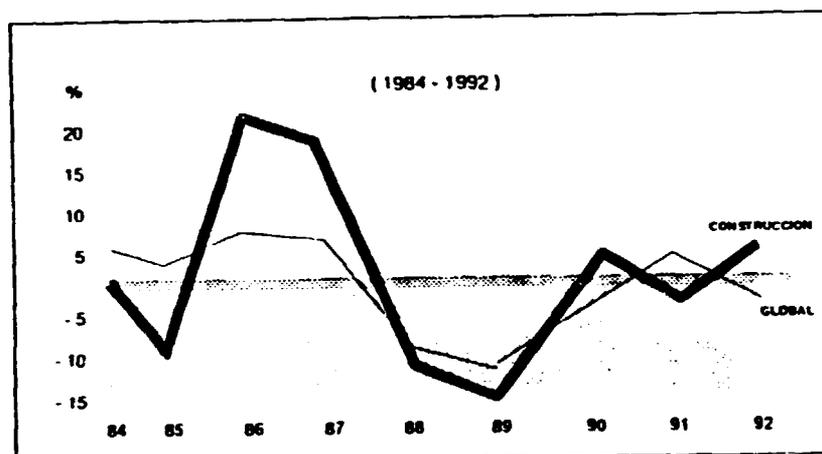
Recientemente, el FONAVI que atiende a sectores pobres, pero no indigentes, ha anunciado una inversión de 360 millones de dólares para 1994 que permitiría el financiamiento total o co-financiamiento de 31,000 viviendas. Por otro lado acaba de implementarse en el primer trimestre de 1994, un nuevo sistema hipotecario para la construcción y adquisición de viviendas con recursos provenientes del sector privado, que se administrará y supervisará a través de la Banca privada.

Este nuevo sistema hipotecario, con mucho éxito en Chile, está basado en la utilización de Letras Hipotecarias que serán puestas a la venta, a través de la Bolsa de Valores y captará dinero privado destinado al sector de construcción con recursos provenientes de las Administradoras de Fondos de Pensiones, las propias entidades bancarias y otros inversionistas particulares. Se calculaba igualmente que para 1994, el nuevo sistema hipotecario permitirá captar US\$ 500 millones, que facilitará la construcción y venta de 50,000 viviendas, a mediano y largo plazo.

Históricamente el sector de construcción, ha tenido una participación entre el 5 y 7% del Producto Bruto Interno del Perú, aunque como se

mencionó anteriormente, ha sufrido un desarrollo muy errático en los últimos años. En la Figura Nº 6.01, se puede observar que la construcción presentó un crecimiento de su actividad de 4.1% en 1992 respecto al año anterior, no obstante que la producción nacional tuvo un decrecimiento de 2.9%. La construcción fue prácticamente el único sector productivo que experimentó un crecimiento en ese año.

FIGURA Nº 6.01 Evolución del PBI global y de la construcción



FUENTE: Revista $\frac{1}{2}$ de Construcción Nº 84 - Noviembre 1993.

Se estima que en 1993 la construcción creció entre 6 y 7% experimentando uno de los mejores crecimientos sectoriales junto con el sector minero y pesquero. En los primeros seis meses de 1993 había crecido 10.3%, respecto a similar período en 1992. El proyecto de Presupuesto General de la República, estima un crecimiento de 8% para la construcción en 1994 y asume que éste será el sector que arrastre el incremento del PBI nacional cuya previsión es no menor de 4.0% (en 1993 el Perú tuvo un crecimiento del PBI de aproximadamente 6.5%, el más alto en Latinoamérica).

6.3 EL SECTOR FORESTAL

6.3.1 Los recursos forestales

Después de Brasil, el Perú cuenta con la primera foresta en extensión de la cuenca hidrográfica más grande del mundo, es decir la cuenca amazónica. El bosque tropical en el país, tiene una extensión de 69.8 millones de hectáreas, que representan el 54% del territorio nacional.

En el cuadro Nº 6.02 se presenta el recurso forestal disponible a nivel del país.

CUADRO Nº 6.02

SUPERFICIE DE BOSQUES NATURALES POR REGIONES (ha)

REGIONES NATURALES	SUPERFICIE TOTAL PAIS	BOSQUE NATURAL	(%)
Costa	13'637,000	3'202,800	23
Sierra	39'198,000	2'761,100	07
Selva	75'687,000	49'820,230	92
TOTAL	128'521,600	75'784,130	59

FUENTE: Plan Nacional de Acción Forestal del Perú.1991.

Sin duda los bosques densos heterogéneos, constituyen el ecosistema forestal más importante y abundante de la selva y por lo tanto del país. Representan el 69% de la superficie boscosa de las regiones, siguiéndole en importancia los bosques densos nublados que alcanzan el 20% del territorio de la selva.

6.3.2 La reforestación

Se inició en 1870 por iniciativa de las compañías mineras, principalmente en la región de la sierra y hasta 1990 se había reforestado 262,997 ha. Se calcula de manera optimista que sólo el 50% ha prosperado, de los cuales 70,000 tendrían potencial para su extracción comercial, siendo el eucalipto la especie predominante. Adicionalmente se disponen de 10,000 ha del género Pinus.

La reforestación en las regiones de la costa y de la selva han sido muy reducidas, estimándose en 20,500 y 9,300 ha respectivamente. En general se estima que hasta el momento se han utilizado sólo el 2.5% de las tierras para reforestación disponibles potencialmente en el país.

Al mismo tiempo, se estima que cerca de 250,000 ha se deforestan anualmente, principalmente para uso agrícola o ganadero, aunque un porcentaje muy alto (hasta 75%) de la madera en pie de los árboles aprovechados con fines industriales, se pierde como desperdicio del proceso de corta, extracción y transformación.

6.3.3 Transformación industrial de la madera

En 1990, la extracción de madera rolliza para la industria forestal alcanzó los 917,00 m³, de ellos, 88% se destinaron a la producción de madera aserrada, 6% a madera laminada y tableros contrachapados, 4% a parquet, 0.5% a durmientes y 0.3% a chapas decorativas. En la selva, existen 540 empresas de transformación mecánica de la madera, diversificadas en aserraderos, plantas de tableros contrachapados, láminas decorativas y tablillado para parquet y pisos. En el cuadro Nº 6.03 se observa la producción y consumo aparente de productos forestales en 1990.

CUADRO Nº 6.03

CONSUMO APARENTE DE RECURSOS MADEREROS - 1990
(miles de m³)

CONCEPTO	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
Madera aserrada	489.3	0.2	1.3	489.2
Madera contrachapada	23.7	---	---	23.7
Madera laminada	1.7	---	---	1.7
Parquet	12.6	---	0.5	12.1
Chapas decorativas	1.6	---	0.1	1.5
Bornientes	2.4	0.2	---	2.6
T O T A L	531.3	0.4	1.9	529.8

FUENTE: INFF. Perú Forestal en Números. 1990

Aproximadamente, el 40% de la madera elaborada, se utiliza en la industria de la construcción y otro porcentaje similar, en la elaboración artesanal e industrial de muebles. El sector minero a su vez, consume aproximadamente el 12% de la producción nacional de madera proveniente de pequeñas plantaciones de eucalipto de la sierra.

6.4 USO DE LA MADERA EN ENCOFRADOS

6.4.1 Introducción

En el Perú, la madera es el material predominante en encofrados ya sea simplemente aserrada o cepillada, que se utiliza como tablas y pies derechos para encofrar muros, columnas, vigas y normalmente losas aligeradas. El otro material comúnmente utilizado es el tablero contrachapado de madera, especialmente para el encofrado de bóvedas cáscaras y concreto caravista. En menor medida se utilizan los casetones de plástico para losas nervadas y los encofrados metálicos para losas aligeradas y macizas.

6.4.2 Encofrado tradicional de madera

Antiguamente se utilizaba el Pino Oregon (Douglas Fir) pero por su costo y por ser importado dejó de usarse. Actualmente la especie maderera más utilizada es el Tornillo (Cedrelinga Catenaeformis) que tiene propiedades físico-mecánicas aparentes, aunque no se comercializada en las longitudes que se ofertaba el Pino Oregon.

Para el encofrado con madera aserrada, se utilizan tablas de espesores de: 1", 1½" y 2", con anchos de 4", 6", 8", 10" y 12" y pies derechos o puntales en secciones de 2"x3", 3"x3", 3"x4" y 6"x4" generalmente.

6.4.2.1 Encofrados de muros

Se utilizan principalmente tablas de 1½"x 8", rigidizadas por montantes o barrotes de 2"x 4" y arriostrados por largueros simples o dobles de 2"x 4". Los otros elementos principales son los espaciadores o separadores, que controlan el espesor de los muros, y los puntales o arriostres que tienen diferentes dimensiones de acuerdo a su posición. El consumo de madera, para un muro encofrado en ambas caras, es de 4.07 pies tablares por m², considerando 8.64 usos de los elementos en

El consumo de madera y tableros contrachapados es de 4.24 pies tablares por metro cuadrado en el caso de encofrado de columna caravista. Las columnas normales utilizan 5.16 pies tablares de madera aserrada por metro cuadrado y se considera en promedio 7.07 usos de la madera y un 10% de desperdicios.

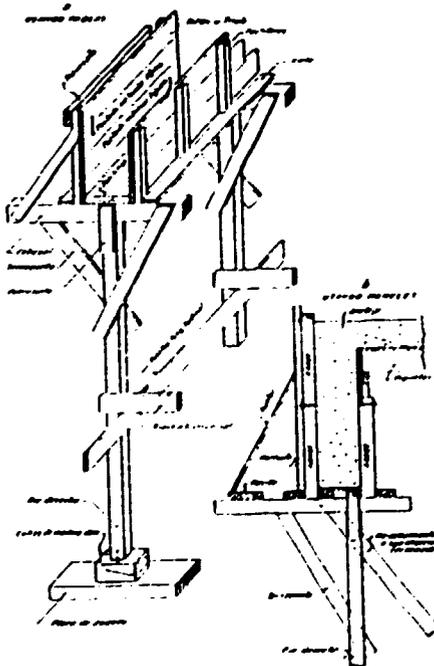
6.4.2.3 Encofrado de vigas

La viga en sí, está conformada por los costados de viga y el fondo de viga. Dependiendo si la viga es de concreto caravista o no, se usa tablero contrachapado de 19 mm o tablas de madera de 1½"x 8". Los costados y fondos de viga, están rigidizados por el costillar o bastidor de elementos de madera de 2"x 3".

Para apoyar el encofrado de viga, se requiere de un sistema de sostenimiento compuesto principalmente de pies derechos, tornapuntas y cabezales. Los puntales descansan sobre cuñas apoyadas en el piso y se rigidizan entre ellos, a través de arricatres laterales.

El consumo de madera y tableros contrachapados para encofrados de vigas de concreto caravista es de 2.93 pies tablares por m². En el caso de los encofrados normales de tablas de madera el consumo es de 6.71 pt/m². Se considera un promedio de 6.37 usos a los diferentes elementos del conjunto y se toma en cuenta 10% de desperdicio.

FIGURA Nº 6.04 Esquema de encofrado de vigas



6.4.3 Otros encofrados de madera

Existe una sola empresa que semi-industrializa un sistema de encofrado de madera, basado en la utilización de los Tableros "PACCO", que es una solución equivalente a la utilizada con los Tableros DONATH y con las "galletas" del sistema modular pre-fabricado en Chile (item 4.4.2 y 4.4.3).

Los Tableros "PACCO" tienen una dimensión de 0.60 x 1.2 m y un espesor de 30 mm. Es fabricado con tablas de 15 mm de espesor clavadas en forma transversal unas con otras para darle mayor resistencia estructural. La madera es secada al horno hasta alcanzar 10 a 16% de contenido de humedad. Tienen un peso promedio de 10 kg y las tablas son unidas con clavos de 1½" doblados para aumentar el rendimiento al maltrato. El uso de este tipo de tablero ofrece las siguientes ventajas:

- Precio competitivo en relación a los encofrados con tableros contrachapados de 19 mm.
- Permite un número de reutilizaciones no menor de 40, pues se emplea por ambas caras que son de madera cepillada.
- El espesor de 30 mm elimina la necesidad de bastidores de refuerzo y reduce los tiempos de armado y desencofrado a la mitad.
- El manipuleo, transporte y almacenamiento son fáciles de realizar por el peso y la modulación de sus dimensiones.
- Puede ser utilizado indistintamente en vigas, columnas, placas y losas horizontales.

6.5 CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

En el cuadro Nº 6.04 se presenta los coeficientes de consumo unitario de 12 viviendas unifamiliares de 1-2 pisos de altura, que representan casi el 90% del parque habitacional en el Perú. Los consumos promedio son de 0.080 m³mad/m³conc y de 0.034 m³mad/m²cons equivalente a 14 pies tablares por metro cuadrado de construcción. El sistema constructivo utilizado en las viviendas es el llamado tradicional, es decir columnas de concreto, muros de ladrillo y losas aligeradas de techo. En este tipo de viviendas se emplea la madera aserrada o cepillada como encofrado tradicional.

