

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DOCTORADO EN DISEÑO**

Línea: Patrimonio, Ambiente y Tecnología

**TESIS**

*Superficie de contacto alternativa para la tarima de madera  
usada en la cimbra tradicional en el Estado de México.*

Que para obtener el grado de Doctor en Diseño presenta

**MARÍA SUSANA BIANCONI BAILEZ**

Tutor Académico

Dr. Arq. Silverio Hernández Moreno

Tutores adjuntos

Dr. Ing. Horacio Ramírez de Alba

Dr. Arq. René L. Sánchez Vértiz Ruiz

Toluca, Junio de 2012

# DOCTORADO EN DISEÑO

Línea: Patrimonio, Ambiente y Tecnología

**Universidad Autónoma del Estado de México**  
**Facultad de Arquitectura y Diseño**  
**Facultad de Ingeniería**

**Superficie de contacto alternativa para la  
tarima de madera usada en la cimbra  
tradicional en el Estado de México.**

Sustentante: Mtra. en Arq. **Ma. Susana Bianconi Bailez**

Director de Tesis: Dr. en Arq. Silverio Hernández Moreno



## ÍNDICE

<b>Agradecimientos</b>	6
<b>Introducción</b>	7
Contenido	
<b>Capítulo I</b>	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
I.1 Postura	
I.1.1 La madera como material de construcción permanente	
I.1.2 Ventajas de la construcción en madera	
I.1.3 Hipótesis	
I.1.4 Alcances	
I.1.5 Delimitación espacial	
I.1.6 La fuerza de la costumbre	
I.2 Datos censales del Estado de México	
I.2.1 Los bosques y el Estado de México	
I.2.2 Marco Ambiental	
I.2.3 Impulsos oficiales y reacción privada	
I.2.3.1 Fuego	
I.2.3.2 Insectos	
I.2.3.3 Capacidad de Carga	
I.2.3.4 Durabilidad y mantenimiento	
I.3 Marco Normativo	
I.3.1 Marco Normativo Nacional	
I.3.2 Marco Normativo Internacional	
I.3.3 Seguridad	
I.4 Objetivos	
I.4.1 General	
I.4.2 Particulares	
I.5 Metodología	
I.5.1 Organismos dedicados a la Valoración del Impacto Ambiental	
I.6 Sumario	

## **Capítulo II**

40

### **ÁMBITO FORESTAL Y ANÁLISIS DEL RECURSO MADERA**

- II.1 Antecedentes
- II.2 Situación actual en el Estado de México
- II.3 Marco Internacional
  - II.3.1 Caso extremo de Haití
  - II.3.2 Ejemplo de Canadá
  - II.3.3 Plantaciones forestales Entre Ríos, Argentina
  - II.3.4 Comparativos Internacionales
- II. 4. Marco Nacional
  - II.4.1 Consumo Nacional, producción e importación
- II.5 Reutilización
- II.6 La madera en la construcción y la industria cementera.
- II.7 El ámbito financiero y la industria de la construcción
- II.8 Alternativas de reconversión agrícola y del paradigma constructivo
- II.9 Sumario

## **Capítulo III**

66

### **ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA MADERA PARA CONSTRUCCIÓN**

- III.1 Análisis del ciclo de vida
  - III.1.1 Energías tradicionales y alternativas
  - III.1.2 Análisis de impacto ambiental como modelo de evaluación de productos
  - III.1.3 Impacto en el cambio climático
- III.2 Modalidades de construcción y urbanización
  - III.2.1 Modalidad contemporánea de construcción masiva en el Estado de México
    - III.2.2. Modalidad de autoconstrucción individual en el Estado de México
    - III.2.3. Modalidad ideal
- III.3 Reutilización de materiales
  - III. 3.1 Reutilización de la madera
- III. 4. Impacto ambiental de la madera
- III.5 Las cuatro erres
- III.4 Sumario

## **Capítulo IV**

86

### **ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA CIMBRA EN LA CONSTRUCCIÓN**

Tratados de construcción y su relación con las cimbras de madera

IV. 1 La huella ecológica de la madera destinada a la cimbra y su ciclo de vida.

IV. 2 Disyuntiva: caminos que se bifurcan entre lo inasible y lo mensurable

IV. 3 Análisis de la cimbra convencional de madera

IV.3.1 Componentes del sistema cimbra

IV.3.2. El ciclo de vida de la tarima convencional

IV.3.3 Valores de los contaminantes de las etapas del Ciclo de Vida de la tarima de madera

IV.4 Fases del ciclo de vida de la tarima en la edificación

IV.5 Sumario

## **Capítulo V**

103

PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA SUPERFICIES DE CONTACTO

V.1 Buscando alternativas

V. 1.1 Sobre la tarima híbrida de polietileno

Tabla 1: Parámetros de diseño del sistema tarima convencional de madera y tarima híbrida

Tabla2: Insumos y costos de las tarimas hibrida y convencional

V.1.2 Resistencia a la tensión

V.2 Otras alternativas

V.2.1 Pruebas físicas de Laboratorio

V.2.2 Superficie cubierta con fibra de vidrio

V.2.3 Superficie de contacto de panel OSB

Tabla 3: Comparativa de las cuatro diferentes superficies de contacto

V.3 Marcador comparativo

V.4 Sumario

## **Capítulo VI**

116

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

VI.1 Discusión

VI.1.2 Consideración pertinente

VI.2 Conclusiones

VI.3 Prospectiva

## **Anexo**

125

PUBLICACIONES

Revista Acta Universitaria (investigación)

Revista Valor Universitario (divulgación)

Revista Cambio del Estado de México (divulgación)

### Agradecimientos

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología COMECYT por el apoyo económico a través de la Beca Continua de Posgrado

Al Arq. Juan Manuel Chávez Alvarado por compartirme su material bibliográfico producto del trabajo realizado en la Cuenca de Valle de Bravo

Al Ing. Tonatiuh Vázquez González, por facilitarme su material plástico y las instalaciones de su laboratorio

Al D.I. Ramón González Alcalá por realizar y cotizar el trabajo de fibra de vidrio

A la Mtra. Adriana Lugo por facilitarme los contenidos de las unidades de aprendizaje de la carrera de Arquitectura

Al Ing. Jorge Rescala por su valioso tiempo concedido a mis preguntas cuando fungía como Director de PROBOSQUE

A Filiberto Acevedo padre e hijo, por compartir generosamente información valiosa sobre la madera aserrada y la bibliografía pertinente

A los doctores que compartieron su tiempo en este estudio con buena disposición

## Introducción

En el Estado de México la técnica de construcción más común para entrepisos y techumbres es la losa de concreto armado. Existe la convicción popular de que esta técnica es superior a cualquier otra y no se cuestiona su costo directo ni su costo ambiental. La mezcla del cemento, los agregados y el agua se realiza en obra y se vierte sobre un encofrado de madera compuesto de tarimas, (figura 1) vigas y polines como pies derechos. Este sistema de cimbra de madera es versátil, barato, manejable en obra con gran comodidad antropométrica y fundamentalmente, es conocido por los albañiles que aprenden a cimbrar con gran destreza en la obra cotidiana, tanto de autoconstrucción como en la obra diseñada y dirigida por profesionales.

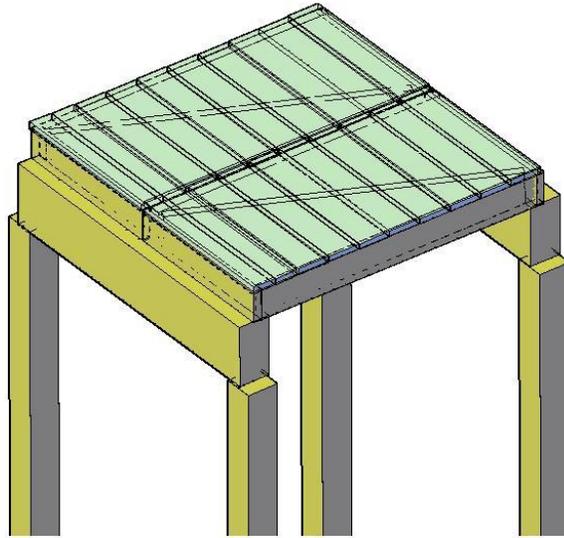


Figura 1: Sistema de cimbra de madera<sup>1</sup>

La pertinencia de sustituir sólo parte de este sistema (la superficie de contacto) por un material reciclado, es el tema de la presente tesis, para lo cual analizamos el impacto ambiental del uso efímero de esa superficie de contacto de madera y proponemos una alternativa de material reciclado con el afán de sopesar su viabilidad económica, ambiental y funcional.

## Contenido

El cuerpo de la tesis se compone de 6 capítulos que se ilustran en el Diagrama de Flujo y que son como sigue:

En el **I** se enuncian las bondades de la construcción en madera como material estructural con respecto al uso de la madera como material de obra falsa. Para poder sustentar este planteamiento en la hipótesis se sostiene que conociendo el impacto ambiental del consumo de madera

---

<sup>1</sup> Las gráficas y fotografías sin notación de fuente, son del autor.

para esta obra falsa, podremos aportar una opción alternativa sin alterar el proceso convencional de construcción. Se enuncia el objetivo del trabajo y su metodología.

Por lo tanto en el Capítulo **II** se obtiene información sobre la madera aserrada en México y en casos extremos del continente americano. Se proponen alternativas para el campo mexiquense, hoy yermo, pero con vocación forestal.

En el Capítulo **III** se analizan según BEES cómo impactan en el medio ambiente los materiales usados en la construcción y cómo las viejas obras construidas en madera tienen un saldo positivo y no negativo en función del bióxido de carbono que acaparan. Luego se analizan tres tipos de construcción y urbanización y finalmente se compara la energía contenida de los principales materiales de construcción.

Todo lo anterior nos lleva a detenernos en la superficie de contacto de la cimbra en el Capítulo **VI**. En él se grafica su ciclo de vida desde el origen de la madera hasta su re inserción como desecho en el paisaje y se estima el impacto ambiental que tiene el uso de la madera como obra falsa en el Estado de México.

La propuesta alternativa se presenta en el Capítulo **V** donde se comparan 4 superficies de contacto diferentes, siempre manteniendo la subestructura original de la tarima de madera. Se obtiene un marcador final, que nos puede auxiliar en la toma de decisiones sobre cuál superficie utilizar.

El Capítulo **VI** cierra con una discusión contextual.

Por último se anexan los *ARTÍCULOS PUBLICADOS*: uno de investigación en revista indexada y dos de divulgación así como un *GLOSARIO* de términos técnicos y coloquiales utilizados en el cuerpo de la investigación para facilitar su lectura.