Es interesante anotar que el consumo total de madera en viviendas unifamiliares construidas con el sistema tradicional en el Perú, es de 20.6 pt/m² de construcción ^{2/}, lo que quiere decir que el valor promedio de 14 pt/m² obtenido en el cuadro Nº 6.04 representa el 70% del total de madera consumida en la vivienda. El resto de la madera es utilizada para la carpintería (puertas, ventanas, closets, etc.) y para fines estructurales.

En el cuadro Nº 6.05 se detallan los coeficientes de consumo de 10 edificios de viviendas multifamiliares de hasta 16 pisos de altura y 13,500 metros cuadrados construidos. El sistema constructivo utilizado en el Perú para edificios multifamiliares consiste en columnas y placas de concreto, muros de ladrillo y losas aligeradas de techo o en algunos casos losas macizas de concreto. La información proviene de 3 empresas constructoras y 3 instituciones vinculadas a la construcción.

^{2/} Arbaiza M., Christian : " Madera, Vivienda y Economía en Latinoamérica ".

CUADRO Nº 6.04

CONSUMO MADERA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA			COSTO DIRECTO	
					$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^3 \text{ conc}}$	$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{pt}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{US\$}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{L}{c.d}$
Ventanilla 1 piso	48.0	101.2	27.6	1.6	0.058	0.033	14	15.6	9.1
Tallanes 1 piso	75.7	162.8	42.5	2.7	0.064	0.036	15	16.3	8.6
Santa Cruz 1 piso	80.2	192.4	36.5	3.7	0.101	0.046	20	22.6	12.0
Esmeraldas 1 piso	55.7	112.1	28.4	2.2	0.078	0.040	17	15.1	7.9
Ayacucho 1 piso	125.5	240.8	53.9	4.3	0.080	0.034	14	15.2	9.3
C. Cueto 2 pisos	85.1	174.6	38.2	3.1	0.081	0.036	16	16.5	9.1
San Borja 2 pisos	91.7	201.5	32.7	3.5	0.107	0.036	16	18.5	10.1
La Paz 2 pisos	86.6	119.5	29.4	3.6	0.122	0.042	18	11.9	6.8
Próceres 2 pisos	92.2	160.0	35.0	2.7	0.077	0.029	12	13.0	9.7
Capullana 2 pisos	169.4	284.0	53.5	5.7	0.107	0.034	14	14.5	9.4
G.M.L. 1 1 piso	136.0	328.5	57.6	2.0	0.034	0.014	06	nd	nd
G.M.L. 2 1 piso	1,100.0	2,662.0	505.0	23.7	0.047	0.022	09	nd	nd
P R O M E D I O					0.080	0.034	14	15.9	9.2

nd: información no disponible.

CUADRO Nº 6.05

CONSUMO MADERA EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

TIPOS DE VIVIENDAS	AREA DE CONST M ²	AREA DE ENCOF M ²	VOLUMEN DE CONCRETO M ³	VOLUMEN DE MADERA M ³	CONSUMO DE MADERA			COSTO DIRECTO	
					$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^3 \text{ conc}}$	$\frac{m^3 \text{ mad}}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{pt}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{US\$}{m^2 \text{ cons}}$	$\frac{L}{c.d}$
G.M.L. 1 sot. 8pisos	2,663	7,454	1,094	44.3	0.041	0.017	07	nd	nd
G.M.L. 2 sot. 16pisos	9,500	24,415	3,705	145.1	0.039	0.015	07	22.5	6.7
G.M.L. 2 sot. 13pisos	11,400	24,248	3,876	144.1	0.037	0.013	05	nd	nd
G.M.L. 1 sot. 12pisos	13,500	32,309	4,803	192.0	0.040	0.014	06	nd	nd
H.V.S.A. 1sot.12pisos	4,607	11,499	2,061	52.9	0.026	0.012	05	17.1	3.8
B.C.H.P. 4 pisos	608	1,149	187	8.3	0.045	0.014	06	nd	nd
B.C.H.P. 10 pisos	7,200	26,123	5,001	217.7	0.044	0.030	13	18.7	9.2
CAPECO 4 pisos	1,400	2,874	371	35.5	0.096	0.025	11	22.1	11.7
H.E.S. 5 pisos	2,200	7,232	827	99.0	0.120	0.045	19	33.7	12.7
ENACE 4 pisos	1,152	2,885	289	11.5	0.040	0.010	04	18.0	15.2
P R O M E D I O					0.053	0.020	08	22.0	9.9

nd: información no disponible.

Los coeficientes de consumo promedio obtenidos fueron de 0.053 $m^3_{\text{mad}}/m^3_{\text{conc}}$ y de 0.020 $m^3_{\text{mad}}/m^2_{\text{cons}}$ equivalente a 8 pies tablares por metro cuadrado de construcción. Como se puede observar, el consumo de madera en edificios multifamiliares es 35% menor que en viviendas unifamiliares, no obstante que en edificios en altura se utiliza mucho más concreto y por lo tanto más superficie encofrante, que en viviendas de 1 y 2 pisos de altura.

La explicación es que en viviendas unifamiliares se utiliza el encofrado tradicional de madera aserrada y en edificios multifamiliares se emplea el tablero contrachapado de madera, especialmente si se trata de concreto caravista. Si bien la inversión es mayor, el acabado final es mejor, y tanto el consumo de madera como el tiempo de ejecución de la obra resultan ser menores.

6.6 COSTO DE LOS ENCOFRADOS

En los cuadros 6.04 y 6.05 anteriormente mencionados, también se puede observar que en el caso de viviendas unifamiliares, los encofrados de madera representan en promedio el 9.2% del costo directo de la obra, teniendo un costo de US\$ 15.90 por metro cuadrado de construcción. En edificios multifamiliares los costos de los encofrados representan el 9.9% del total de la obra y su costo unitario es de US\$ 22.0 por metro cuadrado techado.

Como se observa, en edificios multifamiliares el costo unitario de los encofrados es mayor pero inciden menos en el costo directo de la obra, comparándolo con las viviendas unifamiliares, donde los encofrados cuestan menos pero inciden más en el presupuesto de obra. La explicación podría ser la mayor productividad que se obtiene en la construcción de edificios en altura, característicos por su repetitividad de la planta arquitectónica, lo cual no sucede en viviendas unifamiliares, que requieren en cada caso de encofrados distintos.

6.6.1 Costos comparativos entre un encofrado de madera y un encofrado metálico para losas aligeradas de techo

En el cuadro Nº 6.06 se observa la composición de dos análisis de costos unitarios para encofrados de losas aligeradas, el tradicional de madera y un encofrado metálico perteneciente a la Empresa Constructora H.V.S.A. Como se aprecia los costos por metro cuadrado del encofrado tradicional son de US\$ 7.41, es decir más del doble del costo del encofrado metálico, que es de US\$ 3.58, cuya vida útil fue considerada en 1000 usos.

No hay duda que en término de reutilizaciones, el encofrado metálico puede llegar a ser una opción más económica que la madera, aunque con una inversión inicial muy alta, que la hace rentable solamente para construcciones masivas o de gran repetitividad.

Si asumiéramos que el costo de S/. 3.30 soles (US\$ 1.51) de alquiler del equipo metálico para un m^2 de losa aligerada está prorrateado en 1,000 usos, significaría que la inversión inicial es de US\$ 1,510 dólares por metro cuadrado de losa (incluyendo la utilidad por el arriendo del equipo).

CUADRO Nº 6.06

COSTOS COMPARATIVOS DE ENCOFRADOS DE LOSAS ALIGERADAS

		ENCOFRADOS DE MADERA			ENCOFRADOS METALICOS		
MATERIALES	UND	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
Alambre Negro # 18	Kg.	0.1000	1.42	0.142	0.0115	1.42	0.02
Clavos de Construcción	Kg.	0.1000	1.42	0.142	0.0444	1.42	0.06
Madera							
Tornillo	pt.	3.7255	1.90	7.079	0.0711	1.90	0.14
Petróleo Diesel # 2	gl.	0.05	2.86	0.143	0.05	2.86	0.14
SUBTOTAL				7.506			0.36
MANO DE OBRA							
Capataz	hh.	0.0571	6.08	0.347	-----	----	----
Operario	hh.	0.5714	5.53	3.160	0.5333	5.53	2.95
Oficial	hh.	0.5714	4.50	2.571	0.2667	4.50	1.20
Peón	hh.	0,5714	4.04	2.308	-----	----	----
SUBTOTAL				8.386			4.15
EQUIPOS							
3% de mano de obra	Z	0.03	8.386	0.252			
Vigueta Extensible (alq.7 días)	Jgo de 24				0.8000	2.31	1.85
Puntales Metálicos (alq.7 días)	Jgo de 27				0.9000	1.61	1.45
SUBTOTAL				0.252			3.30
TOTALES S/.				16.144			7.81
US\$				7.41			3.98

FUENTE: Empresa Constructora H.V.S.A.

Una empresa constructora no podría conservadoramente tener menos de 1,000 m², lo que significa una inversión de más de un millón de dólares descontando la posible utilidad del arrendamiento. Esta inversión inicial limita el uso del encofrado metálico para ciertos volúmenes de obras o ciertas empresas constructoras, lo cual no dejan de ser casos aislados, en relación a la actividad de construcción del total del país, donde más el 30 - 50% de las viviendas son ejecutadas por autoconstrucción.

6.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El consumo de madera en encofrados en Perú puede considerarse como relativamente eficiente en razón del alto costo de la madera, alrededor de US\$ 430 dólares por metro cúbico. La especie mayormente utilizada es el Tornillo, aunque también se utiliza la Moena Amarilla y diversas variedades de Roble. Las características físico-mecánicas del Tornillo, permiten que la madera sea utilizada en promedio 6-10 veces. Toda la madera utilizada proviene de bosques naturales tropicales. En el caso del mercado de Lima, viene de la Selva Central y de la zona de Ucayali. Ultimamente, se está utilizando madera rolliza de plantaciones de Eucalipto proveniente de la Sierra.

La otra razón que explicaría el moderado buen uso de la madera en encofrados, es el hecho que lo más común en viviendas unifamiliares, es sub-contratar a un encofrador que viene con su madera a la obra y una vez concluido el encofrado, retira su madera para ser utilizada en la siguiente obra. De esa manera, el sub-contratista cuida la madera porque representa su capital de trabajo, obteniendo así una alta reutilización de la misma.

Esta modalidad de sub-contratación de encofrados, ha limitado la presencia de empresas grandes especializadas en el alquiler o venta de encofrados, observándose que no más de 5 empresas ofertan este tipo de servicio en el sector de construcción.

Desde el punto de vista de la *producción de materia prima* se observan muchas deficiencias respecto a la estandarización de dimensiones y a la calidad de la madera. El sistema de intermediación en la comercialización de la madera provoca el aumento de precio pero no de calidad ni de valor agregado de la madera. De alguna manera el comercializador ha sido obligado a comprar la madera "al barrer", es decir se compran lotes de piezas buenas y malas. Por otro lado el consumidor ha sido acostumbrado a comprar la madera sin estar agrupada ni clasificada en los depósitos o reaserraderos.

Otro problema existente en bosques tropicales heterogéneos, como es en el caso del Perú, es la explotación selectiva de especies como por ejemplo el Tornillo usado para encofrados y estructuras de madera, que cada día se agota más sin ser reforestado o simplemente cada vez se encarece más por alejarse de los centros de transformación y de consumo de la madera.

En cuanto a la *normalización* existen algunos avances realizados como consecuencia del interés de la Junta del Acuerdo de Cartagena durante 15 años, de incorporar a la madera a la economía de los 5 países integrantes del Pacto Andino, a través de su uso como material de construcción. Estos beneficios sin embargo, no abarcaron el uso de la madera en encofrados, aunque existe una norma de agrupamiento de especies para fines estructurales, basada en una regla de clasificación visual y en ensayos mecánicos realizados durante los proyectos de la JUNAC, que podría ser utilizada para agrupar estructuralmente a la madera de encofrados.

Ultimamente se ha aprobado un "*Código de Diseño y Construcción con Madera*", que tampoco abarca el uso de la madera en encofrados. Sin embargo los avances realizados en materia de normas para la madera

como material estructural, pueden ser aplicadas a los encofrados, pues estos también cumplen con una función estructural. Este aspecto le correspondería ser aplicado por iniciativa del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda - ININVI.

En relación a la *capacitación* para profesionales sobre el tema de encofrados de madera, ésta se imparte en las facultades de ingeniería civil de las universidades del país, que no ofrecen la carrera de Construcción Civil. Adicionalmente, el tema de los encofrados en general, es estudiado a través de cursos y seminarios auspiciados por el American Concrete Institute-ACI Capítulo Peruano, la Asociación de Productores de Cemento-ASOCRM y el Colegio de Ingenieros del Perú-CIP.