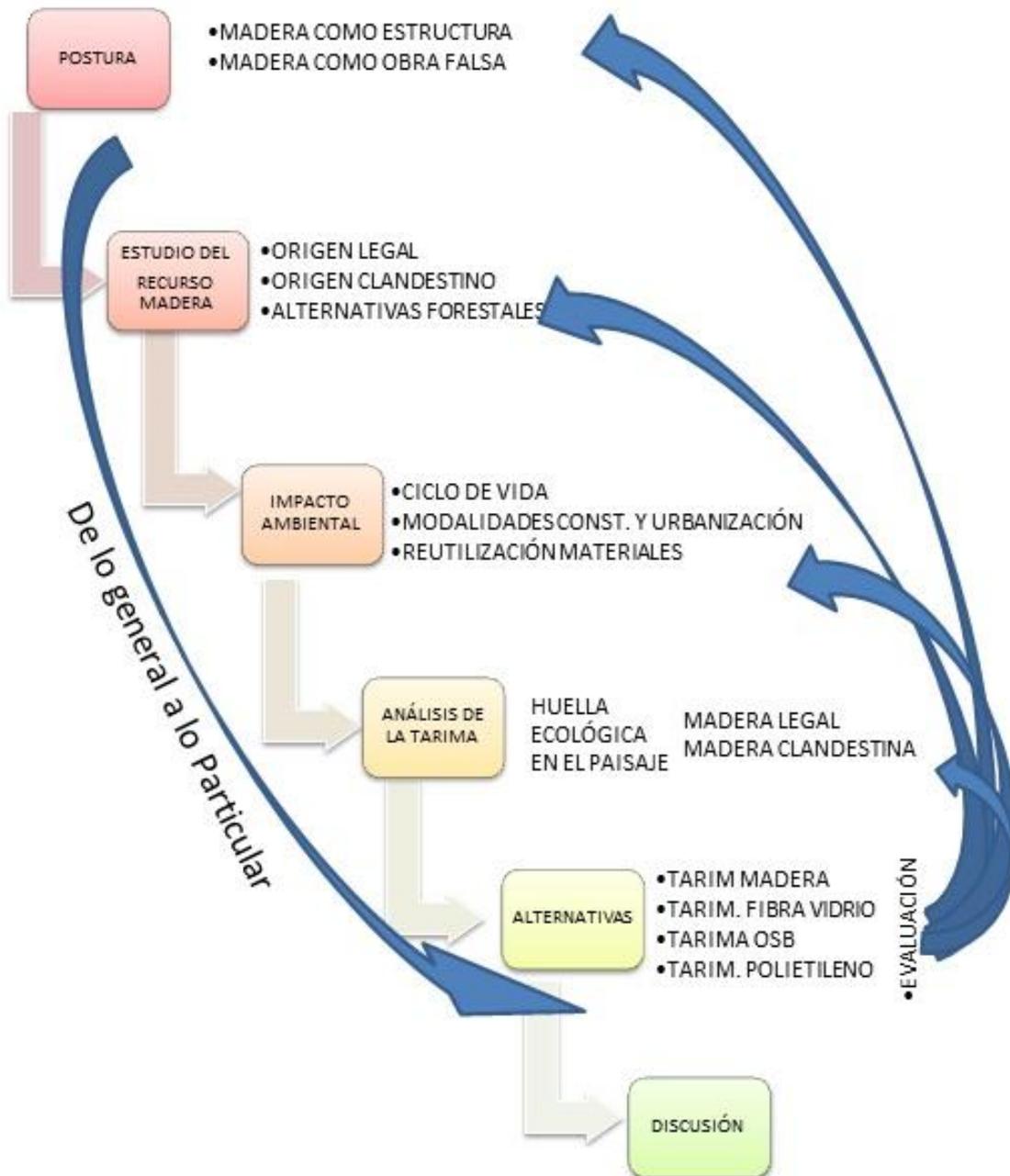


Figura 2: Diagrama de Flujo de la tesis “Superficie de contacto alternativa para la tarima de madera usada en la cimbra tradicional en el Estado de México “

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*Sonaron los disparos. La estrofa “Ciñe oh Patria tu frente...” se desplomó aleteando, como una paloma tocada en pleno vuelo y el concreto recién forjado se llenó de muertos y heridos<sup>2</sup>*

#### I.1 Postura

La autoconstrucción en las zonas periurbanas del populoso Estado de México se lleva a cabo con materiales industrializados. Los plásticos y láminas diversas son sustituidos, cuando se tienen posibilidades, con los colados<sup>3</sup> de losas de concreto armado, por sobre las que se dejan sobresalir las varillas de acero, en la espera de futuras ampliaciones. La madera de cimbra que se utilizó para soportar las losas, se va deteriorando a lo largo del proceso de construcción y acaba como desperdicio mezclado

---

<sup>2</sup> \*Fragmento de la última página de *El Agua Envenenada* de Fernando Benítez (Colección Lecturas Mexicanas #45. Fondo de Cultura Económica. SEP. 1984, 182) donde se narra la saga de un cacique maderero en Tajimaroa, Ciudad Hidalgo, Michoacán, en los años cincuenta del siglo XX y que resume la añeja violencia entre el mundo de la madera de los pobres y el mundo del concreto hidráulico de la industrialización.

<sup>3</sup> Colado es la palabra común usada en la zona central de México para referirse al vaciado de la mezcla de concreto (u hormigón) sobre un emparrillado de varillas de acero. La mezcla se soporta en un encofrado (cimbra) de madera.

con otros materiales<sup>4</sup>. Sobre esta subutilización de la noble madera es que tratamos de llamar la atención y precisar las repercusiones de su uso.

### **I.1.1 La madera como material de construcción permanente**

La construcción en madera legalmente talada es doblemente benéfica para un país como México que tiene vocación forestal. En primer lugar, es un material no contaminante que brinda buena calidad estética y excelentes cualidades aislantes además de comportarse mejor que cualquier otro material ante las solicitaciones de un temblor. En segundo lugar, es un material producido en el bosque, mismo que brinda servicios ambientales al territorio, como la producción de oxígeno, la absorción de bióxido de carbono y la infiltración de agua al subsuelo.

En madera se construyen obras duraderas y de indiscutible valor plástico como la capilla de la corona de espinas del arquitecto Fey Jones que vemos en la figura 1.

---

<sup>4</sup> Honrosa excepción merece el despacho DCCP Arquitectos que ha construido la Casa Calero en el sur de la Ciudad de México, con desperdicios de obra. Revista Obras, Octubre 2011: 79

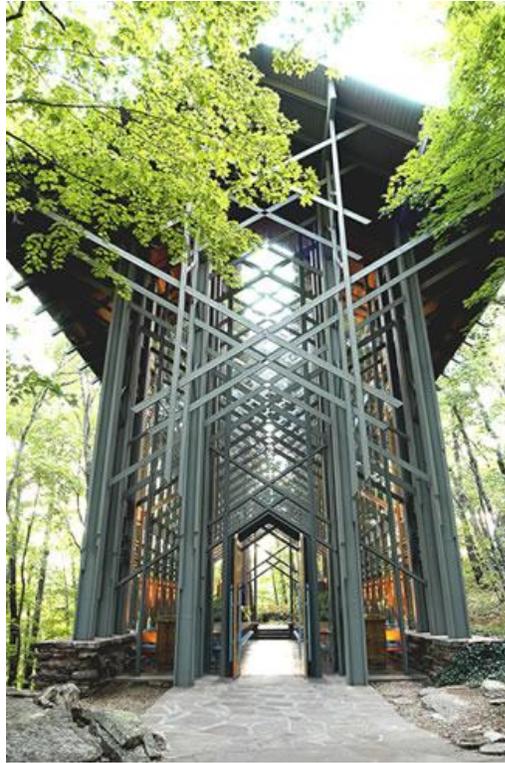


Figura I.1: Thorncrown Chapel, en Eureka Springs, Arkansas, del arquitecto Fay Jones, 1980.

La construcción con madera como recipiente del concreto hidráulico en cambio, es parte del desprecio que sufre este material en manos de diseñadores carentes de valores eco-ambientales. El concreto se fabrica a partir del cemento, material que contamina en su proceso de producción y también en su mezclado en obra. No sólo contamina los bronquios de los albañiles que hacen la mezcla, sino la madera que recibe el vaciado de esa mezcla húmeda.

Por otro lado todo el tinglado que soporta un colado (con sus puntales y arriostramientos) utiliza más madera que la necesaria para hacer la obra en madera, como se evidencia en la figura I.2.



Figura I.2: Proceso de colado de la mezcla de concreto hidráulico sobre cimbra de madera en una casa habitación, Metepec, Estado de México, Arq. Fernando Gil, 2007. Observamos las tarimas colocadas de manera vertical para contener la mezcla a lo largo de una trabe.

En consecuencia si la madera es usada como material estructural se alienta a la postre una industria limpia. Con la anuencia de la autoridad que otorgue permisos de aprovechamientos forestales, la cosecha de árboles es cosa segura, es tan lícita como la cosecha de maíz y menos agotadora del suelo. Es tala productiva (no clandestina) de un bien renovable. Es una fábrica de oxígeno y un proveedor de material de construcción no contaminante.

### **I.1.2 Ventajas de la construcción en madera**

La producción de madera, aparte de ser útil para la sociedad, actúa como almacén de carbono purificando el aire y contribuyendo a la reducción del efecto invernadero. Los procesos de producción y transformación de la

madera consumen menos energía que los procesos productivos de otros materiales. Si a esto añadimos que mucha de la energía que consume el árbol al crecer proviene de sus propios residuos, el resultado final es que la industrialización de la madera incide positivamente en la reducción de la demanda de combustibles fósiles. En el caso de la madera se pueden aprovechar incluso las cenizas devolviéndolas al campo como fertilizantes. Estos comentarios provienen del Ministerio de Agricultura de la República Argentina, instancia que sostiene (figura I.3) que para elaborar un metro cúbico de material de construcción, la madera es la que menos energía consume.

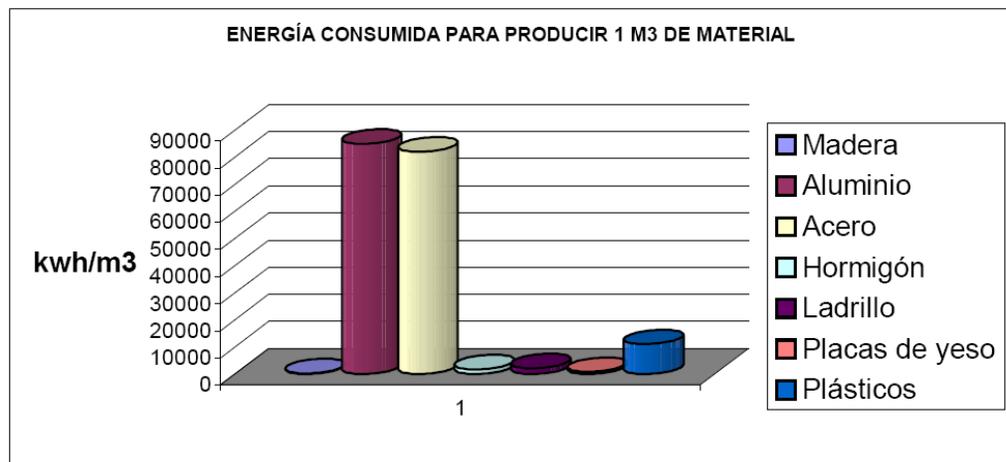


Figura I.3: Relación de energía contenida en cada m3 de material de construcción. (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/build/acv.pdf> 25/05/2010)

### I.1.3 Hipótesis

Si estudiamos el impacto ambiental que produce el uso de cimbra de madera en los colados de losas planas de concreto hidráulico, sabremos el valor ecológico que puede brindar la introducción en el mercado de una superficie de contacto similar pero de material alternativo.

#### **1.1.4 Alcances**

Son muy escasos los trabajos académicos mexicanos que se ocupan de las cimbras de madera (ver Suárez Salazar, 2008), así como del análisis del ciclo de vida de los materiales de construcción, por lo que consideramos de interés conocer las consecuencias del uso generoso y aceptado de madera en la cimbra doméstica, en la autoconstrucción y en la obra pública y privada de los vaciados de concreto in situ.

#### **1.5 Delimitación espacial**

Nuestro ámbito de estudio se limita al Estado de México, que es el más poblado del país con 15'175,862 habitantes (INEGI 2011). El promedio de edad de esta población es de 25.9 años y 87% de ella es urbana, por encima del promedio nacional de 78%. (Aguayo, 2007)

La construcción del área conurbada de la Ciudad de México es un ejemplo del uso monótono del concreto armado como material fundamental de todas las clases sociales.