La capacitación de obreros y carpinteros está a cargo del Servicio Nacional de Capacitación de la Industria de la Construcción (SENCICO), que cuenta con cuatro especialidades, una de las cuales es precisamente la de encofrados de madera, que está dirigido a diferentes niveles de calificación. Recientemente SENCICO ha sido autorizado a capacitar técnicos de construcción en carreras intermedias de 2-3 años de duración, donde también habrá oportunidad de enseñar el uso de la madera en encofrados.

Desde el punto de vista *tecnológico* se observan algunos problemas serios que atentan contra un mejor uso de la madera. Uno de ellos, es la poca o casi nula industrialización de los encofrados de madera. No existen empresas especializadas que oferten sistemas industrializados de encofrados de madera aserrada o madera contrachapada. Esta carencia representa un obstáculo que probablemente sea resuelto por la propia oferta y demanda del mercado.

Los otros dos problemas existentes son el alto costo de los desmoldantes, que obliga a ser reemplazado por alternativas menos eficientes, como el petróleo común y la ausencia de tableros contrachapados hidrorresistentes con colas fenólicas. Sólo se fabrican tableros de uso interior con colas de formaldehído y sin ningún tipo de tratamiento en la superficie que aumente la vida útil de los mismos. En los últimos meses y en vista de la expectativa de reactivación del sector de construcción, se han empezado a importar tableros y sistemas de encofrados de Chile y Argentina.

En ese sentido los aspectos del mercado de la oferta y demanda de encofrados de madera, se han visto afectados por la recesión del país en general y la crisis del sector de la construcción en particular en los últimos 10 años. Actualmente los depósitos madereros venden sólo el 30% de la madera destinada a la construcción, cuando antes este sector representaba el 80-90% de las ventas. Las últimas medidas adoptadas por el gobierno en favor de la construcción y la propia reactivación económica del país, hacen prever una pronta reversión de la situación.

En el contexto de la situación antes descrita, es posible sugerir algunas recomendaciones que podrían hacer más eficiente el uso de la madera en encofrados:

- a) **Producción de materia prima**
 - Promover la creación de Centros de Acopio de materia prima en las zonas de producción, con disponibilidad de servicios de

preservación y sobre todo de secado de la madera.

- Implementar programas integrados de corte de las trozas para reducir el porcentaje de desperdicios, estimulando el pre-dimensionamiento de las tablas para encofrados en función de las secciones preferenciales más utilizados, es decir 1½ x 8", 1½ x 10" y 1½ x 12, en largos de 8, 10 y 12 pies.
 - Identificación de nuevas especies forestales, que sustituyan al Tornillo, por especies más abundantes y de similares propiedades físico-mecánicas, como en el caso del Cachimbo, el Utucuro o el Lagarto de la zona de Pucallpa y el Nogal Amarillo, el Palo Hueso, el Manzano, etc. provenientes de la Selva Central.
 - Perfeccionar la calidad de los tableros contrachapados introduciendo especies madereras más resistentes, colas fenólicas hidrorresistentes y superficies de revestimiento apropiadas para aumentar la vida útil de los tableros en contacto con el concreto.
- b) **Normalización**
- Desarrollar una Regla de Clasificación Visual por defectos con sus respectivas tolerancias, para madera de encofrado, que está destinada a soportar esfuerzos no permanentes, pero que requieren de un proceso de análisis y diseño estructural.
 - Establecer un grupo estructural de maderas para encofrados tomando como base la Norma Técnica de Edificación E.101 "*Agrupamiento de Madera para Uso Estructural*" que establece los valores de densidad, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C.
- c) **Capacitación**
- Elaboración de material didáctico y libros de consulta referidos al uso de madera en encofrados, dirigidos a diferentes niveles de enseñanza como por ejemplo: manuales técnicos, manuales prácticos y cartillas técnicas.
 - Implementar la carrera y la capacitación de "*Clasificadores de Madera*" como una especialización de estudios de mando medio.
 - Estimular el desarrollo de tesis universitarias sobre sistemas de encofrados de madera, especialmente para alumnos de Ingeniería Civil, con el apoyo de empresas constructoras y centros de investigación.
- d) **Tecnología**
- Promover la creación de soluciones industrializadas de encofrados y el establecimiento de empresas especializadas que brinden asesoría técnica y servicio de alquiler-venta de sistemas prefabricados de encofrados de madera aserrada.
 - Introducir nuevos tipos de desmoldantes, cuya calidad y precio, estimule su utilización en la construcción de viviendas unifamiliares y edificios de tamaño mediano.

e) **Mercado**

- Realizar un estudio de mercado para identificar las actuales y potenciales oportunidades de promoción comercial de elementos de construcción en general y de encofrados de madera en particular.
- Promover un "Concurso de Ideas" entre estudiantes y profesionales de la construcción con el propósito de encontrar nuevas soluciones y sistemas industrializados de encofrados de madera.

f) **Apoyo Institucional**

- Apoyar la implementación del Instituto Superior Enrique Meiggs de la Construcción, auspiciado por SENCICO, que capacitará por primera vez en el Perú, a técnicos de la construcción de formación intermedia, que podrían especializarse en el uso de la madera en encofrados de concreto.
- Auspiciar acciones coordinadas en el mejor uso de la madera en encofrados y la elaboración de un plan de acción sobre los encofrados de madera por parte de instituciones como la Asociación de Productores de Cemento, el Capítulo Peruano de la American Concrete Institute, SENCICO, la Confederación Nacional de la Madera, la Cámara Nacional Forestal y la Cámara Peruana de la Construcción.

Finalmente, es necesario tomar en cuenta y aprovechar las ventajas de integración comercial existentes en el marco del Pacto Andino, cuyo órgano técnico es la Junta del Acuerdo de Cartagena que tiene sede en Lima. Asimismo los países miembros Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, forman parte del Tratado de Cooperación Amazónico conjuntamente con otros países latinoamericanos, y que a partir de 1994 la Secretaría Pro Tempore también tendrá su sede institucional en Lima-Perú.

Asimismo, en el Perú y en otros países con recursos forestales tropicales, se vienen implementando hace algunos años los Planes Nacionales de Acción Forestal auspiciados por FAO y diferentes agencias de Cooperación Técnica Internacional. En el caso del Perú, existen diversos proyectos de aprovechamiento industrial de la madera para su uso como material de construcción, que podrían incorporar actividades relacionadas con el uso de la madera en encofrados.

7.0 EFECTO MULTIPLICADOR DEL USO DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.

En reciente investigación denominada "*Madera, Vivienda y Economía en Latinoamérica*" ^{3/}, se demostró que la construcción con madera era una mejor alternativa que la construcción "tradicional" que utiliza el cemento, el fierro y el ladrillo, por su efecto multiplicador en la economía de los países latinoamericanos, desde el punto de vista de la generación de empleos, del consumo de energía y de los requerimientos de bienes de capital para la fabricación de los materiales de construcción.

1/ Arbaiza M. Christian. (1993)

En efecto, luego de investigar el proceso de producción de cada uno de los materiales de construcción desde la perspectiva de estas tres variables, se hizo una simulación de solucionar el déficit habitacional existente en el Perú con 4 sistemas constructivos distintos, comprobándose que las construcciones con madera además de ser más económicas que las construcciones "tradicionales", ofrecían como ventaja adicional, una generación de empleos 77% mayor, un consumo de energía 58% menor y una inversión en bienes de capital 23% menor para el país.

Estas conclusiones se basaban en el uso de la madera como material estructural, pero los resultados no son los mismos cuando se compara los encofrados de madera con su competencia, que serían los encofrados metálicos. En otras palabras, se trataría de conocer cuál es el efecto multiplicador desde las tres variables antes mencionadas, si todas las construcciones usaran encofrados metálicos versus la alternativa actual de usar encofrados de madera.

Si hipotéticamente se pudiera solucionar de una sola vez, la construcción de las viviendas necesarias para solucionar el déficit habitacional de Latinoamérica calculado en 24 millones de unidades, la única ventaja de utilizar encofrados de madera sería desde el punto de vista de la creación de nuevos puestos de trabajo, pues generaría 2.8 veces más empleos que si se usaran encofrados metálicos. Sin embargo estos últimos tendrían a su vez, la ventaja de consumir 65% menos de energía y requerir 63% menos de maquinaria y otros activos fijos tangibles necesarios para la fabricación del acero, en comparación con los requeridos para la transformación de la madera.

Una primera razón que explica este resultado contrario sería, que en la investigación mencionada se comparó una vivienda de madera con una vivienda tradicional de ladrillo, cemento y fierro de construcción, donde este último insumo interviene minoritariamente en la edificación y donde más bien predomina fundamentalmente el concreto y la mampostería de ladrillo. En el caso de la comparación de los encofrados, el acero interviene mayoritariamente en el sistema y por lo tanto su efecto multiplicador se hace notar de otra manera.

Una segunda explicación tiene que ver con el proceso de transformación de la materia prima para obtener en cada caso, el propio material de construcción. Se puede hablar de una industrialización del acero, pero difícilmente se puede afirmar que en Latinoamérica exista una verdadera industrialización de la madera, especialmente si ésta es simplemente aserrada.

La heterogeneidad del bosque, los procesos de extracción de la materia prima, los aspectos climáticos, los desperdicios durante la transformación y la cadena de comercialización, hacen que la "industrialización" de la madera genere efectivamente, muchos puestos de trabajo pero al mismo tiempo resulte proporcionalmente consumidora de energía (sobre todo si se considera el proceso de secado al horno) y demandante de bienes de capital, todo ello en razón de la baja productividad durante todas las etapas de la llamada "cadena maderera".

Esta conclusión reafirmaría la necesidad de optimizar y hacer más eficiente el uso de la madera en encofrados, cuyo uso además resulta siendo temporal. La alternativa podría ser aumentar el valor agregado que se le da actualmente a la madera, por ejemplo, con un mayor uso como material estructural permanente en la construcción de edificaciones.

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En el cuadro Nº 8.01 se observan las principales características del sector de vivienda y construcción de los seis países analizados.

CUADRO Nº 8.01

CARACTERISTICAS DEL SECTOR VIVIENDA Y CONSTRUCCION

	MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	BRASIL	PERU
POBLACIÓN	65'200,000	10'782,000	32'608,687	13'417,900	146'900,000	22'128,466
Nº DE VIVIENDAS	17'700,000	2'339,281	8'515,441	3'260,674	35'578,857	4'363,436
DEFICIT HABITACIONAL	6'400,000	630,000	2'700,000	700,000	6'655,000	1'300,000
CONSTRUCCIÓN ANUAL	625,000	60,000	128,326	70,000	880,000	70,000
PBI CONSTRUCCIÓN	5.0%	2.8%	4.8%	5.4%	7.4%	6.0%
MATERIAL PREDOMINANTE						
- Pisos	Cemento	Entablado	Mosaico	Cemento	Cemento	Cemento
- Paredes	Maestería	Maestería	Maestería	Maestería	Maestería	Maestería
- Techos	losa conc. bovedilla	teja, losa conc.	losa conc. mosaico	asbesto cemento	teja barro	losa alig. losa conc.
USO DE MADERA						
- Paredes	8.0%	9.2%	6.7%	20.0%	20.2%	14.8%
- Techo	53.0%	81.0%	52.1%	80.0%	93.6%	69.0%
TIPOS DE VIVIENDA						
- Unifamiliares	84.2%	92.2%	81.8%	n.d	90.0%	95.0%
- Multifamiliares	15.8%	7.8%	18.2%	n.d	10.0%	5.0%

FUENTE : Resumen del Informe

n.d : Información no disponible

El déficit habitacional en los seis países analizados, afecta aproximadamente a 1/3 de la población, siendo que el déficit en Chile, Brasil y Perú se ubica por debajo del tercio y en México, Ecuador y Argentina por encima del promedio. En total, el déficit habitacional de los 6 países asciende a 19 millones de unidades para una población de 291 millones de habitantes, estimándose que a nivel latinoamericano, el déficit es aproximadamente de 24 millones de viviendas.

El ritmo de construcción anual es equivalente en Ecuador, Chile y Perú con un promedio de 60 - 70,000 viviendas, siendo los dos más altos, el de México con más de 600,000 unidades y el de Brasil con más de 800,000 viviendas. El sector de construcción participa en promedio en alrededor del 5% del PBI total, siendo el más dinámico el de Brasil con 7.4% y el más bajo el de Ecuador, que en el período 1986 - 1992 fue de 2.8%.

El sistema constructivo más utilizado se basa en el uso del cemento y el concreto armado y es considerado como el sistema "tradicional" de construcción. En el caso de pisos, el material predominante es el cemento, a excepción del Ecuador que utiliza más la madera (sobre cemento). En paredes, la mampostería de ladrillo cerámico o bloque de concreto es la más utilizada en todos los casos. En los techos se utiliza la losa de concreto o losa aligerada con diferentes tipos de cobertura.

Como se dijo anteriormente, el uso de la madera de encofrado está íntimamente ligada al uso del concreto y como puede observarse en Latinoamérica existe una cultura predominante del uso del concreto, aunque se observa que últimamente la madera tiende a tener una mayor presencia en las paredes (13% en promedio) y especialmente en los techos (72% en promedio).

Finalmente, las cifras estadísticas indican que el tipo de vivienda más común en las ciudades de los 6 países estudiados, es la vivienda unifamiliar de 1 y 2 pisos de altura, que representa en promedio más del 88% del total del parque inmobiliario. Este aspecto es sumamente importante para efectos del presente estudio, pues no obstante que últimamente, los encofrados metálicos han reemplazado parcialmente a los encofrados de madera en la construcción de edificios multifamiliares, esto no ocurre en la construcción de viviendas unifamiliares, donde los encofrados de madera son los más utilizados.

Esta tendencia de construcción confirma la hipótesis que la madera fue, es y será el material predominante para su uso como encofrado, razón por la cual deben implementarse acciones que racionalicen y optimicen su uso en el más breve plazo. Esto es particularmente importante, si tomamos en cuenta que en algunos países la auto-construcción de vivienda de baja densidad sigue siendo la fórmula más utilizada para resolver el problema del déficit habitacional.

En el cuadro Nº 8.02 se describen las características más importantes del sector forestal de los 6 países investigados. Como se observa, las reservas forestales disponibles en los países analizados son inmensas, destacando Brasil que dispone del 63% de la Cuenca Amazónica, seguido de Perú que comparte el 11% de dicha extensión forestal, que es a su vez la más grande reserva de bosque tropical del mundo.

Las reservas forestales ocupan en promedio el 32% del total del territorio, siendo Ecuador, Brasil y Perú los países con mayor porcentaje de recursos forestales que ocupan el 42, el 48 y el 59% del territorio respectivamente. El porcentaje más pequeño de bosques en relación al total del territorio, corresponde a Chile con el 7.5%, seguido por Argentina con el 13% y por México con el 20%.

Las más altas superficies reforestadas se observan en Brasil con 6'200,000 ha y en Chile, México y Argentina con valores que fluctúan entre 1'000,000 y 1'400,000 ha. El esfuerzo de reforestación en Perú y Ecuador es aún más bajo sobre todo en proporción al potencial de tierras disponibles para tal efecto. Precisamente en los 4 países con las más grandes plantaciones forestales, la madera reforestada es la que más se utiliza en encofrados de construcción, siendo el caso más impactante, el proceso que se viene desarrollando en Chile con el Pino Radiata.

CUADRO Nº 8.02

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL SECTOR FORESTAL

	MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	BRASIL	PERU
RESERVAS :						
- Forestales (ha)	38'890,000	11'500,000	36'000,000	5'500,000	406'200,000	75'784,000
- Coníferas (ha)	18'660,000	78,000	1'000,000	1'400,000	6'200,000	263,000
- Latifoliadas (ha)	20'228,000	11'422,000	35'000,000	4'100,000	400'000,000	75'521,000
OCUPACION TERRITORIAL	20%	42%	13%	7.5%	48%	59%
REFORESTACION TOTAL	1'300,000	78,000	1'100,000	1'400,000	6'200,000	263,000
Nº de Aserraderos	1,543	566	1,300	1,618	14,000	540
Produc. Maderera (m³)	5'509,000	1'450,000	1'100,000	3'060,000	10'400,000	489,300
Nº de Industrias de Contrachapados	35	06	22	n.d	n.d	10
Produc. Tableros (m³)	184,000	78,000	56,800	272,000	1'251,000	23,700

FUENTE : Resumen del Informe
n.d : Información no disponible

En el cuadro Nº 8.03 se observa el consumo percapita de madera aserrada y tableros contrachapados de los 6 países estudiados.

Como se mencionó anteriormente, es impactante la dinámica de producción de madera aserrada y tableros contrachapados implementada en Chile, sobre todo si se compara con el volumen de recursos forestales disponibles. Asimismo, no deja de llamar la atención el caso del Ecuador, tanto por el consumo per capita de tableros contrachapados, como por la producción de madera aserrada, aunque en este último caso, el 55% de la producción se realiza con la utilización de motosierras. Precisamente, la "madera de monte" explotada por los motosierristas se destina principalmente al mercado de construcción para su uso como encofrados de concreto.

De la producción total de madera aserrada, se calcula que el mercado principal es el sector de construcción que asume entre un 40 - 60%, seguido por el mercado de muebles que absorbe entre el 20 y 40% de la producción y el resto por otras industrias de diferente valor agregado.

Existe una gran divergencia de unidades de medición en la comercialización de la madera de los 6 países estudiados. En México y en el Perú se utiliza el pie tablar (board feet) que es una medida nominal de 1" de espesor x 12" de ancho x 12" de largo. En Ecuador se mide los largos en pies y varas, los espesores en pulgadas y los anchos en centímetros. En Brasil y en Argentina se comercializa en

metros cúbicos y finalmente en Chile, se emplea la pulgada maderera que es de 1" de espesor, 10" de ancho y 3.2 m de largo para madera de pino y 3.6 m para madera nativa.

CUADRO Nº 8.03

CONSUMO PER CAPITA DE MADERA ASERRADA Y TABLEROS CONTRACHAPADOS 1985-1990
(m³/1000 hab. per capita)

	AÑOS	MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	BRASIL	PERU
MADERA ASERRADA	1985	32	127	39	122	130	28
	1990	35	132	54	173	117	43
TABLEROS CONTRACHAPADOS	1985	3.5	4.9	1.4	1.4	4.4	1.0
	1990	1.8	5.4	1.8	2.5	6.2	2.4

FUENTE : Proyecto PD 137/91 "Estrategias para la Industria Sostenida de la Madera en Ecuador". 1993

En el cuadro Nº 8.04 se muestra los coeficientes de consumo de madera en encofrados y el número de usos o reutilizaciones de acuerdo al tipo de producto utilizado.

Se puede observar que la madera más utilizada en los encofrados de concreto, es el Pino reforestado de diferentes especies forestales. En menor medida, se utiliza en Ecuador, Brasil y Perú la madera rolliza especialmente el Eucalipto para puntales o pies derechos. En Ecuador al igual que en Colombia, se utiliza mucho el Bambú para diversos usos, especialmente en las zonas de la Costa. Las especies latifoliadas se usan en Brasil y especialmente en Ecuador y Perú.

En cuanto al número de usos de la madera aserrada en encofrados se observa una mejor reutilización en México, Brasil y Perú, siendo moderada en Argentina y Chile y muy pobre en Ecuador. La explicación del bajo nivel de utilización en este último país, se debe al bajo costo de la "madera de monte" utilizada en encofrados, que fluctúa en US\$ 40 - 60 por metro cúbico, en comparación con el Pino Radiata de Chile cuyo costo de US\$ 150 por metro cúbico o la madera Tornillo que se usa en el Perú, cuyo costo aproximado es de US\$ 430.

En relación a los coeficientes de consumo de madera en encofrados, se debe diferenciar, el consumo en viviendas unifamiliares del consumo de madera en edificios multifamiliares, por requerir éstos últimos mayor cantidad de concreto armado y por lo tanto, mayor cantidad de superficie encofrante, ya sea ésta de madera aserrada o de tablero contrachapado.

En el caso de las casas o viviendas unifamiliares, el consumo promedio fue de 0.13 m³ madera por m³ de concreto. El consumo promedio por área techada fue de 0.027 m³ madera por m² de construcción o lo que es lo mismo 12 pies tableros por m² de área techada. El consumo en Argentina y Brasil fue el más bajo (0.014 y 0.017 m³ mad/m² cons) seguido por el de Chile y México (ambos de 0.023 m³ mad/m² cons), el del Perú con

0.034 m³ mad/m² cons y con un consumo más alto, Ecuador con 0.052 m³ mad/m² cons.

CUADRO Nº 8.04

COEFICIENTES DE CONSUMO DE MADERA EN ENCOFRADOS

	MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	BRASIL	PERU	
- TIPO ESPECIE	Pino	Latifoliada, Eucalipto, Bambú.	Pino	Pino	Pino, Latifoliada	Latifoliada	
- Nº DE USOS MADERA	04-12	01-03	03-06	02-06	04-10	04-14	
- Nº DE USOS TRIPLAY	07-30	08-10	15-25	08-20	10-20	03-05	
- CONSUMO DE MADERA							
$\frac{m^3}{m^2 \text{conc}}$	CASAS	0.080	0.29	0.08	0.12	n.d	0.080
	EDIFICIOS	n.d	0.13	0.10	0.11	0.12	0.053
$\frac{m^3}{m^2 \text{cons}}$	CASAS	0.023	0.052	0.014	0.023	0.017	0.034
	EDIFICIOS	n.d	0.059	0.030	0.037	0.043	0.020
pt	CASAS	10	22	06	10	07	14
$\frac{m^2}{m^2 \text{cons}}$	EDIFICIOS	n.d	25	13	16	18	08

FUENTE : Resumen del Informe. Empresas Constructoras
n.d : Información no disponible.

El menor consumo de madera de encofrado en viviendas en Argentina, Brasil y México, se debe al tipo de sistema constructivo empleado en entresijos y techos, ya que últimamente se está utilizando las viguetas prefabricadas de concreto y ladrillos o bovedillas que reducen notablemente los requerimientos de encofrados. En Chile se utiliza mucho la madera sobre todo en techos. En el caso del Perú, el mayor consumo se explica por el uso de la losa aligerada vaciada in situ que requiere de encofrado y en el caso del Ecuador se explica por el bajo nivel de reutilización de la "madera de monte".

Para edificios multifamiliares el consumo de encofrados es mayor que para viviendas unifamiliares, por el mayor requerimiento de concreto armado en la estructura. El consumo promedio fue de 0.10 m³ de madera por m³ de concreto o de 0.038 m³ madera por m² de construcción, es decir 16 pies tablares por m² de área techada. Esto significaría que en promedio, los edificios consumen casi 40% más de madera por unidad de construcción, que las casas o viviendas unifamiliares.

En el caso de los edificios, donde se consume predominantemente tableros contrachapados en vez de madera aserrada como en viviendas, los consumos más altos se observaron en Ecuador (0.059 m³ mad/m² cons), más moderadamente en Argentina, Chile y Brasil con 0.030, 0.037 y 0.043 m³ mad/m² cons respectivamente, siendo el más bajo en Perú con 0.020 m³ mad/m² cons ó lo que es lo mismo 8 pies tablares por m² de área techada.

Si tomáramos en cuenta los coeficientes de consumo de productos madereros en encofrados y los multiplicáramos por el número de viviendas unifamiliares y multifamiliares construidas anualmente por país, los encofrados de madera serían responsables por un consumo promedio del 16.9% de la producción total de madera aserrada y tableros contrachapados. Los valores obtenidos son: 16.4% en México, 14% en Ecuador, 27.6% en Argentina, 6.0% en Chile (sólo considerando el consumo aparente a nivel nacional), 10% en Brasil y 27.6% en Perú.

Como se mencionó anteriormente, se considera que el sector de construcción consume en general entre el 40 y el 60% de la producción de madera aserrada y tableros contrachapados. Si los encofrados de madera consumen menos del 20%, eso significa que existen otros usos de la madera en construcción, como son: elementos estructurales, carpintería, acabados y sobre todo techos de madera, que consumen el resto de la producción. Es probable sin embargo, que los encofrados de madera representen el producto de consumo más importante en el sector de construcción.

Finalmente en el cuadro Nº P.05 se observa la incidencia de los costos de los encofrados en relación a los costos directos de la obra.

CUADRO Nº 8.05

INCIDENCIA DE LOS COSTOS DE LOS ENCOFRADOS EN EL COSTO DIRECTO DE LA OBRA

		MEXICO	ECUADOR	ARGENTINA	CHILE	BRASIL	PERU
- COSTO ENCOFRADOS							
US\$ m ² cons	CASAS	12.03	2.70	\$ 26.26	\$ 18.01	n.d	\$ 15.9
	EDIFICIOS	n.d	13.13	\$ 56.10	\$ 19.73	\$ 12.20	\$ 22.6
% c.directo	CASAS	6.0 %	2.4 %	3.6 %	7.3 %	n.d	9.2 %
	EDIFICIOS	n.d	4.6	9.4 %	8.5 %	9.7 %	9.9 %

FUENTE : Resumen del Informe. Empresas Constructoras.

n.d : Información no disponible.

En el caso de las viviendas, el costo promedio de los encofrados fue de US\$ 15 por m² de área techada y en el caso de los edificios multifamiliares de US\$ 24.63. Estos costos inciden en promedio en el 5.7 y 8.4% del costo directo de la obra y constituyen el único componente de costo variable de una obra, especialmente en el caso de las estructuras. De los costos de los encofrados y de la eficiencia de su uso, depende muchas veces que se gane una licitación pública o un concurso de precios, especialmente en grandes obras de edificación.