Sus principales conglomerados humanos son: Ecatepec con 1'656,107 habitantes, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZCVT) con 1'642,320. Nezahualcóyotl con 1'110,565 y Naucalpan con 833,779 habitantes.



Figura I.4. Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México (Foto: Sergio Pons, septiembre 2008)

El Estado de México es un verdadero laboratorio nacional; siendo pequeño territorialmente, tiene una población como la de Ecuador y una gran planta industrial (a pesar de carecer de puertos y de ríos navegables). Su campo es fértil pero decadente en su producción anual y sus serranías conservan bosques de coníferas, de encinos y mixtos.

Si aceptamos que cada losa de estos millones de viviendas fue “colada” sobre cimbra de madera, entenderemos la magnitud de la tala para propósitos no perdurables. El entarimado y sus puntales son sustraídos una

vez fraguada la losa y en su lugar queda la apariencia gris e inacabada del concreto armado.

### **I.1.6 La fuerza de la costumbre**

Esta práctica no sólo se sigue en la autoconstrucción sino que la practican los arquitectos egresados de nuestra universidad, quienes trabajan para un segmento social de alto ingreso, pero que rara vez recurre a la renta de cimbra alternativa, metálica o inflables. La construcción de puentes y carreteras hace también obra falsa en madera en la actualidad, al menos en el Estado de México como se aprecia en la figura I.5.



Figura I.5 Cimbrado de puente vehicular en Paseo Tollocan y Vicente Guerrero. Toluca, México. 2010

## **I.2. Datos censales del Estado de México**

Según el censo de 2010 el Estado contaba con 3'749,106 viviendas.

Interesa destacar que el Estado de México es la segunda entidad del país en la generación de Producto Interno Bruto PIB, pero cae al lugar 21 en el PIB per cápita. Es decir, se trata de un estado que genera riqueza pero donde la distribución de esa riqueza es dispereja dado que según datos del Índice de Desarrollo Humano, el Edomex ocupa el lugar 18 de 30 entidades federativas tabuladas (Aguayo, 2008:90).

### **I.3 Los bosques y el Estado de México**

El Estado de México ha tenido siempre vocación forestal, además de vocación agrícola desde tiempos prehispánicos. La actividad pecuaria en cambio, fue introducida con la Conquista y fue en Atenco, a orillas del río Lerma donde se ubicó la primera ganadería de la Nueva España.

Las zonas boscosas del Estado en la actualidad ocupan 407,547 hectáreas, y están salvaguardadas por la misma Secretaría que promueve el desarrollo agropecuario. Esto nos mueve a comentar que tradicionalmente los campesinos mexiquenses han practicado la tumba, rosa y quema de los bosques para ampliar la superficie agrícola y ganadera, lo que somete a los suelos de ladera a una fuerte erosión en épocas de lluvia. (INEGI,2008)<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Sin embargo según la información estatal de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario SEDAGRO a través del *Inventario Forestal del Estado de México* editado en 2010, se nos dice que los bosques ocupan 703,949 hectáreas. P.32

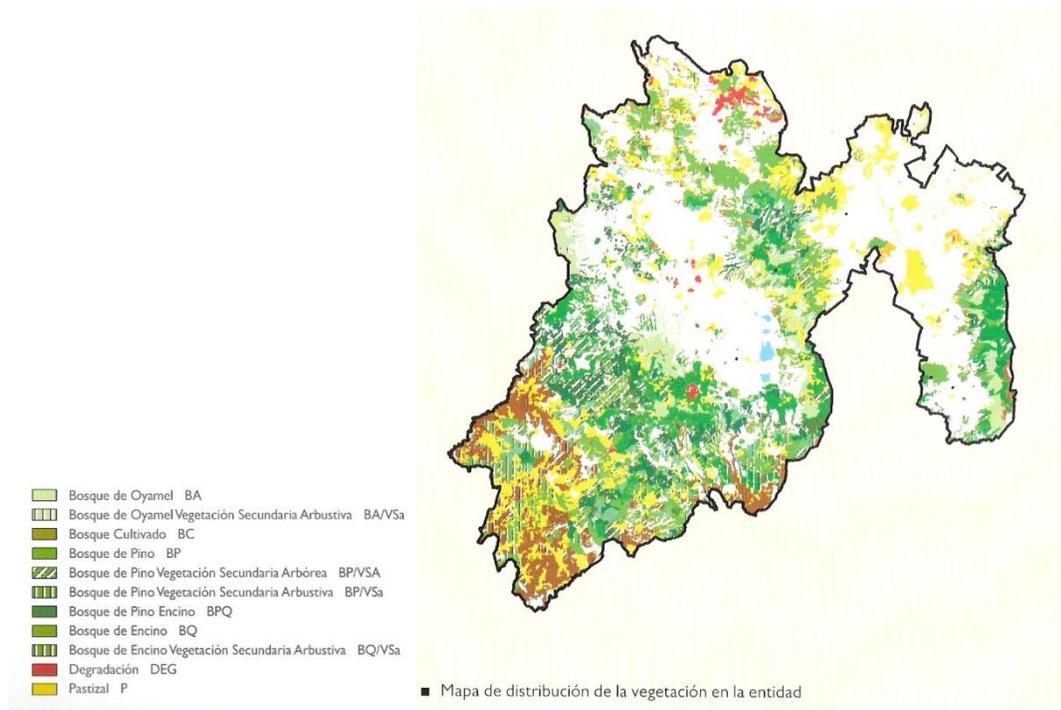


Figura I.6: Mapa tomado del Inventario Forestal del Estado de México (2010)

En 1970 el área boscosa del Estado era de 698,400 hectáreas (García, 1977), lo que nos habla de una merma de 290,853 hectáreas en 30 años, es decir, del 58%. Sin embargo: *“La Secretaría de Desarrollo Agropecuario es una agrupación de unidades públicas administrativas que tiene por objeto planear e impulsar el desarrollo integral y sustentable de las actividades agropecuarias y forestales, con visión empresarial y responsabilidad social, para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los productores del Campo Mexiquense y a la seguridad alimentaria”* (Portal Edomex, 2008). Vemos que la Secretaría de Desarrollo Agropecuario SEDAGRO es la que tiene a su cargo también las áreas forestales y quizás esto explique el destino agropecuario

de áreas forestales en el Estado de México. En el Capítulo II se analiza un caso inverso en un área del Canadá.

### I.3.1 Marco Ambiental

La arquitectura vernácula ya no se construye y las habilidades necesarias para ejecutarla se acaban con los ancianos. Los jóvenes albañiles sólo saben “echar colados” y armar varilla por receta de imitación. Para esto se hace uso constante de piezas de madera verde; se compra o se renta cimbra de madera, la que es práctica, barata y fácil de conseguir en el comercio informal, figura I.7.



Figura I.7: Cartel en la colonia Francisco I Madero, Metepec (foto: Andrés Galindo, 2008)

*Rentar cimbras de madera es un negocio clandestino, el que alimenta la tala. Quienes autoconstruyen no piden facturas con IVA desglosado y además garantizan el barril sin fondo del que renta porque echan a perder mucha madera. Así, rentar cimbra es un gran negocio, donde se cobra el desperdicio constante de madera recortada y el deterioro de las piezas y entonces... a seguir talando. (Bianconi, 2006)*

Otro uso constante de la madera para propósitos efímeros lo constituyen las tarimas sobre las que se desplazan los productos industrializados; lo cual no es malo en sí mismo para los países donde la madera es un recurso renovable. Preocupa en el Estado de México, sin embargo, porque la tala clandestina no conoce de reforestaciones comerciales ni del uso racional de los bosques. “...aprovechando la ventaja que representa su cercanía al mercado de madera más grande del país, la Ciudad de México.”(Sangri Namur et al. 2008)



Figura I. 8: Palets recicladas en el centro de Metepec. 2008)

Las tarimas que vemos en la figura 7, son revendidas para distintos fines; cuando quedan muy deterioradas las compran como leña los artesanos de Metepec, para quemar en los hornos de cerámica.

Tanto las tarimas extranjeras que vemos en la figura I.9, como las nacionales que salen con nuestras exportaciones, deben haber sido hechas

con madera tratada, lo que garantiza la inexistencia de plagas. Los sellos de garantía son los que se observan en la figura I.9.



Figura I.9. Tarima estadounidense, de venta en una calle de Metepec, Estado de México

El uso cotidiano de cimbra de madera aserrada en la construcción de las losas de concreto armado con que se construye la creciente mancha periurbana del Estado de México, mueve a suponer que existe una relación directa entre el deterioro de la superficie de contacto de esa cimbra y la explotación indiscriminada de los bosques del Estado.

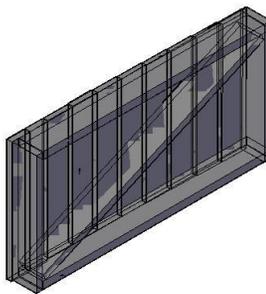


Figura I.10: Tarima convencional de madera de 50 cm de alto por 100 cm de largo.

Como veremos más adelante, el consumo de madera en el país es superior a la producción silvícola. Este déficit se suple en forma legal con

importaciones de Chile, Sureste asiático y Canadá, y, de manera ilegal, con tala clandestina; fenómeno cotidiano en nuestra entidad.

Los datos oficiales más recientes de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT son del año 2007. En la tabla I.1, marcamos en color la producción de pino dado que es la madera usada en la producción de cimbra para colado de concreto.

**Tabla I.1: Producción nacional de m3 en rollo de madera de pino.**

Año	Total	Pino	Oyamel	Otras coníferas	Encino	Otras latifoliadas
<b>Volumen</b> (metros cúbicos en rollo)						
1989	8,888,276	7,462,097	238,490	73,007	437,565	170,412
1990	8,157,204	6,860,617	233,038	62,272	408,679	173,404
1991	7,688,515	6,455,156	219,616	68,438	385,109	145,370
1992	7,682,061	6,440,827	223,596	56,738	416,601	136,170
1993	6,349,356	5,066,051	217,278	41,064	525,711	164,937
1994	6,406,750	5,438,055	214,876	56,731	307,499	141,813
1995	6,302,417	5,351,723	162,860	49,772	462,225	74,103
1996	6,843,786	5,783,299	140,054	62,634	578,687	77,684
1997	7,711,809	6,400,919	252,605	38,962	642,879	120,334
1998	8,330,982	6,970,689	271,297	22,418	692,915	125,645
1999	8,496,726	7,005,781	331,816	15,708	662,509	128,729
2000	9,429,800	7,506,673	412,420	37,252	918,603	187,632
2001	8,124,571	6,551,720	301,965	35,523	785,155	188,645
2002	6,664,720	5,304,555	218,714	34,278	658,856	170,248
2003	6,996,771	5,488,603	203,523	66,378	761,320	135,564
2004	6,718,508	5,110,479	205,923	48,261	623,363	330,653
2005	6,423,897	4,870,130	151,891	41,874	731,025	156,711
2006	6,481,168	4,922,913	112,418	73,610	777,047	100,029
2007	6,988,461	5,655,928	116,860	36,066	561,069	153,109

Fuente: Anuario Forestal 2007. SEMARNAT.

Según los datos oficiales la máxima producción maderable de pino se obtuvo en el año 2000. Desde entonces viene decayendo. Para el Estado de México encontramos los datos siguientes en la figura I.11, suministrados por la Comisión Nacional Forestal CONAFOR

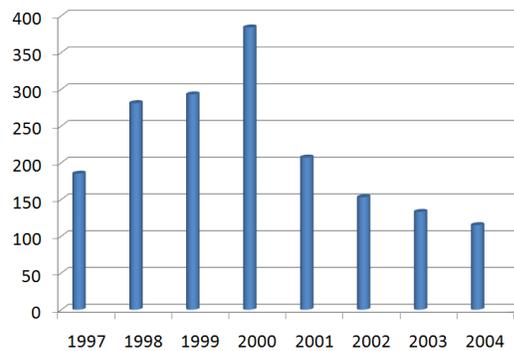


Figura I.11: visualización de los datos de producción de pino en el Estado de México en base a los datos de la CONAFOR

[http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3\\_FORESTAL/D3\\_RFORESTA04/D3\\_RFORESTA04\\_02.htm](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/secciones/demas/compendio2006/Reportes/D3_FORESTAL/D3_RFORESTA04/D3_RFORESTA04_02.htm) (02/02/2010)

Resulta importante esta información a la luz de las constantes denuncias de tala clandestina que sufre el Estado de México (Bianconi, 2006,b). Personal de la Protectora de Bosques del Estado de México PROBOSQUE recurrieron a quienes tenemos posibilidad de publicar en los medios impresos para dar su versión del problema, donde ellos, sin armas, son quienes deben detener en flagrancia a los taladores clandestinos. Estos taladores además de estar armados son protegidos por comuneros que obtienen ventaja de este trasiego ilegal. La narración de estos encuentros aparece en link:

<http://www.susanbianconi.blogspot.mx/2010/08/tala-clandestina.html> .

Vemos que la producción de madera baja, al mismo tiempo que la tala clandestina de madera se perpetúa como un mal endémico.

La figura I.12 ilustra el sistema complejo económico - social de la cimbra de madera. En esta imagen la autora de este trabajo pretende sintetizar los componentes involucrados en su caso de estudio.



Figura I.12: Sistema complejo económico y social involucrado en la construcción del concreto armado colado in situ.

En vista de lo anterior el presente trabajo se limitará a proponer alternativas viables y económicas al uso indiscriminado de la obra falsa de madera (cimbra) con el propósito de que exista en el mercado local una tarima que sustituya a la que tiene una superficie expuesta al concreto hidráulico.

#### I.4.1 Impulsos oficiales y reacción privada

Años atrás, la Protectora e Industrializadora de Bosques (PROTIMBOS) dependiente de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México, intentó sin éxito promover la construcción en madera. Editó sin embargo unos manuales de gran utilidad, donde se detallaban armaduras, elementos estructurales y sistemas de techos en madera laminada<sup>6</sup>.

Es evidente que esta instancia estatal no pudo competir contra la agresiva campaña publicitaria de la industria cementera, que a la par de imponer su producto (altamente contaminante y con gran energía contenida en su proceso de producción) en sacos de 50 kg., alienta los prejuicios contra la construcción en madera en forma velada, asegurando que su material da seguridad, lo que como veremos en el siguiente capítulo, no es necesariamente cierto.

Los prejuicios en contra de la construcción en madera son

- el fuego
- los insectos
- la capacidad de carga
- la durabilidad y el mantenimiento

**I.4.1.1 Fuego.** Las escuadrías usadas en la arquitectura tradicional mexicana, de viguería y de columnas con fuste de madera, no son presa del fuego porque el siniestro al atacarlas les provoca un daño superficial que se transforma en ceniza y que extingue la llama. Ocurre lo mismo que cuando

---

<sup>6</sup> Los manuales de PROTIMBOS son los Catálogos 4, 7 y 9 de una edición titulada Horizonte XXI, de 1982

se controlan incendios forestales con fuego, quemando franjas de pastizales, de manera tal que al llegar el siniestro a esa ceniza, se extingue. (COFAN, 1994:79)

**I.4.1.2 Insectos.** El tratamiento preventivo de la madera con preservadores es requisito previo a su uso estructural, y garantía de que no será atacada por insectos. Se realiza una sola vez y es suficiente en el altiplano. Las zonas cálidas del Estado deben recurrir al tratamiento si se detecta un insecto, un hongo o una mancha. La creosota es el compuesto en el que se sumergen los troncos de los postes de teléfono y que les confiere un peculiar color verdoso y una larga vida a la intemperie. En la tabla 1.2 se enlistan los preservadores existentes en el mercado.

**Tabla 1.2:** Preservadores para la madera

<b>Clasificación de los Preservadores para Madera</b>			
<b>Clase 1 hidrosolubles</b>	<b>Clase 2 Oleosolubles</b>	<b>Clase 3 Creosotas</b>	<b>Clase 4 antimanchas</b>
<b>ACC</b> Cromato ácido de cobre	<b>PCP</b> Pentaclorofenol	Creosotas	<b>PCP-Na</b> Pentaclorofenato de sodio
<b>ACA</b> Arsenato de cobre amoniacal	Naftenato de cobre	Mezcla de creosotas	2-tiocianometiltio – benzotiazol
<b>FCAP</b> Flúor, cromo, arsenato, fenol	<b>Q8-Cu</b> Quinolinolato 8 de cobre		Metilen bistiocianato y benzotiazol

<b>BORO</b> Octaborato de sodio			2-fenil fenol
<b>CCA</b> Arsenato de cobre cromado			Tiofianato de metilo y clorotalonilo

Fuente: NMX-C-178-ONNCCE-2001

**I.4.1.3 Capacidad de carga.** En cuanto a la capacidad de carga de la madera y sus limitadas longitudes para poder techar grandes luces, oponemos el ingenio. El uso de armaduras salva grandes claros y soporta grandes pesos, tanto de carga muerta como de carga viva. Los grandes salones del Museo del Louvre están realizados sobre armaduras de madera, tienen muchos siglos y soportan miles de turistas diariamente. Lo mismo se puede decir de los más famosos teatros de ópera europeos.

#### **I.4.1.4 Durabilidad y mantenimiento**

Si la madera es tratada antes de ser usada en una estructura, su durabilidad está garantizada. Para evitar el surgimiento de hongos la madera debe quedar expuesta, no ocultada en la oscuridad. Sus extremos no deben entrar en contacto con concreto húmedo. Tomando estas providencias, las estructuras de madera sobrevivirán a su creador como queda en evidencia en la figura I.13.



Figura I.13: Casa Medieval en Oxford, Inglaterra, en la esquina de Ship St. y Cornmarket St., centro, en la actualidad con uso comercial en planta baja. Foto: Googleapis

En zonas sísmicas como la nuestra la madera tiene la bonanza de ser flexible y regresar a su posición inicial. Las trojes de las haciendas de La Gavia y de La Pila (figura I.14) son testimonios locales de la durabilidad de la madera expuesta a la intemperie.



Figura I.14 Troje de troncos de madera de la ex hacienda La Pila, hoy Centro Cultural Mexiquense, Toluca, Estado de México

### I.3 Marco Normativo

### I.3.1 Marco Normativo Nacional

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) de 1988 y actualizada en 2007, es la que regula el ámbito forestal, entre otros y la que expide las normas mexicanas (Artículo 5to, fracción V). De ella emana la política ambiental nacional que se ejecuta a través de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

Las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera del Distrito Federal (Normas, 2004) son sin duda un excelente manual que cubre todos los aspectos relacionados con la utilización de la madera en la construcción. A su vez, las Normas Oficiales Mexicanas contienen la información, requisitos, especificaciones y metodología, que para su comercialización en el país, deben cumplir los productos o servicios a cuyos campos de acción se refieran. Son, en consecuencia, de aplicación nacional y obligatoria.

NMX-C-239, clasificación de madera de coníferas.

NMX-C-224-ONNCCE, clasificación visual de maderas latifoliadas-2001.

NMX-C-239-1985. *Calificación y Clasificación de Madera de Pino para Uso Estructural*

NMX-C-438-ONNCCE-2006. *Industria de la Construcción– Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Clasificación y Especificaciones.*

NMX-C-439-ONNCCE-2006. *Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Propiedades Físicas – Métodos de Ensayo.*

NMX-C-440-ONNCCE-2006. *Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Propiedades Mecánicas – Métodos de Ensayo.*

NMX-C-409-ONNCCE-1999. *Industria de la Construcción – Elementos de Madera – Clasificación Visual para Maderas Latifoliadas de Usos Estructural.*

NMX-C-411-ONNCCE-1999. *Industria de la Construcción – Vivienda de Madera – Especificaciones de Comportamiento para Tableros a Base de Madera de Uso Estructural.*

NMX-C-443-ONNCCE-2006. *Industria de la Construcción – Madera – Contenido de Humedad de la Madera – Métodos de Ensayo.*

NMX-C-446-ONNCCE-2006. *Viviendas de Madera y equipamiento Urbano. Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Mecánicas de la Madera de Tamaño Estructural.*

Por otra parte, la utilización de madera en la construcción y en la industria, está regulada por la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal):

*Creada por Decreto Presidencial el 4 de abril del 2001, es un Organismo Público Descentralizado cuyo objeto es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas, y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable.*  
(CONAFOR 2008)

### **I.3.2 Marco Normativo Internacional**

Las normas ISO (International Organization for Standardization) son las que norman cuestiones ambientales de Análisis de Ciclo de vida, a saber:

ISO 14000, medioambiental

ISO 14040, Análisis de Ciclo de Vida

Estas normas internacionales tienen por objetivo que los productos se integren y funcionen con materiales, procesos, sistemas y métodos que eviten riesgos a la salud, a la vida y al patrimonio de los consumidores.

*A partir del análisis de materiales desde la perspectiva del ACV se ha abierto un nuevo campo de aplicación de la madera en la construcción. Sus valores ambientales le incorporan valor agregado en forma cuantificable a través de las declaraciones ambientales.*

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/build/acv.pdf>

### **I.3.3 Seguridad**

En el Estado de México recurrimos al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, a falta de uno propio, cada vez que requerimos conocer márgenes de seguridad y para seguir en general un criterio profesional en las obras de construcción. Las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal tocan el tema de las cimbras de la siguiente manera:

*Toda cimbra se construirá de manera que resista las acciones a que pueda estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la colocación, compactación y vibrado del concreto. Debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivos; y suficientemente estanca para evitar el escurrimiento del mortero. En su geometría se incluirán las contraflechas prescritas en el proyecto.*

*Inmediatamente antes del colado deben limpiarse los moldes cuidadosamente. Si es necesario se dejarán registros en la cimbra para facilitar su limpieza. La cimbra de madera o de algún otro material absorbente debe estar húmeda durante un período mínimo de dos horas antes del colado. Se recomienda cubrir los moldes con algún lubricante para protegerlos y facilitar el descimbrado.*

*La cimbra para miembros de concreto presforzado deberá diseñarse y construirse de tal manera que permita el movimiento del elemento sin provocar daño durante la transferencia de la fuerza de presfuerzo.*

#### *Descimbrado*

*Todos los elementos estructurales deben permanecer cimbrados el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia suficiente para soportar su peso propio y otras cargas que actúen durante la construcción, así como para evitar que las deflexiones sobrepasen los valores fijados en el Título Sexto del Reglamento.*

*Los elementos de concreto presforzado deberán permanecer cimbrados hasta que la fuerza de presfuerzo haya sido aplicada y sea tal que, por lo menos, permita soportar el peso propio del elemento y las cargas adicionales que se tengan inmediatamente después del descimbrado. (Normas Técnicas, 2004)*

Cabe destacar que el cálculo de la capacidad de carga de una cimbra es un tema que se soslaya en la licenciatura de arquitectura y que se deja al criterio del maestro albañil. La intuición de estos trabajadores, casi todos sin escolaridad especializada y la versatilidad de la madera (que trabaja tanto a tensión como a compresión) han evitado que colapsen obras de gran peso durante su ejecución.