Un último comentario que puede deducirse del cuadro anterior, son los altos costos por metro cuadrado de los encofrados en Argentina, en razón del costo de la mano de obra. Caso contrario ocurre en Ecuador donde el costo de la mano de obra y de la madera de encofrado, hacen que su valor resultante en ambos tipos de vivienda sea más bajo y su incidencia en el costo directo total de la obra, menos relevante.

Resulta interesante mencionar que existen una serie de estandares que las compañías constructoras usan cuando calculan los volúmenes de consumo de la madera y del concreto. Por ejemplo, en casi todos los países se considera que se requiere multiplicar por 2 a 2.5 veces el área techada, para calcular el área de la superficie encofrante o como también se le llama la "superficie mojada".

Asimismo, en Brasil, la Editorial PINI especializada en construcción, considera que se necesita en promedio 12 m² de superficie encofrante por m³ de concreto utilizado en la obra. En Argentina se asume un consumo de concreto de 0.18 - 0.20 m³ por m² techado si no se incluye la cimentación y de 0.22 a 0.24 m³ de concreto por m² de construcción, si se incluye la cimentación. En Perú, esta cifra se eleva a 0.39 m³ de concreto por m² de área techada, en razón tal vez de los requerimientos sismo-resistentes de las edificaciones.

A continuación se proponen algunas recomendaciones de carácter sub-regional o latinoamericano, que pudieran implementarse con el propósito de optimizar el uso de la madera aserrada y los tableros contrachapados en los encofrados de concreto:

a) Producción de materia prima

- Identificar nuevas especies forestales que substituyan en calidad y durabilidad, a las que actualmente se comercializan en el mercado, haciendo más rentable la explotación y reforestación del bosque.
- Mejorar la extracción y transformación de la madera en general (no sólo la de encofrados), identificando un programa de optimización desde el proceso primario de transformación, que elimine desperdicios y que aumente el control de calidad en los aserraderos. Esto podría facilitar la reducción de costos, utilizando los remanentes de tablas y tablillas para la prefabricación de encofrados.
- Aumentar el valor agregado de la madera de encofrado, estableciendo grados de calidad, secándola al horno y ofertando madera cepillada y no simplemente aserrada.
- Perfeccionar la calidad de los tableros contrachapados introduciendo especies madereras más resistentes, colas fenólicas hidrosistentes y superficies de revestimiento apropiadas para aumentar la vida útil de los tableros en contacto con el concreto.

b) Normalización

- Promover la creación de Grupos Estructurales de especies de madera para encofrado, que sean ofertados en el mercado con diferentes calidades y valor agregado, que permitan varias opciones de acabados y durabilidad, a precios correspondientes a la calidad del producto.
- Apoyar la elaboración de especificaciones técnicas o guías prácticas de utilización de encofrados tradicionales con madera aserrada o tableros contrachapados, en la cual se especifiquen alternativas de sistemas de encofrados, soluciones de uniones estructurales, relación o grupo de especies aparentes, cargas

admisibles, detalles constructivos y recomendaciones de buena práctica.

- Desarrollar una Regla de Clasificación Visual por defectos con sus respectivas tolerancias, para madera de encofrado, que está destinada a soportar esfuerzos no permanentes, pero que requieren de un proceso de análisis y diseño estructural.

c) Capacitación

- Elaborar material técnico y audiovisual sobre encofrados de madera, que recoja la buena experiencia de la mano de obra calificada, dirigido a personal técnico, estudiantes universitarios y profesionales de la construcción. Se pueden desarrollar manuales técnicos, manuales prácticos y cartillas técnicas.
- Coordinar acciones entre organismos latinoamericanos de capacitación de obreros y carpinteros de obra, tendientes a intercambiar experiencias y homogenizar los niveles de entrenamiento en relación al uso de la madera en encofrados.
- Evaluar el contenido y extensión de los cursos o materias básicas impartidas en las universidades, en relación al uso de los encofrados de madera, no sólo con el propósito de optimizar el recurso, sino también con la finalidad de reducir los costos de construcción. Adicionalmente se deben realizar cursos de especialización o seminarios periódicos de extensión, con énfasis en prácticas constructivas sobre nuevas técnicas de encofrado y desencofrado con madera.
- Estimular el desarrollo de tesis universitarias sobre sistemas de encofrados de madera, especialmente para alumnos de Ingeniería Civil, con el apoyo de empresas constructoras y centros de investigación.

d) Tecnología

- Estimular el diseño de nuevos y mejores sistemas de encofrados industrializados o semi-industrializados con madera aserrada y tableros contrachapados, que puedan ser utilizados tanto en edificios multifamiliares como en viviendas unifamiliares.
- Analizar las posibilidades de aplicación de nuevas alternativas de desmoldantes, en función del tipo de superficie encofrante, del acabado final del concreto, la vida útil de la madera y del costo resultante de los encofrados.
- Promover la utilización de nuevos accesorios y materiales de encofrados derivados de la madera como: clavos de doble cabeza, tableros contrachapados más resistentes, rígidos y con superficies acabadas, o nuevos productos como: los tableros de partículas de madera-cemento (tipo Bison) o los tableros aglomerados como el MDF (Medium Density Board).

e) Mercado

- Realizar un estudio de mercado para identificar las actuales y potenciales oportunidades de promoción comercial de elementos de construcción en general y de encofrados de madera en particular.

- Promover el establecimiento de empresas especializadas de encofrados de madera que ofrezcan elementos estandarizados en condición de alquiler, destinados a suplir la demanda de construcción de viviendas unifamiliares y de edificios multifamiliares de mediana altura y alta densidad.
- Promover un "Concurso de Ideas" a nivel latinoamericano, entre estudiantes y profesionales de la construcción, con el propósito de destacar la importancia de los encofrados de madera y encontrar nuevas soluciones y sistemas industrializados.

f) **Apoyo Institucional**

- Implementar un programa regional latinoamericano con el apoyo del PNUD, asociando al gremio de madereros con las instituciones que forman parte de la Federación Interamericana del Cemento o la Federación Interamericana de Cámaras de la Construcción. El uso de la madera en encofrados es un tema de recíproco interés entre madereros y productores o consumidores del cemento y del concreto.

g) **Fuentes de Financiamiento**

- Para el financiamiento del componente externo de las iniciativas propuestas, se puede buscar el apoyo de las agencias de cooperación bilateral, tales como la JICA (Japón), GTZ (Alemania), FINNIDA (Finlandia), CIDA (Canadá), SIDA (Suecia), AID (Estados Unidos), así como de agencias internacionales, tales como la OIT, la ITTO, la FAO, el PNUD, el ITC/UNCTAD/GATT, el Tratado de Cooperación Amazónico, etc. Asimismo de organismos financieros como el Banco Mundial, particularmente a través del GEF (Global Environmental Facility), o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Los recursos internos pueden ser, por lo general, disponibles como contrapartida del organismo nacional contraparte, a partir de su presupuesto.

Los proyectos podrían implementarse en el marco de los actuales procesos de integración tales como el Tratado de Libre Comercio (TLC), la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), el Grupo Andino (GRAN) o el MERCOSUR.

ANEXO Nº 1

PERSONAS CONTACTADAS

MEXICO

- 01 GREGORIO PRUZAN Director de ONUDI-México
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial - ONUDI Tel: 520-4152/250-1555 Fax: 250-4152/255-0095
- 02 Lic. ROGELIO MOLOTLA Jefe - Centro de Documentación
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. - IMCYC
- 03 Ing. EDUARDO AGUILAR Director de Capacitación
Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción -
ICIC
- 04 Soc. LAURA C. RUELAS MONJARDIN Unidad de Información
Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera - LACITEMA
- 05 JOSE JUAN BETAM Licenciado
Jefe Biblioteca - CNIC
- 06 Ing. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES Gerente de Asesorías Técnicas
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. - IMCYC
Tel: 534-1505/534-1556/534-2019 Fax: 534-2118
- 07 PETER DABERKOW R. Gerente de Producción
Cimbra-mex, S.A. de c.v. (915) Tel: 812-3000/812-3400/812-2465
- 08 Ing. ROBERT HUGOT DUVAL Gerente Técnico
Obras y Deslizados, S.A. Tel: 271-5500 Fax: 271-1472
- 09 Arq. ALEJANDRO GUERRERO QUINTERO Jefe del Dpto. de Ingeniería
Económica y de Costos - Cámara Nacional de la Industria de la
Construcción - CNIC Tel: 665-0424 Fax: 606-6720
- 10 Ing. SAUL CRUZ ROA Sub-Director de Normas
Sub-Secretaría de Vivienda y Bienes Inmuebles - Dirección
General de Normas y Tecnología para la Vivienda - SEDESOL
Tel: 271-2836/272-3850 Fax: 271-0698
- 11 Ing. GILBERTO DIAZ PAZ Gerente de Ventas
Ingeniería en Cimbras, S.A. de C.V. Tel: 390-3532/390-4990
390-6080/390-2792 Fax: 565-4753
- 12 Arq. BELINDA RAMIREZ REYES Directora General
Dirección General de Normas y Tecnología para la Vivienda -
Secretaría de Desarrollo Social - SEDESOL Tel: 271-2848
277-3515/271-3000 Fax: 271-0698
- 13 Arq. JENNY TARDAN WALTZ Presidente
Consejo Nacional de la Madera en la Construcción, A.C. - COMACO
Tel: 564-5007 Fax: 273-0933
- 14 Arq. ROBERTO S. VELAZQUEZ Director de Mercado
Panel Rey, S.A. de C.V. Tel: 531-3932/9199-250-6314/6213
Fax: 254-8268

- 15 Arq. MANUEL E. ELORZA WERSHOFFEN Gerente General
Consejo Nacional de la Madera en la Construcción, A.C. - COMACO
Tel: 564-5007 Fax: 273-0933
- 16 Arq. SOCORRO ALDANA HERNANDEZ Directora
de Materiales y Componentes - Dirección General de Normas y
Tecnología para la Vivienda - Secretaría de Desarrollo Social -
SEDESOL Tel: 277-2330 Fax: 271-0698
- 17 Arq. ERNESTO ALVA MARTINEZ Director
Desarrollo y Vivienda de INFONAVIT Tel: 550-2666
- 18 Ing. EDUARDO AGUILAR Director
Instituto de Capacitación de la Industria de la
Construcción - ICIC Tel: 595-1033/595-4520

ECUADOR

- 19 ECON. STEIN R. HANSEN Oficial de Programa
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial - ONUDI Tel: 549455/500361 Fax: (593.2) 500552/500553
- 20 JOSE FRANCO M, M.A. Director Ejecutivo
Asociación Industriales Madereras - AIMA Tel: 457746/454386
Fax: (593.2) 439560
- 21 Arq. LUIS ORUS GUERRA Gerente Regional Guayaquil
Banco Ecuatoriano de la Vivienda Tel: Directo 490680
- 22 Ing. JUAN DIAZ FALK Director de Obra
Constructora ELEPEVE S.A. Tel: 569490/563845 Fax: 564419
- 23 Ing. LUIS MESIAS CORTES Superintendente de Obras
IVSEMON S.A. Tel: 453-463/462-992 Fax: 242-375
- 24 EDUARDO MANSUR Asesor en Economía Rural
Desarrollo Forestal Participativo en los Andes Tel: 450692/434095
Fax: 593.2-442249
- 25 Ing. CARLOS BURBANO M. Director
Corporación de Desarrollo para el Sector Forestal y Maderero del
Ecuador - CORMADERA - Departamento de Propiedades Físicas y
Mecánicas Tel: 390296/390298 Fax: 593.2-439559
- 26 Ing. HUGO BRAVO BURNEO Decano
Facultad de Ingeniería - Ciencias Físicas y Matemática
Tel: 524627/505811/225423
- 27 ADRIAN MOREANO DAVILA Constructor-Ingeniero Civil
Tel: 239440/547527
- 28 FERNANDO MORENO
Dirección Nacional de Normalización - Instituto Ecuatoriano de
Normalización - INEN Tel: 541262
- 29 Arq. JOSE ORDONEZ V. Presidente
Colegio de Arquitecto del Ecuador Tel: 431001/433047 Fax: 431002

- 30 Ing. JAIME GORDON FLORES Gerente
Cámara de la Construcción de Quito Tel: 432369/432773 Fax: 431686
- 31 Lic. JORGE LUIS MESIAS Asistente Administrativo
Asociación Industriales Madereras - AIMA Tel: 457746/454386
Fax: 593.2-439560
- 32 Ing. ROBERTO MONCAYO ALVARADO Jefe Dpto. Técnico
Cámara de la Construcción de Quito Tel: 432369/432773 Fax: 431686
- 33 Ing. MARCELO TEJADA VEGA Director
AGRIFOREST CIA. LTDA. Tel: 551-713/564-236 Fax: (593) 563-815
- 34 Ing. ALBERTO ROBALINO F. Presidente Ejecutivo
Corporación de Desarrollo para el Sector Forestal y Maderero del
Ecuador-CORDEMADERA Tel: 456-660/439-558 Fax: 593.2-439559
- 35 Ing. ALONSO GRANJA Jefe de Costos
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda-Dpto. de Programación
- 36 Arq. FERNANDO CEPEDA Dpto. Diseño Regional Quito
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- 37 Arq. JULIO ANDRADA Departamento de Diseño
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- 38 Arq. MILTON ZEGARRA Dirección Técnica
Banco Ecuatoriano de la Vivienda - BEV
- 39 Ing. IGNACIO BUSTOS Asesor Técnico Principal
Proyecto "Desarrollo Forestal Participativo en los Andes" - FAO
Tel: 450-692 Fax: (593) 2442-249
- 40 Sr. OSWALDO VILLARREAL Instructor de construcción
Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional - SECAP
- 41 Sr. LORENZO VILLEGAS Instructor de construcción
Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional - SECAP
- 42 Sr. CARLOS PAREDES Jefe del Sub-Centro Construcciones
Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional - SECAP
- 43 Sr. PABLO ALOMOTO Instructor de construcción
Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional - SECAP
- 44 Ing. LUIS CARRERA DE LA TORRE Secretario
Tratado de Cooperación Amazónico - Presidente de la Comisión
Ambiental del Ecuador
- 45 Ing. LUIS LOPEZ Dpto. Técnico
Cámara de la Construcción de Quito
- 46 Arq. IVAN ZURITA Dpto. Técnico
Cámara de la Construcción de Quito
- 47 Arq. RAMIRO GUARDERAS Director
A I M A Tel: 457746 Fax: (593 2) 439560

48 Arq. DIEGO HURTADO
Programa de Capacitación - AIMA}

Coordinador

ARGENTINA

- 49 FRANCISCO SERKOVICH Director Encargado
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial - ONUDI Tel: 313-3013/3092/3153 Fax: 313-1004
- 50 ALAIN LAMBERT Oficial de Programa
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial - ONUDI Tel: 313-3013/3092/3153 Fax: 313-1004
- 51 GABRIELA MARIA RIFOURCAT Abogada
Cámara Argentina de la Construcción Asesora Legal
Tel: 382-7589/7591/2499 Fax: 812-3915
- 52 CARLOS ALBERTO MAQUIEYRA Arquitecto
Cámara Argentina de la Construcción - Dpto. Técnico
Tel: 361-5537/8778
- 53 J.E. SARAVI CISNEROS Pdte. Comisión Obras Privadas
Cámara Argentina de la Construcción Tel: 361-5537/8778
Director de Francisco Natino S.A. Tel: 814-3875 / 812-9911
Fax: 814-3874
- 54 ALICIA MARTIN - MARTA STOLKINER Arquitectas
Instituto Forestal Nacional - IFONA Tel: 345-2801 Fax: 345-2802
- 55 JULIO CESAR CABALLERO Ingeniero
Instituto del Cemento Portland Argentino Director General
Tel: 312-2727 Fax: (54-1) 312-1700
- 56 DORA DE LA TORRE Jefe Biblioteca
Instituto del Cemento Portland Argentino Tel: 312-2727
Fax: (54-1) 312-1700
- 57 FERNANDO R. LANUSSE Ingeniero
Constructora Lanusse S.A. Presidente
Tel: 343-6081/2/3 Fax: 343-6083
- 58 PABLO MIGLIORE Arquitecto
Pablo Migliore Construcciones S.A. Director
Tel: Fax: 777-5059 / 777-5060
- 59 GABRIEL BALTERA Jefe Dpto. Técnico
Presupuestos y Costos
Pablo Migliore Construcciones S.A. Tel: Fax: 777-5059 / 777-5060
- 60 HECTOR GAINZA Ingeniero
Pablo Migliore Construcciones S.A. Control de Gestión
Tel: Fax: 777-5059 / 777-5060
- 61 ESTANISLAO KOCUREK Arquitecto
KOCUREK S.A. Construcciones Vice. Presidente
Tel: 311-5270/7/8/9 Fax: (54-1) 311-4814

- 62 VIRGINIA CANTIS Arquitecta Gerente de Licitaciones
KOCOUREK S.A. Construcciones Tel:311-5270/7 Fax:(54-1) 311-4814
- 63 RODOLFO PASSARELLI Ingeniero
Asociación Técnico Constructora - ATC Departamento de Costos
Tel: 343-5783/5982/6108 Fax: 331-1719
- 64 ROBERTO FEDERICO FERNANDEZ LLANOS Arquitecto
Asociación Técnico Constructora Tel: 343-5783/5982/6108
Fax: 331-1719
- 65 MARTIN FISCHER Arquitecto
Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal - IASCAV
Tel: 345-2801 Fax: 345-2802
- 66 GUILLERMO J. ARAUJO Arquitecto
Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal - IASCAV
Tel: 345-2801 Fax: 345-2802
- 67 ADRIAN A. COMELLI Ingeniero Civil, Tel: Fax: 824-2977
- 68 PATRICIO HURTADO Coordinador
Plan de Acción Forestal - PAF Tel: 698-1486
- 69 RAMON CANALIS Ingeniero Agrónomo
MUNICIPALIDAD DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES Director General
Dirección General de Saneamiento y Espacios Verdes
- 70 VICTORIA COWES Tel: 383-1448
Secretaría de Vivienda y Calidad Ambiental - SVCA Fax: 381-9764
- 71 EDUARDO BEKINSCHTEIN Arquitecto
Universidad de Buenos Aires Director de Investigaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo Tel: 783-3267/9666
Fax: 311-0516
- 72 CECILIA DE BENEDETTI Ingeniero
Distribuidora y Comercializadora de Madera SCAVINO Tel: 805-5728
- 73 ANA MARIA MANCASOLA Arquitecta
Universidad de Belgrano - Facultad de Arquitectura Directora
Tel: 786-4183/2237/1377 781-1494/2176
- 74 MAXIMO F. LELOIR Presidente
FIPLASTO S.A. Tel: 33-7743/8601/4867/2518
- 75 OSCAR GRANDOSO Sub.Director Nacional
de Tecnología de la Secretaría de Vivienda y Calidad Ambiental
Ministerio de Salud y Acción Social
- 76 DARIO BARDI Jefe de Departamento
Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Vivienda y Calidad
Ambiental Ministerio de Salud y Acción Social

CHILE

- 77 JOSE GERARDO DE LIMA JR Director en Chile
Asesor Regional América Latina y el Caribe Organización de las
Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI
Tel: (56-2) 208-5051 Ax: 2650 Fax: 208-0252
- 78 HANS FOX TIMMLING Arquitecto
Universidad de Santiago de Chile. Director de Carrera de
Arquitectura. Doctor en Diseño Urbano Tel: 7761457 Fax: 7761581
- 79 LUIS GOMEZ Ingeniero
Universidad de Santiago de Chile. Director de Departamento de
Obras Civiles Tel/Fax: 56-2.7761581 Tel: 6811100-371
- 80 VICENTE ANTONIO PEREZ GALAZ Ingeniero Civil
Universidad de Santiago de Chile Tel: 776-2633
Departamento de Obras Civiles Tel: 221-5676
- 81 LUIS LEIVA ARAVENA Ingeniero Civil
Universidad de Santiago de Chile Tel.Fax: 56-2-776-1581
Departamento de Ingeniería y Obras Civiles Tel: 681-1100-371
- 82 SERGIO TABILO GAMBOA Arquitecto
Universidad de Santiago de Chile Tel.Fax: 56-2-776-1581
Docente del Departamento de Obras Civiles Tel: 681-1100-371
Tel: 491577 Nuñoa
- 83 JORGE RAMIREZ Arquitecto
Universidad de Santiago de Chile Tel.Fax: 56-2-776-1581
Docente de Escuela de Arquitectura Tel: 681-1100-371
- 84 HUGO BARRERA VALDES Ingeniero Civil
Universidad Santiago de Chile-Dpto. Ingeniería en Obras Civiles
Tel: 776-2633/681-1100/2370 Fax: (56-2) 681-1422
- 85 RICARDO CONTRERAS ARRIOLA Arquitecto
MURTINHO & ASOCIADOS, Arquitectos Tel: 232-2562/2563 Fax: 2317441
- 86 ISIDORO LATT ARCAVI Jefe Dpto. Estud.Técnicos
Cámara Chilena de la Construcción Tel: 233-1131 Fax: 232-7600
- 87 JOSE SANTANA VILLAGRA Gerente Zona Central
Tel: 236-0333/251-8685/8684 Fax: 235-6072
- 88 JUAN RODRIGUEZ FUENTES Depto. de Estudios
Cámara Chilena de la Construcción Tel: 233-1131 Fax: 232-7600
- 89 CLAUDIA VILCHES FURIO Bibliotecaria
Cámara Chilena de la Construcción Tel: 233-1131 Fax: 232-7600
- 90 JOSE PATRICIO RODRIGUEZ Z. Depto. de Estudios
Cámara Chilena de la Construcción Tel: 233-1131 Fax: 232-7600
- 91 FERNANDO LABRANQUE S. Constructor Civil
Constructora Aries Tel: 274-3585 Fax: 225-7934

- 92 RAUL MOHOR Propietario
Constructora Aries Tel: 274-3585 Fax: 225-7934
- 93 FERNANDO PEREZ DE ARCE LARENAS Propietario
Constructora Cerro Moreno Ltda. Tel: 672-5587/696-1145
Fax: 699-0317
- 94 PAUL MENARD ATIAS Gerente General
ONDAC - El Manual de la Construcción Tel: 223-7182 / 274-1080
Fax: 235-2858
- 95 JOSE MANUEL TAGLE C. Arquitecto
Fundación Chile Tel: 56-2-218-5211 Fax: 56-2-218-6716
- 96 LIONEL CASTRO NORDENFLYCHT Jefe Cen.Documentación
Universidad Católica de Chile - Esc. Construcción Civil
Tel: 552-2375 Anx: 571
- 97 JUAN PABLO COVARRUBIAS T. Gerente
Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón Tel.Fax: 232-6777
- 98 RENATO VARGAS S. Jefe Dpto. Técnico
Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón Tel.Fax: 232-6777
- 99 HECTOR L. AGUILERA CACERES Lic. en Arquitectura
Tel: 041-583925 Fax: 02-232-1404
- 100 RICARDO REPENNING CODDOU Ingeniero Civil
INGETASCO LTDA - Resp. de Obras Tel: 231-7168 Fax: 233-6116
- 101 RAMON LA CAMARA Ingeniero
INGETASCO LTDA. - Propietario Tel: 231-7168 Fax: 233-6116
- 102 JOSE TOMAS KARSULOVIC CARRASCO Ing.Civil Mecánico
Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Agrarias y
Forestales - Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Madera
Tel: 541-7703 Fax: 541-7703-200
- 103 EUCLIDES GUZMAN A. Arquitecto
Universidad de Chile - Unidad de Extensión
- 104 MIRIAM ASTUDILLO Jefe Biblioteca
Universidad de Chile - Facultad de Arquitectura
- 105 TOMAS BALAGUER Director de Costos
Instituto Forestal Tel: 639-7911/6189

BRASIL

- 106 KLAUS BILLAND UCD
Quadra 02, Bloco B. Sector Comercial Norte
70710-500 Brasília, DF BRASIL Tel: (00-55-61) 223 8101
Fax: (00-55-61) 225 9275
- 107 IVAN TOMASELLI Director
STCP Engenharia de Projetos Ltda. Tel: (55-41) 252 5861
Fax: (55-41) 252 5871