Dentro del Plan flexible 04, vigente en la Facultad de Arquitectura de la UAEMex, sólo la Unidad de Aprendizaje 108 de la Licenciatura en Arquitectura titulada *Características y Propiedades de los Materiales*, dedica una Unidad por Competencia, la IV, al estudio de: “Madera, Usos en obra negra y usos en obra blanca y acabados”.

## **I.4. Objetivos**

### **I.4.1 General**

Evaluar el Impacto Ambiental de la madera aserrada que va a la construcción en forma de cimbra, específicamente en superficie de contacto en construcción de losas para generar alternativas.

### **I.4.2 Particulares**

\*Introducir los valores de ciclo de vida (CCV o Life Cycle Assessment) de la madera de cimbra.

\*Evaluar el volumen de cimbra por unidad de superficie de contacto de concreto.

\*Conocer los montos reales de madera nativa que se destinan al uso de cimbra dentro del área de estudio.

\*Analizar la Huella Ecológica para la tarima de madera (0.50 x 1.00)

\*Proponer materiales de matriz polimérica para cimbra alternativa.

\*Comparar desempeños de otras superficies de contacto de tarima.

**Se evaluará la pertinencia de sustituir con un material industrializado la superficie de contacto de la tarima, procurando que:**

1. Sea más ligero en peso que la madera húmeda
2. No se deforme al contacto con la humedad
3. Soporte la misma carga que la cimbra convencional
4. Pueda recortarse en obra con serrote como la madera
5. Tenga un número de usos mayor a los de la cimbra de madera
6. Cueste lo mismo o menos que la madera

### **I.5 Metodología**

<b>Etapas</b>	<b>Técnicas, Métodos y Modelos de Investigación</b>
1. Recolección de información	Se buscarán datos en campo sobre la cuantía y origen de la madera utilizada comúnmente en las cimbras antes señaladas.
2. Procesamiento y Análisis	Se compararán distintos métodos constructivos con sus respectivos insumos de cimbra.

3. Experimentación	Se efectuarán pruebas físicas en laboratorio de materiales
4. Presentación de Resultados	Se estudiarán materiales alternativos existentes en el mercado para intentar competir en el medio de la renta/venta de cimbra.

### I.5.1 Organismos dedicados a la Valoración del Impacto Ambiental

Estados Unidos cuenta con el Building for Environmental and Economical Sustainability, conocido por el acrónimo **BEES** y que nace del National Institute of Standards and Technology Interagency Report, **NISTIR**. En cuestiones relacionadas con la madera hemos recurrido al también estadounidense **CORRIM** ([Consortium for Research On Renewable Industrial Materials](#)).

[De mayor popularidad a nivel internacional, se ha posicionado el conjunto de normas \*\*LEED\*\* \(Leadership in Energy and Environmental Design\), también norteamericanas.](#)

A su vez, el Reino Unido tiene su propio instituto, de larga trayectoria, el **BRE**, Building Research Establishment que cuenta con un departamento específico para la valoración de Impacto Ambiental, el Environmental Assessment Method que unido al acrónimo anterior resulta **BREEAM**.

Suiza, Suecia, Bélgica y Alemania cuentan con la Federal Office for the Environment, **FOEN** y con el programa **Ecoinvent** como base de datos para estudiar el ciclo de vida de 4,000 procesos industriales, que incluyen los materiales de construcción.

Holanda a su vez cuenta con otra base de datos para evaluar el ciclo de vida llamada **PRé**, donde **SimaPro** constituye lo más reciente en su oferta por salvar la distancia entre la teoría y la práctica.

El Instituto **Anthena** de Ontario, Canadá, está abocado fundamentalmente a comparar impactos de obra nueva contra obra existente restaurada o reciclada.

Por último, existe el **Eco Indicator 99**, británico, dirigido a productos propios del diseño industrial, que analizan objetos desde el enfoque de la evaluación del ciclo de vida.

Enumeramos estos organismos para señalar que la tendencia en el ámbito académico de la construcción, en este siglo XXI, es la de familiarizar al consumidor (diseñador y constructor) con el impacto ambiental que conlleva la elección de cada material.

## **I.6 Sumario**

En este primer Capítulo se introdujeron todos los temas relacionados con el tema de tesis y se acotaron sus alcances y relevancia en el campo de la cotidianidad de la construcción en el Estado de México.

### ÁMBITO FORESTAL Y ANÁLISIS DEL RECURSO MADERA

*Macondo era ya un pavoroso remolino de polvo y escombros centrifugado por la cólera del huracán bíblico, cuando Aureliano saltó once páginas para no perder el tiempo en hechos demasiado conocidos, y empezó a descifrar el instante que estaba viviendo, descifrándolo a medida que lo vivía, profetizándose a sí mismo en el acto de descifrar la última página de los pergaminos, como si se estuviera viendo en un espejo hablado. Entonces dio otro salto para anticiparse a las predicciones y averiguar la fecha y las circunstancias de su muerte. Sin embargo, antes de llegar al verso final ya había comprendido que no saldría jamás de ese cuarto, pues estaba previsto que la ciudad de los espejos (o de los espejismos) sería arrasada por el viento y desterrada de la memoria de los hombres en el instante en que Aureliano Babilonia acabara de descifrar los pergaminos, y que todo lo escrito en ellos era irreplicable desde siempre y para siempre, porque las estirpes condenadas a cien años de soledad no tenían una segunda oportunidad sobre la tierra.<sup>7</sup>*

Como el Macondo de García Márquez, nuestro Estado de México es un pavoroso remolino de polvo y escombros.

#### II .1 Antecedentes

Gran parte del Estado de México fue un territorio forestal hasta la llegada de la Reforma Agraria. El cambio de uso se produjo después de que las compañías madereras inglesas talaran vastas extensiones antes del inminente reparto agrario (Romero Contreras, 1997). Esas tierras boscosas, una vez taladas, pasaron al uso agrícola o al aprovechamiento de la raíz de

---

<sup>7</sup> García Márquez, Gabriel. Cien Años de Soledad. Alfaguara 2007 Edición Conmemorativa pp. 470-471. (1era edición, Editorial Sudamericana, S.A 1967).

zacatón, como en San Felipe del Progreso donde la tala desmedida se venía dando desde el s XIX.

*“Durante el s XIX las zonas boscosas de San Felipe del Progreso fueron explotadas intensivamente, lo que ocasionó la deforestación de grandes extensiones, mismas que con el paso del tiempo se cubrieron de vegetación secundaria como el zacatón. [...] El zacatón encuentra un clima propicio para su óptimo desarrollo en suelos que fueron forestales [...] se establece y perdura a causa de un intenso y prolongado disturbio, realizado a través de la tala, incendios y pastoreo”*  
(Romero Ahedo, 2002, 151-152)

Cabe mencionar que los suelos del Estado de México son fundamentalmente cuatro: el de la alta montaña, por sobre la cota de 4,000 m.s.n.m., el forestal (bosques de coníferas y de pino-encino), los valles aluvionales adecuados para la siembra de cereales y para el pastoreo y por último las serranías por debajo de los 2,000 m.s.n.m., que sostienen la selva baja caducifolia.

## **II.2 Situación actual en el Estado de México**

A principios de este siglo XXI, los macizos forestales mexiquenses proveedores de la madera para cimbra, sufren dos presiones diferentes, de origen opuesto pero de resultado convergente. Por un lado existe una endémica tala clandestina, tala que no reforesta y que deja los suelos a merced de la erosión. Por otro lado, la falta de observancia de la legislación

que dio origen a los Parques Nacionales<sup>8</sup> y que sigue vigente, condena a los bosques a un envejecimiento constante, lo que provoca baja o nula producción de oxígeno y bajo sumidero de bióxido de carbono.

En el caso del Parque Nacional Nevado de Toluca, los cultivos de papa han desplazado áreas forestales. La papa es sembrada con los surcos en el sentido de la pendiente de la ladera, lo que provoca una rápida pérdida de suelo en la etapa de lluvias; mientras que no existen aprovechamientos forestales autorizados. La cosecha de madera se da cada 20 años mientras que la de papa se da una o dos veces al año (ver anexo 3).

La madera es un material de construcción poco usado en nuestro medio. No se construye en madera, sin embargo la madera está siempre presente en las obras de construcción en forma de cimbra para el concreto armado y como pedacería multiusos como se aprecia en la figura II.1.

---

<sup>8</sup> En el caso del Nevado de Toluca el Decreto es de enero de 1936. El 19 de febrero de 1937, se modifica y se declara: "Considerando, que de los estudios verificados dentro de los límites del Parque Nacional "Nevado de Toluca", se ha determinado la conveniencia de destinar una porción de terrenos para constituir con ellos una reserva forestal nacional, cuyos productos maderables, trabajados en forma racional y bajo la inmediata atención del Departamento Forestal y de Caza y Pesca, presten los beneficios de orden económico indispensables a los grupos de trabajadores de la comarca que habitualmente viven de la explotación de los bosques, sin que con ello se perjudique la finalidad principal".  
<http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/parques/Nevadotoluca.pdf>



Figura II.1: Desechos de madera en la construcción doméstica convencional. A lo largo del proceso constructivo, la madera sufre dos deterioros, el del contacto directo con el concreto hidráulico y el de sucesivos recortes para satisfacer medidas no modulares. Foto: Andrés Galindo

Desde 2006, el Gobierno del Estado de México lleva a cabo un proyecto de reforestación de microcuencas. El programa se llama PRORRIM (Programa de Reforestación y Restauración de Microcuencas) y pretende detener la erosión severa de 32,000 hectáreas. PROBOSQUE (Protectora de Bosques del Estado de México) es la instancia oficial que lleva a cabo este proyecto.

El Ing. Agrónomo Jorge Rescala Pérez, Director de PROBOSQUE (2005-2011) trabaja en dos frentes distintos: el de los programas como CORRIM y el de la lucha contra quienes talan madera clandestinamente. Lo que sigue es el panorama actual, citado por el diario Sol de Toluca en su edición del domingo 12 de octubre de 2008, el Ing. Rescala sostiene:

*“Antes transportaban la madera en camiones, después en camionetas de tres toneladas, incluyendo las camionetas cerradas y ahora traen hasta suburban sin asientos, donde meten los trozos. Entonces uno está esperando el camión o la camioneta y no se da uno cuenta que también van es esos vehículos... los delincuentes están observando a las autoridades*

*y saben perfectamente que están haciendo muchos operativos y supervisando madererías, por lo que siempre andan buscando nuevas estrategias para su transportación y comercialización. Desafortunadamente no ha desaparecido la tala clandestina, por lo que se sigue combatiendo mediante diferentes estrategias, tanto de reconocimiento en el bosque como recorridos y supervisando madererías y aserraderos donde hay la sospecha de que están introduciendo madera ilegal... este año se han realizado 551 operativos que han derivado en 114 [personas] puestas a disposición ante el Ministerio Público, no obstante que ha habido una disminución en comparación con el año pasado.”* (Santiago Martínez, 2008)

¿Para qué usos se puede destinar la madera cortada en trozos tan cortos que quepan en una camioneta familiar *suburban*? Para poco más que para hacer cimbra. No sirve evidentemente para obtener vigas portantes, ni siquiera para sacar tablones de 3 metros. La industria del mueble rústico quizá pueda también aprovecharla.