- 108 BERNARD DELESPINASSE Gerente de Projetos
STCP Engenharia de Projetos Ltda. Tel: (5541) 2525861 Fax: 2525871
- 109 LUIS ANTONIO N. NOGUEIRA Engenheiro
STCP Engenharia de Projetos Ltda. Tel: (55-41) 252 5861
Fax: (55-41) 252 5871
- 110 GERSON GASPARIN BARAO
Consultoria e projetos de engenharia Ltda. BARAO Tel: 041-2252087
- 111 VERA TERESINHA RAUBER CORADIN Chefe
Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente-IBAMA e dos Recursos
Naturais Renovaveis - Laboratorio de Produtos Florestais - LPF
Tel: 225-1182/224-4789/223-5664/316-1209 Fax: (061) 225-1182
- 112 CLÉUBER DELANO JOSE LISBOA Engenheiro
Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente-IBAMA e dos Recursos
Naturais Renovaveis - Laboratorio de Produtos Florestais - LPF
Tel: (061) 224-5337/224-4789 Fax: (061) 224-5206
- 113 JORGE HELIO FERREIRA DOS SANTOS Engenheiro
Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente-IBAMA e dos Recursos
Naturais Renovaveis - Laboratorio de Produtos Florestais - LPF
Tel: 224-4789/223-5664/316-1209 Fax: (061) 225-1182/224-5206
- 114 ANA MARIA PRUDENTE DE FONTES Arquiteta
Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente-IBAMA e dos Recursos
Naturais Renovaveis - Laboratorio de Produtos Florestais - LPF
316-1217/224-4789/223-5664/316-1209 Fax: (061) 225-1182/224-5206
- 115 AMANTINO RAMOS DE FREITAS Diretor
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo S/A
IPT Tel: (011) 268-2211 Fax: (55-11) 869-7738/869-5353
- 116 PAULA K. Y. LELO Bibliotecaria
Divisao de Productos Florestais e Texteis - Instituto de
Pesquisas Tecnológicas - IPT Tel: (011) 268-2211 ramal 516
Fax: (011) 819-5729 869-3353
- 117 REINALDO HERRERO PONCE Chefe
Divisao de Productos Florestais e Texteis - Instituto de
Pesquisas Tecnológicas - IPT Tel: (011) 268-2211 ramal 416
Fax: (011) 819-5729 869-3353
- 118 CARLOS EDUARDO DE SIQUEIRA TANGO Pesquisador
Divisao de Construcao Civil - Instituto de Pesquisas
Tecnológicas - IPT Tel: (011) 268-2211 ramal 674
- 119 TAKASHI YOJO Engenheiro Civil
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT Tel: (011) 268-2211
ramal 536
- 120 LUIZ TADASHI WATAL Engenheiro Químico
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT Tel: (011) 268-2211
ramal 533
- 121 RICARDO CARUANA, ARQUITECTOS Tel/fax: (55-11) 871-2851

- 137 ALVARO TEJADA Ingeniero
Gerente - Confederación Nacional de la Madera Tel: 467563
- 138 ENRIQUE TOLEDO G.P. Ingeniero
Asesor Forestal - Cámara Nacional Forestal Tel:/Fax: 440854
- 139 ALFREDO MONTOYA F. Ingeniero
Gerente - PARIHUELAS Y EMBALAJES S.A. Tel: 737377 Fax: 733694
- 140 ALBERTO FEIJOO BREAU Ingeniero
Director-Gerente - Maderas REMASA EL PINO S.A. Tel: 738506 Fax: 734560
- 141 CARLOS GUILLERMO ELIAS Ingeniero
Primer Vice-Presidente - Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO Tel: 287490 Fax: 330188
- 142 ENRIQUE BALLARINO B. Ingeniero
Gerente de Operaciones Instituto de la Construcción y el Desarrollo - Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO Tel: 287480 Fax: 330188
- 143 JESUS RAMOS SALAZAR Ingeniero
Jefe Dpto. Técnico - Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO Tel: 287480 Fax: 330188
- 144 ADOLFO CORDOVA VALDIVIA Ingeniero
Director - Revista $\frac{1}{2}$ de Construcción Tel: 461006/451500
- 145 CARLOS BRINGAS CONSTANTINI Ingeniero
Gerente Oficina de Apoyo Técnico - Empresa Nacional de Edificaciones, Oficina Central del Plan de Vivienda - ENACE Tel: 456394/478065
- 146 PLINIO BUSTOS C. Arquitecto
Gerente de Proyectos - Empresa Nacional de Edificaciones, Oficina Central del Plan de Vivienda - ENACE Tel: 456394/478065
- 147 MARCO A. TORRES CASTELLO Ingeniero
Jefe División Costos y Presupuestos - Empresa Nacional de Edificaciones, Oficina Central del Plan de Vivienda - ENACE Tel: 456394/478065
- 148 ROBERTO PIZARRO ARAMAYO Ingeniero
Jefe Dpto. Técnico - HV S.A. CONTRATISTAS Tel: 456763 Fax: 475555
- 149 JUAN MANUEL LAMBARRI HIERRO Ingeniero
Gerente - G.M.L. S.A. Tel/Fax: 405817/423347
- 150 MARITZA ZANUZZI DE PEREZ Ingeniero
Bibliotecaria FAO Tel: 472641/479849 Fax: 472640
- 151 FREDDIE SILVA ALZAMORA Ingeniero
Representación FAO Tel: 472641/479849/462985
- 152 LUIS ESTEVES B. Constructor
Tel: 388238/459371

153 HECTOR GALLEGOS

Calculista
Tel: 414134

154 MIGUEL ESPINOZA S.

Programador de Obras
Tel: 752228

155 TERESA PENA

Encargada de Biblioteca - Asociación de Productores de Cemento
Tel: 727654 Fax: 719817

BIBLIOGRAFIA REVISADA

MEXICO

- 01 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. "Cimbras. Apunte sobre su diseño y construcción" -Federico Alcaraz Lozano, Salvador Medina Rivero. (1979) - 279 pp.
- 02 IMCYC : "Cimbras. Diseño" -J.G. Richardson Tomo I (1982) 154 pp.
- 03 IMCYC : "Cimbras. Materiales, Montaje y Accesorios" -J.G. Richardson. Tomo II (1982) - 159 pp.
- 04 IMCYC : "Cimbras y Moldes. Guía Práctica para su construcción y uso" -J.G. Richardson. Tomo III (1981) - 115 pp.
- 05 IMCYC : "Cimbras. Fallas, seguridad de la cimbra y descimbrado" J.G. Richardson. Tomo IV (1981) - 102 pp.
- 06 PLAZOLA Cisneros, Alfredo, Plazola Anguiano, Alfredo : "Normas y Costos de Construcción". Volumen I - Tercera Edición Editorial Limesa (1980) - 543 pp.
- 07 BARBARA Z. Fernando : "Materiales y Procedimientos de Construcción". Séptima Edición (1979) Editorial Herrera S.A. México - 350 pp.
- 08 COMACO : "Usos estructurales de la madera y su aplicación a encofrados" -Ing. Francisco Robles F.V. Universidad Autónoma Metropolitana México. (1976)
- 09 IMCYC : "Proyecto y Construcción de Cimbras" Ing. Pablo Guzmán Zalapa (1972) 76 pp.
- 10 Concrete Consturction : "Formwork Economy. Maximum reuse and efficient handling are major keys to low cost" U.S.A. Vol. 19 N° 10 (1974) p. 556-561
- 11 Peña Aznar, Juan M. : "Estudio sobre encofrados de Madera Modernos" Informe de la Construcción. N° 321 (1980) p. 53-70
- 12 Peña Aznar, Juan M. : Estudio sobre encofrados de Madera Modernos" Pautas IV, V y VI. Informes de la Construcción-España Vol. 32 - N° 325 (Nov.1980) p. 33-58
- 13 Osés Pérez, Manuel : "Cimbras y Andamios. Historia, Tecnología y Proyección" Revista IMCYC Vol. 21 N° 150 (1983) p. 37-45
- 14 Royer, King. : "Criterios de diseño de cimbras de made a para concreto" Revista IMCYC . México Vol 6 - N° 34 (1968)
- 15 Schmidt - Morsbach, Jurgen. : "La Cimbra de madera contrachapada - parte esencial de una construcción económica" Revista IMCYC México Vol. 17 - N° 105 (1980) p. 33-43

- 16 Institut Technique du Batiment et de Travanx Publics : "Recomendaciones Prácticas para la utilización de desmoldantes" Revista IMCYC . México N° 92 (1978) p. 40-51
- 17 Revista Mexicana de la Construcción : "La Cimbra, elemento importante en la construcción" N° 235 (1974) p. 17-19
- 18 BIMSA : "Costos N° 168" (Mayo 1993). BIMSA Comunicaciones S.A. (1993) 450 pp.
- 19 Varela A. Leopoldo : "Costos de Construcción pesada y Edificación" Tomo I . Edición (1991) 329 pp.
- 20 Gutierrez A. Manuel, Devesa G. Enrique : "Indicador de Precios Unitarios" (1992) 931 pp.
- 21 SEDUE : "Programa Nacional de Vivienda. Programade Abaratamiento de Materiales 1991. Mecanismos de Operación" (1991) 97 pp.
- 22 SEDUE : "Programa Nacional de Vivienda. Programade Abaratamiento de Materiales 1989-1990. Lista de Precios" (1990) 163 pp.
- 23 CIHAC : "Quinta Exposición Internacional de Edificación y Vivienda. Guía Preliminar" (1993) 223 pp.
- 24 SEDESOL : "Programa Especial para el Fomento y Desregulación de la Vivienda 1993-1994" (Enero 1993) 95 pp.
- 25 ICIC : "Programa de Curso Abierto. 2° Semestre 1993" Delegación Zona Metropolitana (1993) 33 pp.
- 26 ICIC : "Manual del Carpintero de Obra Negra" . Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional. México (1984).
- 27 CINIC : "Revista Mexicana de la Construcción" N° 455 (Diciembre 1992) 60 pp.
- 28 Mercado M. Angel : "México. Escenario de la Industria de la Construcción y la Vivienda 1991-2000". México (1991).
- 29 CIMBRA.MEX : "Sistema Universal de Cimbra de Concreto para: muros, columnas y losas" Catálogo 179 (1993) 15 pp.
- 30 PUBLI.NEWS Latinoamericana : "Constru-Noticias. N° 341. Año 30" México (Abril 1993) 98 pp.
- 31 Cámara Nacional de la Industria Forestal : "Memoria Económica 1991-1992" México (1992) 63 pp.

ECUADOR

- 32 TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA, Secretaría Pro Tempore: "Informe de Labores correspondiente al Tercer Año de la Secretaría Pro Tempore del TCA en el Ecuador". Quito, (Mayo 1992 a Mayo 1993). 35pp.

- 33 TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA, Secretaria Pro Tempore: "Propuesta de Políticas y Estrategias Regionales para el Aprovechamiento sustentable de los Recursos Forestales de la Amazonia". Quito, (Abril 1993). 86pp.
- 34 ASOCIACION ECUATORIANA DE INDUSTRIALES DE LA MADERA (AIMA): Revista "El Maderero" Año 15 N° 2. (Setiembre 1993).
- 35 AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION: "Moldes para Concreto de Madera Contrachapada de Estados Unidos" (1982). 5pp.
- 36 AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION: "Madera Contrachapada de Estados Unidos para Encofrados" 8pp.
- 37 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, "V Censo de Población y IV de Vivienda 1990" Resumen Nacional - Quito, Ecuador - (Noviembre 1990).
- 38 INSTITUTO ECUATORIANO FORESTAL Y DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE: Proyecto PD 137/91 "Estrategias para la Industria Sostenida de la Madera en el Ecuador. Estudio del Mercado Interno de Productos de Madera en el Ecuador" ITTO/INEFAN (Mayo 1993).
- 39 INSTITUTO ECUATORIANO FORESTAL Y DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE: Proyecto PD 137/91 "Estrategias para la Industria Sostenida de la Madera en el Ecuador. Informe Final" (Julio/93).
- 40 CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO: Boletín Técnico e Informativo N° 133 (Mayo 1993)
- 41 CASTRO, DICKEN: "La Guadua". Talleres gráficos del Banco de la República, Bogotá, Colombia, (1966) 110pp.
- 42 HIDALGO, OSCAR,: " Bambú, su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanía". Estudios Técnicos Colombianos, Ltda. Cali, Colombia (1974) 313pp
- 43 MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y DE VIVIENDA: "Información Estadística preparado para el Estudio de Encofrados" (1993).
- 44 CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO: "Información Estadística preparada para el Estudio de Encofrados" (1993).
- 45 CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE QUITO: "Análisis de Precios Unitarios". (Octubre 1993).