Bajo el encabezado de “Balacera taladores-ASE” del mismo diario, pero del martes 7 de abril de 2009, una nota se refiere a los saqueos en la zona boscosa de la mariposa Monarca y a la detención de un talamonte:

*“San José del Rincón, Méx. En plena casa de la mariposa Monarca, decenas de taladores, al ser descubiertos cuando talaban (sic), se enfrentaron a balazos con elementos de la Agencia de Seguridad Estatal. En su huida, los delincuentes ecológicos se vieron obligados a quemar casi el total de camionetas cargadas de madera que llevaban para evitar ser detenidos; sin embargo, aún así se logró la detención de un talamonte y una camioneta cargada con troncos... Tras la llegada de los uniformados, en el paraje conocido como “El Pozo”, fueron recibidos a balazos por un grupo de aproximadamente 40 taladores que se encontraban a bordo de al menos siete camionetas de tres y media toneladas. Los elementos de forma inmediata repelieron la agresión y al verse superados los taladores decidieron huir. Por caminos de terracería, los delincuentes ecológicos fueron prendiéndole fuego a varias camionetas”. (Miranda, 2009)*

Resulta interesante analizar esta nota periodística: se les llama delincuentes ecológicos a gente armada, organizada en grupo de 40, de la misma manera que las autoridades federales llaman delincuentes contra la salud a quienes venden o trasiegan drogas y andan armados con granadas y bazukas. El crimen organizado no sólo atenta contra la ecología o contra la salud, sino contra un Estado nacional al que no respeta.

La Dra. Julia Carabias, secretaria de Ecología durante el sexenio del Dr. Zedillo, lo explica con respecto a los suelos que son la base de los bosques y la víctima colateral de la tala:

*“En 1946 se creó la Dirección General de Conservación de Suelo y Agua dentro de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la cual perdió su nivel en 1982 al convertirse en una subdirección. Por primera vez, en 1995, se creó una Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos, vinculada al sector ambiental, pero desafortunadamente no sobrevivió después del cambio de gobierno y desapareció en 2001.*

*Actualmente la gestión del suelo está dispersa en la administración pública. Algunas funciones son atendidas por Sagarpa, otras por Semarnat y por Conafor. La coordinación interinstitucional es casi nula y las respuestas institucionales, a pesar de la gravedad del tema, son muy débiles. Peor aún, muy frecuentemente, los programas y acciones de las distintas instituciones y de los tres órdenes de gobierno son contradictorios con respecto a este tema.*

*Por otro lado, el marco jurídico sobre los suelos es poco preciso y también está disperso en varias leyes y normas. Los diputados aprobaron la iniciativa de Ley para la Conservación y la Restauración de las Tierras, pero el Senado la rechazó en 2005. En suma, México carece de una visión integral y de una política nacional sobre el suelo, a pesar de que casi la mitad de la tierra del país tiene algún nivel de degradación”. (Carabias, 2009)*



Figura II. 2: Operativo contra taladores clandestinos, Diario REFORMA, sábado 16 de mayo 2009. Se decomisan - en el operativo de la imagen- el equipo usado para aserrar los troncos en el mismo paraje de la tala.

El Inventario Forestal del Estado de México editado en 2010 por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México y por la Protectora de Bosques, no da cifras sobre la tala clandestina ni sobre el volumen de madera decomisada.

### II.3 Marco Internacional

En el marco internacional, llaman la atención las declaraciones de Sarah Shoraka, de Greenpace International al semanario Guardian Weekly (Adam, 2009): “Zapatos, bolsas de mano y comida precocida, no se asocian normalmente con la destrucción de la selva ni con el cambio climático, pero

aquí hemos encontrado un revólver humeante”. Se refiere a la deforestación de la selva brasileña para convertirla en terrenos de pastoreo, un fenómeno que México experimentó en sus territorios selváticos de Chiapas y Campeche en las décadas 70 y 80 del siglo pasado. Lo dicho es observable en las fotos satelitales que evidencian las líneas fronterizas, al notarse verde el lado guatemalteco y árido el lado mexicano.



Figura II.3: Las líneas geodésicas usadas durante el porfiriato para trazar los límites fronterizos se ven con claridad en las fotos satelitales del Google Earth (2009), gracias al contraste evidente entre la tierra deforestada por los ganaderos mexicanos y la vegetación natural guatemalteca.

El tren de vida contemporáneo es el culpable de la tala clandestina, ejercida de forma oscura por anónimos taladores, que a la postre abren al ganado las hectáreas requeridas por las grandes cadenas de supermercados para proveer carne y derivados cárnicos a un mercado creciente de gente afluente. Esta presión la sufren en la actualidad Brasil y China.

El reporte de *Greenpace* sostiene que “La ganadería es la mayor causa de deforestación en el mundo y es un desastre para el combate contra el cambio climático” (Adam, 2009)

En el caso del Estado de México, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Ganadería, SEDAGRO es la institución que tiene a su cargo también el cuidado de los bosques, a través de PROBOSQUE, lo que no es necesariamente prudente, porque tradicionalmente el agro se ha abierto campo a expensas de las áreas boscosas. Idealmente el organismo encargado de la protección de las áreas boscosas debería ser independiente de las instancias que promueven la siembra y el pastoreo. Quizás por eso es que desde 2006, existe en la entidad una Comisión de la Cuenca de Valle de Bravo, que vela por la calidad de los bosques como garantía de suministro de agua. Este organismo nació de un presupuesto semilla oficial, a fondo perdido, y garantiza su desempeño mediante la aportación del 3.5% de lo recaudado por concepto de pago de agua. De esta manera goza de independencia de los vaivenes políticos sexenales.

### **II.3.1 Caso extremo de Haití**

Como se aprecia en la imagen inferior, décadas de deforestación han dejado a Haití indefenso contra la fuerza de los huracanes y las inundaciones. Las defensas naturales de este país caribeño están destruidas al haber sido talado el 98% de sus bosques (Goldenberg, 2009) por campesinos desesperados por convertir la madera en carbón.



Figura II.4: El río divide Haití de República Dominicana, obsérvese la diferencia de cobertura vegetal entre ambos países (fuente: Google Earth, 2011)

*Esfuerzos por reforestar Haití, no fueron adecuados, como el emprendido por la Agencia Estadounidense de Desarrollo Internacional que insentivó la plantación de eucaliptos de rápido crecimiento. Inmediatamente los árboles fueron talados para convertirlos en combustible.*

*Otros esfuerzos colapsaron en 1990 cuando los embarques de petróleo a la isla fueron bloqueados por la comunidad internacional cuando el presidente Jean-Bertrand Aristide fue depuesto. Esto provocó la pérdida del 40 % de la masa forestal en esa década. Tomó hasta el año pasado (2008) encontrar la conexión entre la devastación del paisaje y los desastres naturales.*

*En la actualidad se están introduciendo árboles de mango y aguacates para que sostengan el suelo de las colinas deforestadas, pero todo esto parece poco y hecho a destiempo. (Goldenberg, 2009)*



Figura II.5: Lluvias intensas sobre Haití, terreno deforestado en el albergue para damnificados del temblor del 12 de enero de 2010. Foto: Alfredo Domínguez, La Jornada 12/04/10.

Las escenas del temblor de Haití nos mostraron construcciones de concreto armado destruidas, pesadas losas volteadas sobre frágiles columnas partidas. Desde la experiencia sísmica mexicana, podemos decir que la construcción improvisada en concreto armado es peligrosa, su comportamiento en temblores puede ser frágil, como el caso haitiano. Si los bosques de Haití gozaran de cabal salud, su arquitectura popular podría ser de madera y esa arquitectura ligera hubiera respondido mejor a las sollicitaciones sísmicas. Lamentablemente, el escenario fue enteramente contrario y desafortunado.

### **II.3.2 Ejemplo de Canadá**

Quebec en Canadá ha aumentado su superficie silvícola ostensiblemente, como se aprecia en el mapa comparativo de 1924 y 1992 de la figura II.6. Es notable también el incremento del área urbana (en rojo) y el área de habitación (en morado). Se observa la disminución del área dedicada a la agricultura (en amarillo).

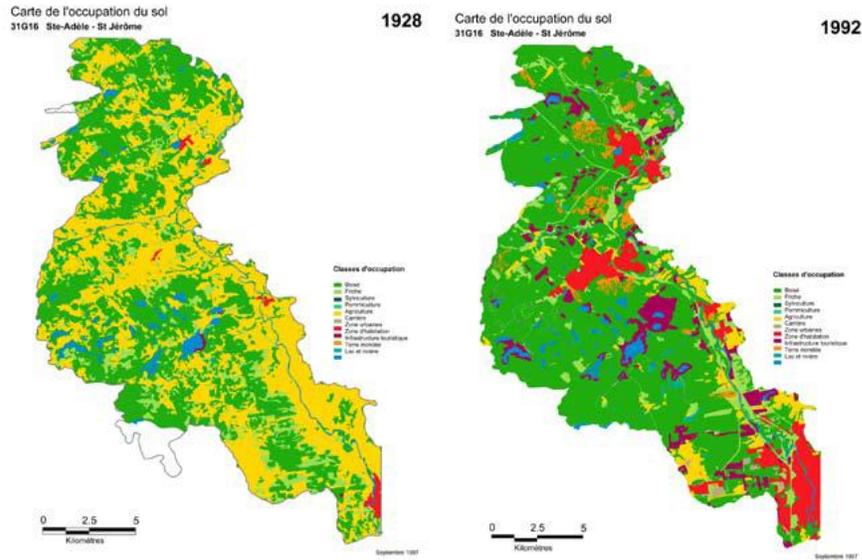


Figura II.6: El verde oscuro marca el aumento de masa forestal. Tomado del *Análisis diacrónico del uso del suelo* (Guía del manejo del Paisaje en Quebec 2009, Domon et al., 2000)

Este fenómeno canadiense parece adecuado para ser replicado en nuestra situación actual en México. En la década pasada, primera del siglo XXI, el campo mexicano ha caído en el abandono por el éxodo de campesinos hacia los Estados Unidos. Las parcelas agrícolas ociosas, que en el Estado de México se pueblan de flores silvestres cuando no son cultivadas, pueden recibir la plantación de bosques jóvenes destinados a la industria maderera.

Los requerimientos de un bosque en mano de obra de jornaleros son menores a los de una milpa y la asesoría técnica la provee PROBOSQUE por lo cual, esta alternativa de la industria forestal puede estar a cargo de las mujeres campesinas que han quedado a la espera de las remesas de dólares de sus familiares.

### **II.3.3 Caso de plantaciones forestales comerciales en Entre Ríos,**

#### **Argentina**

En un país como Argentina carente de la biodiversidad mexicana y con vastas llanuras y grandes ríos, las plantaciones forestales se desarrollan agresivamente, la cosecha de madera es vista como un negocio y su producción satisface el consumo interno y el excedente se exporta procesada incluso a México.

El caso documentado de la empresa Agro Alba produce eucaliptos que a los 12 años tienen 40 cm de diámetro y 42 metros de altura. Su régimen de manejo corresponde al de una plantación silvo pastoril con una densidad inicial de 666 árboles por ha, tres raleos a lo largo del ciclo: el primero al año y medio, el segundo al año cinco y el tercero al año nueve; cada raleo es seguido de una poda a 3, 6 y 9 metros de altura, respectivamente. El volumen cosechable es de 500 metros cúbicos por hectárea y el incremento anual es de 45 m<sup>3</sup> por hectárea por año. Las vías de arrastre de los troncos son tanto fluviales como carreteras como se aprecia en la figura II.7.



Figura II.7: Plantaciones forestales comerciales en Entre Ríos, Argentina. Google Earth  
28/05/10

En plantaciones de pino, la Forestadora Tapebicué tiene un ciclo de cosecha (o corte) de 18 años con tres raleos y podas a los años 7, 11 y 14. El incremento medio anual por hectárea es de 22 m<sup>3</sup>, con un volumen de cosecha de 400 m<sup>3</sup> por ha. Cuentan con certificación de buen manejo forestal ISO 14001. (Monreal, 2010)

### II.3.4 Comparativos internacionales

No todas las economías mundiales tienen la misma actitud hacia la comercialización de la madera como un recurso más. Haití ya no puede recuperarse, y como vemos en la tabla siguiente, Costa Rica ha decidido obtener un provecho enteramente limpio del recurso forestal, el del ecoturismo. Políticas más agresivas son seguidas por Brasil y China por un lado, y sustentables por Canadá.

**Tabla 1. Modelos forestales alternativos**

PAÍS	TIPO DE	PROCESO	SALDO
------	---------	---------	-------

	<b>RECURSO</b>		
<b>China</b>	Abundante recurso forestal	Importación de madera como materia prima	Comercialización doméstica y exportación
<b>Canadá</b>	Abundante recurso forestal	Aprovechamiento sustentable del bosque	Comercialización doméstica y exportación
<b>Estados Unidos</b>	Abundante recurso forestal	Establecimientos de plantaciones forestales comerciales	Comercialización doméstica y exportación
<b>Costa Rica</b>	Abundante recurso forestal no comercial	Promoción de ecoturismo	Comercialización del Ecoturismo
<b>Brasil</b>	Abundante recurso forestal no comercial	Plantaciones forestales comerciales con intensa industrialización	Comercialización doméstica y exportación
<b>Japón</b>	Limitado recurso forestal	Importación de madera como materia prima	Comercialización doméstica y exportación
<b>Chile</b>	Limitado recurso forestal	Establecimientos de plantaciones forestales comerciales	Comercialización doméstica y exportación

Fuente: tabla realizada en base a datos de Caballero Deloya (2010)

#### **II.4 Marco Nacional**

La pregunta obligada en el caso de México es porqué se importa madera siendo un país con vocación forestal y con gran biodiversidad. La respuesta se halla en:

- La topografía accidentada de las áreas boscosas, que encarece la extracción y el transporte
- La gran variedad de especies y de diferentes edades que complican el asierre, el secado y la transformación industrial del material
- El riesgo ecológico de aplicar monocultivos maderables en terrenos accidentados
- La baja rentabilidad de aprovechamiento forestal por hectárea por las razones anteriormente expuestas.
- La tenencia de la tierra fraccionada en pequeñas parcelas
- El estado de sobreexplotación y deterioro de la masa forestal

Todo lo anterior nos lleva a entender que la riqueza comercial de la industria maderera es inversamente proporcional a la riqueza biológica de un país. México se parece más a Colombia, en topografía y biodiversidad que a Canadá, Finlandia o Argentina, países estos últimos que tienen grandes planicies donde las plantaciones intensivas son viables, se extraen los troncos de grandes dimensiones a bajo costo, las operaciones mecanizadas de derribo, troceo y transporte de la madera son sencillas y existen grandes ríos por donde transportar la producción silvícola por sistemas fluviales. (Caballero, 2010)

#### **II.4.1 Consumo nacional, producción e importación**

A nivel federal y bajo la tutela del INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) se crea el PRODEPLAN (Plan de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales) basado en la Ley Forestal

de 1997 y operado a partir de 2003<sup>9</sup>. Conviene cuestionarse si este plan federal es realmente operativo, dado que como se mostró anteriormente, en el Estado de México PRORRIM cumple propósitos semejantes. El ámbito nacional (ver tabla II.2) refleja que la producción maderable del país está bajando como se aprecia en los valores suministrados por la Presidencia de la República:

**Tabla II.2: Producción Nacional de Madera**

<b>Producto</b> (Miles de metros cúbicos en rollo)	<b>1990</b>	<b>2006</b>
Escuadría	5,538	4,587
Celulosa	1,870	325
Chapa y triplay	58	264
Postes, pilotes y morillos	139	220
Combustibles	470	650
Durmientes	83	126
<b>Total</b>	<b>8,158</b>	<b>6,172</b>

Fuente: PR. *Primer Informe de Gobierno, 2007, Anexo.* México, D. F., 2007.

Sin embargo, el consumo de madera crece y la diferencia entre producción y consumo es abastecida por la importación y por la tala clandestina (en rojo en la figura II.8).

<sup>9</sup> Diario Oficial del 26 de marzo de 2003, p 143

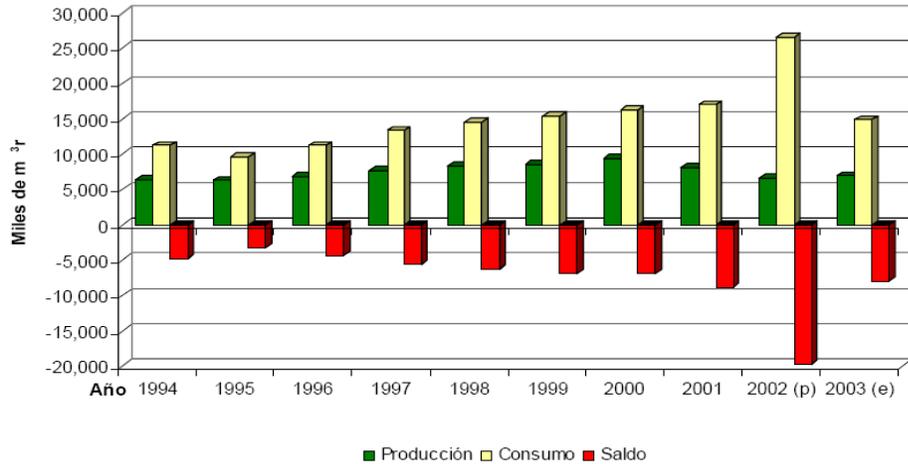


Figura II.8: Producción maderable – especies - volumen – 1989 – 2007 nacional. Fuente: SEMARNAT 2003

## II.5 Reutilización

El crecimiento de la industria forestal pasa también por la reutilización de la madera en usos diversos como superficies de juegos infantiles o madera triturada como *mulch* para senderos de áreas verdes. Dado que en estos casos la madera no puede estar contaminada, queda desechada la reutilización de la madera de la superficie de contacto de las cimbras de madera, madera que queda contaminada al contacto con la mezcla de concreto hidráulico.

Helmuth Resch nos presenta “el sistema de cascada” de la industria forestal, donde primero deben usarse las propiedades estructurales de la madera (caso de la construcción en madera como material estructural, no de la utilización de cimbra), luego la recuperación de algunos productos debe usarse en la producción de materiales compuestos (placas de OBS y

triplay) y finalmente el material que no resulta económicamente viable de ser reciclado se puede usar como combustible en pellets.

Estos pellets de bioenergía, aprovechan hasta el último residuo de la transformación industrial de la madera, procesando aserrín, viruta y astillas.

*“Las industrias forestales europeas señalan el gran ahorro de CO<sub>2</sub> que se obtiene de la creación de viviendas y otros edificios de madera, tanto en términos de la energía embebida como en la eficiencia energética del uso del inmueble. Mientras que hay diferentes estructuras ligeras armadas con madera y sólidas estructuras portantes de madera en Europa, generalmente a mayor cantidad de madera menor energía embebida del edificio. Una combinación de una estructura ligera de madera térmicamente eficiente, con un corazón de concreto o piedra ha sido recomendada para lograr la aislación más efectiva junto con la menor fluctuación de temperatura entre el día y la noche. Considerando la importancia creciente de los métodos constructivos de eficiencia energética, la construcción en madera va a representar un papel cada vez más importante en el futuro” (Resch, 2008: 64)*

## **II.6 La madera en la construcción y la industria cementera**

La CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) tiene claras las limitaciones de la industria forestal en México y señala como las principales: La falta de actualización de las técnicas del aserrío; la desarticulación de la cadena productiva y el uso poco común de la construcción de vivienda en madera (CONAFOR, 2010). La industria de la construcción en madera sería un detonante de la industria forestal, pero se enfrenta a la poderosa industria cementera, como se mencionó en el capítulo anterior, que tiene una articulada red de operadores (cabilderos) a nivel del gobierno federal y que

promueve su material contaminante e ineficiente (térmica y acústicamente) con un aparato de penetración propagandístico basto y con una eficiente red de distribución nacional. (Bianconi, 2010).

Si se comparan desempeños del concreto armado, colado sobre superficie de madera contra la construcción de entrepisos y cubiertas de madera (estas últimas debidamente impermeabilizadas y acabadas con teja mediterránea) tenemos resultados contundentes a favor de la construcción en madera. Con datos de la tesis “Autoconstrucción Seca” (Bianconi, 1998) obtenemos las gráficas comparativas del desempeño de las losas convencionales (en azul) y las de madera (en rojo), figura II. 9 para entrepisos y II.10 para cubierta inclinada con teja.

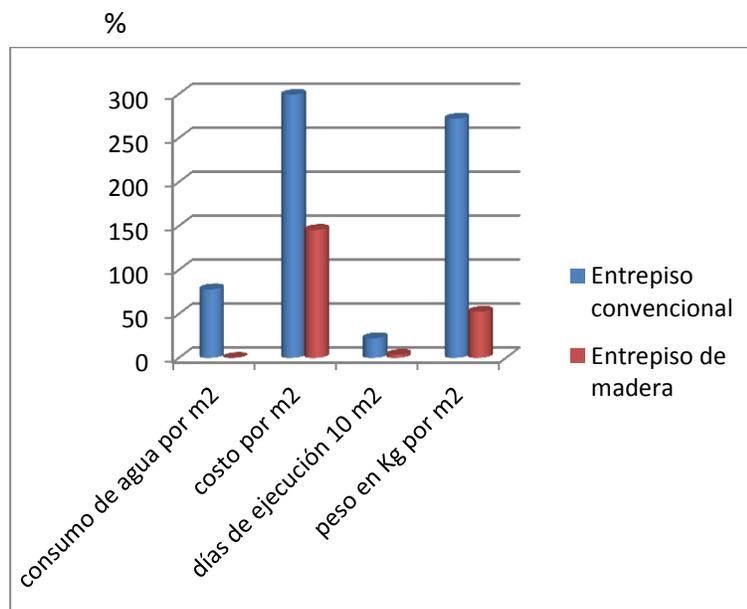


Figura II.9: Comparativos entre **entrepiso** de concreto armado y **entrepiso** de vigería de madera

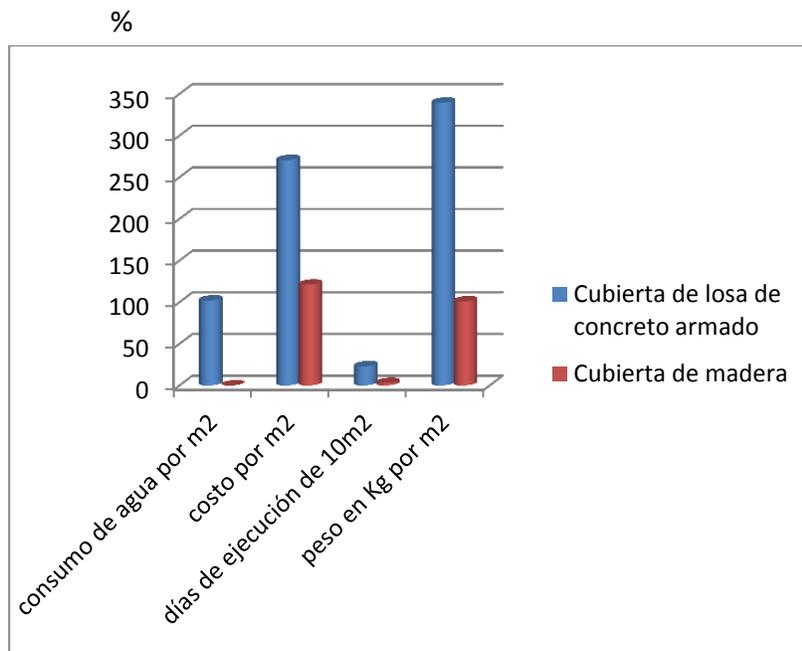


Figura II.10: Comparativos entre **cubierta** de concreto armado y **cubierta** de vigería de madera

## II.7 El ámbito financiero y la industria de la construcción

La tala clandestina está considerada como un delito ambiental. Lo es sin duda pero es más que eso. Debe ser tipificada como delito fiscal, dado que esa madera es lavada y al ser transformada en cimbra o muebles, comienza a legalizarse mediante la expedición de facturas que cargan el IVA. La Secretaría de Hacienda, ignora deliberadamente este blanqueo, mientras recauda impuestos, aunque provengan de un mercado de origen clandestino.