ARGENTINA

- 46 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES : "Estudio sobre propuesta de reactivación foresto-industrial para el área del Delta Bonaerense Enturriano basado en la producción de madera para su uso en la construcción" 92pp. (1992)

- 47 MARTIN, ALICIA - STOLKINER, MARTA : "Viviendas de Madera" 80pp. (1986).
- 48 SECRETARIA DE VIVIENDA Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL: "Manual técnico del uso de madera en la construcción de viviendas" 149pp. (1989)
- 49 INSTITUTO FORESTAL NACIONAL : " Anuario de Estadística Forestal 1987 " 222pp. (1987)
- 50 INFORMACIONES DE LA CONSTRUCCION : "La utilización de encofrados trepantes en el homigoneado de grandes obras" N° 804-806 116pp. (1980)
- 51 DINESCO, TUDOS, SANDRU, ANDREI, RADULESCO CONIMANTIN : " Los encofrados deslizantes. Técnica y Utilización" 495pp. (1973)
- 52 VIVIENDA. REVISTA DE LA CONSTRUCCION : " Encofrado deslizante " N° 126 38pp. (1973)
- 53 INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO : " Sistema de encofrados prefabricados" 2pp. (1982)
- 54 INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO : " Elemento de encofrado modular" Manual de Información Técnica N° 3 119pp. (1988)
- 55 FERRERO, AURELIO : "Políticas de vivienda y participación" Vivienda. Revista Documental de la Construcción. 2pp. (1985)
- 56 SECRETARIA DE VIVIENDA Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL "La solución del déficit habitacional requiere esfuerzos continuados y sostenidos y una de las herramientas básicas para el desarrollo" - Plan Nacional de Vivienda 1985-1989 - Revista Informaciones de la Construcción N°1000. 107pp. (1984)
- 57 SECRETARIA DE VIVIENDA Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL "Diagnóstico de la situación habitacional" - Revista SUMMA N°208/2009 122pp. (1985)
- 58 SECRETARIA DE VIVIENDA Y CALIDAD AMBIENTAL "Encuesta a la empresas constructoras asociadas a la Cámara Argentina de la Construcción" 43pp. (1993)
- 59 EQUIPOS FEDERALES DE PLANIFICACION JUSTICIALISTA "Plan Nacional de Vivienda 1990-95. Diagnóstico e Hipótesis de Propuesta" 67pp. (1989)
- 60 F.U.N.D.A.V.I. "Población y Vivienda. Aportes al Tercer Plan Quinquenal"
- 61 CAMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCION "Aportes para la elaboración de una política habitacional" 171pp. B.A. (1986)
- 62 RICOUARD, M.J. "Encofrados. Cálculo y aplicaciones en edificaciones y obras civiles" - Editores Técnicos Asociados S.A. - España 295pp. (1980)

- 63 MOHÁCSY, LÁSZLO "Contemporary Forming Methods" Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest 321pp. (1966)
- 64 HURST, MICHAEL P. "Formwork" - Construction Press London and New York 271pp. (1983)
- 65 HURD M.K. "Formwork for concrete" - American Concrete Institute - 5ta. Edición (1982)
- 66 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE "Concrete Abstracts" - Volumen 20 N°s. 1, 2, 3, 4, 5, 6 de 1992 - Volumen 21 N°s. 1 y 2 de (1993).

CHILE

- 67 CALDERON R. JUAN : "Estudio de un sistema racionalizado de moldajes para hormigón armado" - Seminario de Edificación - Universidad de Chile - Arquitectura (1959)
- 68 CORREA, MARIO : "Fibroemento" - Seminario de Edificación - Universidad de Chile - Arquitectura (1982)
- 69 DIAZ SARTORI, HUMBERTO : "Aplicación de moldajes tradicionales y prastificados" Seminario de Edificación - Universidad de Chile - Arquitectura 103pp. (1972)
- 70 MIRANDA J., SERGIO : "Los encofrados deslizantes" Seminario de Construcción - Universidad de Chile - Escuela de Arquitectura 106pp. (1964)
- 71 POPP M., ILSE : "Protecciones de moldaje en madera" Seminario de Construcción - Universidad de Chile - Arquitectura 157pp. (1982)
- 72 ROMAN VALENZUELA, FERNANDO: "Encofrado para nuevas formas arquitectónicas realizados en hormigón armado" - Seminario de Construcción - Universidad de Chile - Arquitectura 69pp. (1960)
- 73 GALABRU, PAUL : "Cimentaciones y túneles" - Editorial REVERTE S.A. Segunda Edición 411pp. (1970)
- 74 PERIFOY, R.L.: "Encofrados para estructuras de hormigón" McGraw-Hill Book Company, New York (1964)
- 75 HURD, M.K. Y COMITE ACI 347 : "Formwork for Concrete" - 4ta. Edición, American Concrete Institute - Detroit (1979)
- 76 COMITE ACI 347 : "Recomend Practice for concrete Formwork" - ACI-347-78 - American Concrete Institute - Detroit (1978)
- 77 FERNANDEZ, T.S. : "Apuntes de la Cátedra de Fundamentos de Diseño" - Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles - Universidad de Santiago de Chile (1988)
- 78 BARRERA V.H.: "Apuntes de la Cátedra de Edificación II" Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles - Universidad de Santiago de Chile (1989)

- 79 VERGARA I.L.: "Estudio comparativo del costo de viviendas en baja altura tradicional versus industrializada según la variación de precios de los insumos" - Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Industrias - Departamento de Ingeniería de Construcción - Pontificia Universidad Católica de Chile (1982)
- 80 RUBIO M.J.: "Sistemas de moldaje para edificación en altura" - Memoria para optar al título de Ingeniero Civil - Departamento de Ingeniería Civil - Universidad de Chile (1984)
- 81 BRACHO B.G.: "Diseño de un sistema de encofrado industrial para estructuras de concreto armado" - Memoria para optar al título de Ingeniero Civil - Universidad Central de Venezuela (1989)
- 82 DE LA PENA A.J.: "Estudio sobre encofrados de madera modernos" - Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja, 318, 321, 324 y 326 - Madrid (1980)
- 83 FAJERSZTAJN, H.: "Formas para estructura de concreto" - Escola Politécnica de Universidade de Sao Paulo, Brasil (1988)
- 84 GONZALEZ M.L.: "Las cimbras deslizantes: una opción en la construcción de estructuras altas de concreto" - Revista del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. 93 - Ciudad de México (1978)
- 85 "Regresando a lo básico" - Revista Construcción y Tecnología - Ciudad de México (Nov. 1990)
- 86 Boletín Estadístico de la Cámara Chilena de la Construcción, Chile (1991)
- 87 Manual de precios de la construcción - ONDAC, Chile (1991)

BRASIL

- 88 KUPFER, C.: "La Construcción de Hormigón. Ecofrados". 4B&rpl&944)
- 89 MOHACSY LASZLE : "Contemporary Forming Methods" Akadémiai Iciado. Budapest 136 p. (1966)
- 90 RICOVARD, M.: "Coffrages metalliques; empoi, applica-tions" Paris, Ed. Egorlles 230 p. (1954)
- 91 MASCARENHAS, ANTONIO CARLOS : "Formas para concreto" Universidad Federal de Bahía. Centro Editorio y Didáctico. 97 p. (1988)
- 92 SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLIGA DE CONSTRUCCION - SAO PAULO, RPUSP "Formas para estructuras de Concreto" 190 p. (1986)
- 93 TAPARELLI C, WILTON : "O uso da madeira na constrcao Civil. A evalucao da forma para concreto". Simpo-sio Nacional de Tecnología da Construcáo Escola Politecnica de Universidade de Sao Paulo Dpto. de Engenharia de Construcáo Civil p.1-12 (1986)

- 94 VENEGAS R. JOAO A.: "Formas e Cinbramentos de madeira para Edificacoes". Simposio Nacional de Tecnologia da Construcao Escola Politecnica de Universidade de Sao Paulo Dpto. de Engenharia de Construcao Civil. p.53-118 (1986)
- 95 MARTINELLI, FREDERICO A.: " Panorama e Sugestoes para enfoque Racionalizado de Formas de Madeira " Simposio Nacional de Tecnologia da Construcao Escola Politecnica de Universidade de Sao Paulo Dpto. de Engenharia de Construcao Civil. p.181-186 (1986)
- 96 TOMASELLI, IVAN : "Chapas de Madeira compensada para forma de concreto. Normas Brasileiras". Simposio Nacional de Tecnologia da Construcao Escola Politecnica de Universidade de Sao Paulo Dpto. de Engenharia de Construcao Civil. p. 187-190 (1986)
- 97 ASSOCIACAO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND: "Formas de madeira para concreto armado em edificios comunes" Sao Paulo, ABCP p. 385-446 (1981)
- 98 GRINAN, J: "Encofrados" Ed.Barcelona CEAC, 203p-1964
- 99 HELLMMEISTER, J.C.; ROCCO LAHR F.A.; REQUENA J.A.V.: " Cimbramento de madeira para edificios con estructura de concreto armado " Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural. COPPE/UFCO Brasil. p. 231-267 (1981)
- 100 NATIONAL FOREST PRODUCTS ASSOCIATION : " Design of wood formwork for concrete structures " Washington NFPA 18p. (1961)
- 101 REQUENA, J.A.V. : " Cimbramiento de madeiras para edificios " Sao Carlos EESC-USP (1979)
- 102 RICHARDSON, J.G.: "Practical formwork and mould construction" London C.R. Books 20p. (1962)
- 103 SNOW, F. : "Formwork for maderu structeres" Londres, Chapman an Hall 128p. (1965)
- 104 AUSTIN, C.K. : "Formwork to concrete" Clever-HUME PRESS LTD. London 277p. (1960)
- 105 HARRIS, EDWARD : "Ebanisteria y Carpinteria de la Construccion" Centro Regional de Ayuda Tecnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Mexico 135p. (1971)
- 106 FUNDACAO JOA PINHEIRO: "Diagnóstico nacionalda Industria da Construcao" Secretaria de Estado do Planejamento e coordenacao geral. Tomo sintesis, Tomo II, Tomo 14. Belo Horizonte (1984)
- 107 SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA : "A Sociedad Brasileira e Sen Patrimonio Florestal" 20p. (1990)
- 108 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADISTICA (IBGE) : "Anuario Estatistico do Brasil" Secretaria de Planejamento Orcamento e Coordenacao 1110p. (1982)

- 109 INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL : "A Aplicacao da Madera e seus Dirivados a Cosntrucao Habitacional". Subistema de Seccional de Planejamento Florestal. 129p. (1978)
- 110 REVISTA DA MADEIRA : "NAS FLORESTAS, A SOLUCAO HABITACIONAL" Año 2 Nº 10. Associacao Brasileira de Produtores de Madeiras 26p. (1993)

PERU

- 111 RAMOS S., JESUS : "Costos y Presupuestos en Edificación" Cámara Peruana de la Construcción (1993) 328pp
- 112 CAPECO : "Anuariun '85 de la Construcción" Editorial Cientifica SRL (1986) 447pp
- 113 ARBAIZA MENDOZA, CHRISTIAN : "Madera, Vivienda y Economía en Latinoamérica" Centro Latinoamericano de Promoción y Desarrollo de la Madera - CAMBIUM - Investigación en proceso de publicación (1994)
- 114 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS : "Censos Nacionales. VIII de Población y III de Vivienda. 1991" (1992) 915pp
- 115 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA : " Perú, Compendio Estadístico 1992-1993 " Tomo II (1993)
- 116 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA : "Censos Nacionales 1993. IX de Población y IV de Vivienda" Resultados definitivos Departamento de Lima. Tomo III (1994) 2,203pp
- 117 REVISTA ½ DE CONSTRUCCION : "Crece la Construcción pero ... no todos ganan" Revista mensual de Diseño y Construcción Nº 84 (1993) pp. 10-11
- 118 REVISTA ½ DE CONSTRUCCION : "Capital Privado para Reactivar la Construcción" Revista mensual de Diseño y Construcción Nº 86 (1994) pp. 12-15
- 119 SENCICO : "Carpintería de Encofrados" Hoja de operaciones. Serie Metódica Ocupacional (1988)
- 120 GRINAN, JOSE : "Encofrados" Ediciones CEAC (1964) 203pp
- 121 EDITORIAL BLUME : "La Madera" Mitchell Beazley Publishers Limited, Londres (1980) 276pp
- 122 OIMT-DGFF-CNF : "Proyecto PD 37/8 "Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales" Fichas técnicas de especies forestales (1991) 59pp
- 123 CENTRO NACIONAL DE ESTUDIOS DE LA CONSTRUCCION-CENAC : "Diagnóstico y Estrategias para la Promoción de la Industria Maderera en el Litoral Pacífico Colombiano" CEN-183-86 (1986) pp.68-91

- 124 DIRECCION GENERAL DE FORESTAL Y FAUNA - DGFF : "Plan Nacional de Acción Forestal" (1991) 114pp
- 125 INSTITUTO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA : "Perú Forestal" Proyecto PNUD/FAO/PER 81/002 Fortalecimiento de los Programas de Desarrollo Forestal en Selva Central (1981) 156 pp.
- 126 REVISTA CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA : "Diseño y Producción de Cimbras por Computadora" Volumen IV Nº 40 (Setiembre 1991) pp.26-28
- 127 REVISTA EL INGENIERO CIVIL : "Encofrados" Nº 25 (Julio-Agosto 1983) 8pp.
- 128 GALLEGOS C. JAVIER : "Los Encofrados Deslizantes. Técnicas y Utilización" Cementos Lima S.A. 12pp.
- 129 POSADA H. JESUS : "Formaletería" Instituto Colombiano de Productos de Cemento.
- 130 GALLEGOS C. JAVIER : "Obras con Encofrados". Separata 49pp.
- 131 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE : "Supervisión de Obras de Concreto" Censo de Extensión Profesional. (1987) 43pp.
- 132 CAPECO : "Manual de Obra. Construcción de Estructuras" Cuarta Edición (Abril 1983) pp. 161-177
- 133 BANCO CENTRAL HIPOTECARIO DEL PERU : "Actualización de Costos Unitarios de Construcción" Informe de Trabajo Nº 046-87-BCHP/41 (1987).