Tenemos entonces un nuevo delito, el de delincuencia organizada, siendo una de las partes asociadas a la organización delictiva, la propia Secretaría de Hacienda.

Por otro lado, los ingenieros forestales de PROBOSQUE o de la PROFEPA no deben ser puestos a realizar tareas policiales, ni se les debe pedir que detengan a gente fuertemente armada. Los necesitamos vivos, no asesinados. Ellos deben ir a la retaguardia, restaurando y reforestando las áreas taladas por los bandoleros armados. La “guerra” a este problema no debe ser armada, sino fiscal.

La industria de la construcción es la que mueve más gente y más áreas de la actividad económica, por eso se la considera como un indicador obligado del estado de salud de la economía. Sin embargo, la manera de construir fundamentalmente en concreto armado, no ayuda al desarrollo del campo ni respeta las tradiciones constructivas sustentables del adobe y la madera. Orilla en cambio al campesino a cambiar oro por espejuelos, al venderle, junto con el bulto de cemento, la idea de que ese material agresivo es mejor que el de sus antepasados.

## **II.8 Alternativas de reconversión agrícola y del paradigma constructivo**

Ahora que el campo está abandonado en México y las parcelas ociosas, es deseable que se autoricen e incentiven plantaciones forestales para la siguiente generación de mexicanos en los terrenos planos de los valles

centrales. Mientras crecen los árboles infiltrarán agua al subsuelo, detendrán la erosión y bajarán la temperatura de la superficie del suelo, a la vez que los campesinos podrán cobrar el apoyo del pago por servicios ambientales que promueven varias instancias no gubernamentales.

En Europa la cosecha de madera representa sólo el 75% del crecimiento del producto madera. Esto como resultado de una actitud de crecimiento sustentable que promueve la Unión Europea y que no va más allá de Europa porque los principios de la silvicultura y de la utilización de la madera no son apreciados en otras latitudes que carecen de la “visión para el 2030” que tiene la Unión Europea para esta industria que tiene la virtud de proveer trabajo estable en áreas rurales. (Resch, 2008).

El crecimiento de la industria maderera en México (donde la construcción puede representar una gran parte del volumen total producido) es deseable para mantener el suelo y prevenir su erosión, para contrarrestar la mala calidad del aire de las zonas conurbadas del Estado de México (Toluca y Ciudad de México) y para atemperar los cambios de temperatura diarios. Plantar macizos forestales jóvenes<sup>10</sup> en torno a las áreas altamente pobladas, proveerá de oxígeno y sumirá bióxido de carbono en zonas cercanas a las urbes. Para alcanzar estos ideales se debe recurrir a:

- La concentración de pequeñas parcelas en grandes áreas de aprovechamiento silvícola, mediante cooperativas o instrumentos similares

---

<sup>10</sup> Con datos satelitales de NASA se ha realizado el mapa mundial de la altura de los macizos forestales para correlacionar las emisiones de CO<sub>2</sub> con el sumidero de carbono.

<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/forest-height-map.html> 14 junio 2010

- La sustitución de plantaciones de maíz por diversas variedades forestales como pino, encino, aile y fresno
- La tecnificación de la industria de la madera para volver competitivo su valor de mercado
- El desaliento de la tala clandestina mediante la reforestación constante de las áreas afectadas por las bandas ilegales
- La enseñanza y promoción de la construcción en madera y el desaliento de la construcción en concreto armado que consume cimbra de origen incierto
- La enseñanza de los valores ambientales de la industria silvícola, en el nivel de instrucción primaria con visitas escolares a los campos de aprovechamiento de madera
- El desaliento de los monocultivos mediante la alternancia de parcelas dedicadas a diferentes variedades maderables



Figura II.11: Mapa de México. Fuente: *Serie III, continuo nacional del INEGI, 2005*

La figura 11 muestra cómo el rico estado de Veracruz que fue selvático alguna vez, ahora aparece en blanco con la leyenda *No Forestal*. La figura 12

nos muestra al Estado de México con las áreas urbanas en blanco y un gran listado de biodiversidad vegetal que es deseable conservar.

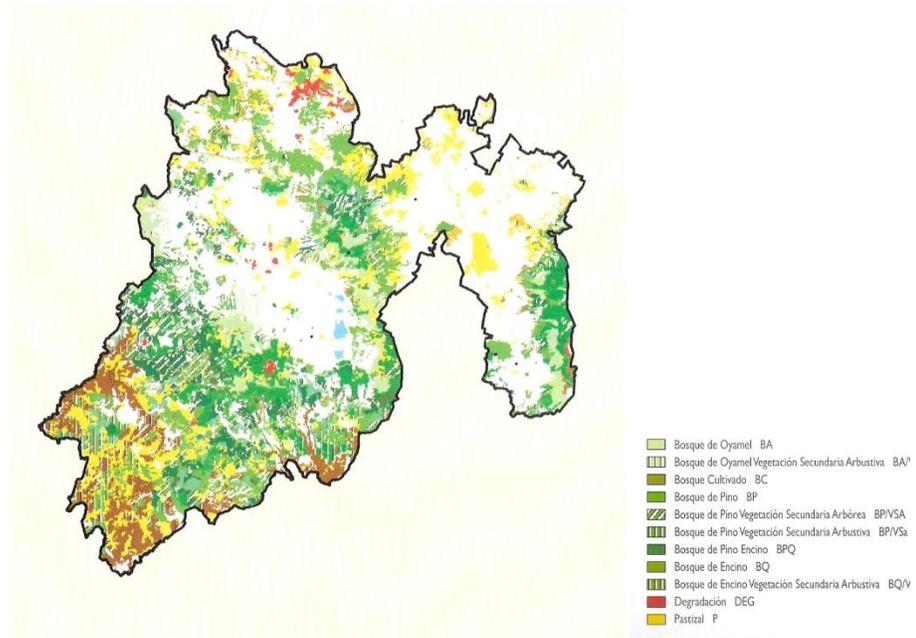


Figura II.12: Mapa de distribución de la vegetación en la entidad. *Inventario Forestal (2010)*

## II.9 Sumario

En este capítulo analizamos el insumo madera a lo largo de su período de producción, cosecha y aprovechamiento comercial. No es ocioso el enfoque debido a que el Estado de México tiene potencial forestal y vive cambios demográficos, donde el campo se vacía y la mayor parte de su población se ha convertido en urbana.

A nivel internacional se analizaron casos extremos opuestos, el de Haití y el de Quebec, Canadá.

Mientras, el consumo de madera crece y la producción nacional (como vimos en el apartado II.4.1), decrece, por lo que en el apartado II.8 se proponen siete lineamientos para incentivar la industria silvícola y para revertir el deterioro de los suelos del Estado y así mismo para alentar la construcción en madera como material estructural.

# ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA MADERA PARA CONSTRUCCIÓN

*El edificio menos contaminante es el que no se construye<sup>11</sup>*

Conforme se pone más atención en los impactos que los materiales de construcción imponen en el ambiente y en la salud humana, se han desarrollado una gran variedad de estándares, sistemas de evaluación, regulaciones, directrices y programas de certificación para guiar al constructor en la selección de productos y materiales. Muchos de ellos los hemos enumerado en el Capítulo 1. La mayoría han sido creados en los países desarrollados por organizaciones no gubernamentales, en otros casos han sido consecuencia del esfuerzo intelectual de organismos oficiales o académicos. Lo cierto es que los criterios varían y motivo de este trabajo será escoger la mejor herramienta para apreciar el impacto ambiental que tendrá en nuestra sociedad la sustitución de la superficie de contacto de la tarima de madera por otro material.

### **III.1 Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**

Se estudia el Ciclo de Vida de los materiales de construcción para ponderar adecuadamente el impacto ambiental que su utilización deja en el planeta. Todos los materiales que usamos para construir requieren de insumos energéticos y a su vez su utilización produce emisiones.

---

<sup>11</sup> Instituto Athena

En su definición básica, el ACV identifica los flujos de materiales, energía y residuos que genera un edificio durante toda su vida útil, de manera que el impacto ambiental pueda determinarse por adelantado (Edwards, 2008, 114).

**Insumos:**

- Materiales
- Combustibles para el transporte
- Energía
- Agua

**Salidas:**

- Emisiones al aire
- Descargas al agua
- Emisiones a la tierra
- Productos, subproductos y desechos

El manual de **BEES** nos dice que la importancia de la valoración del ciclo de vida ambiental reside en su alcance multidimensional. Muchas estrategias de los edificios verdes se basan actualmente en un nivel del ciclo de vida o sólo en el impacto ambiental. Un producto se dice “verde” porque contiene material reciclado o se lo acusa de no ser verde porque emite compuestos orgánicos volátiles durante su instalación y uso. Este tipo de posturas basadas en un solo atributo suelen ser equívocas porque ignoran otros niveles del ciclo de vida u otros impactos ambientales que generen a su vez otros impactos. Por ejemplo, el contenido reciclado del producto puede tener un alto contenido energético incorporado, que consuma combustibles fósiles, aumente el calentamiento global y produzca lluvia

ácida durante los estadios de obtención, manufactura o transportación. La valoración del ciclo de vida se ensancha así de un estado a otro del medio ambiente (aire, agua, tierra). Los beneficios del estudio del ciclo de vida de este modo se enfocan a todos los aspectos que involucran a los productos, no sólo a uno de ellos. (BEES,2007)

El Instituto **Athena** de Ontario, Canadá, basa su evaluación de Ciclo de Vida a partir de que el edificio más verde es aquél que nunca se construye, y promueve fundamentalmente, la reutilización y restauración de inmuebles ya existentes para disminuir el impacto de la construcción en el ambiente. Sostiene que abstenerse de construir es el enfoque más sustentable. Consecuentemente, Athena, se aboca a evaluar las ventajas de defender edificios históricos contra la creación de nuevas estructuras.

Para realizar adecuadamente esta valoración se deben trazar los límites del sistema y desechar, por irrelevantes, las sustancias o materiales usados en cantidades muy pequeñas, por debajo del 2%. (BRE, 2007,:22). En el capítulo IV analizaremos cómo influye, por ejemplo, el aceite quemado en la superficie de la superficie de contacto de la cimbra de madera.

### **III.1.1 Energías tradicionales y alternativas**

Durante su proceso de crecimiento las plantas absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y convierten el carbono contenido en él en material vegetal

como, por ejemplo, celulosa. Este proceso se conoce como sumidero; el

Building Research Establishment (BRE) considera que:

“Los combustibles provenientes de la agricultura o la silvicultura o bien de los desechos orgánicos como papel o comida, contienen carbón subsumido en ellos a lo largo de los últimos 100 años. Cualquier emisión de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de estos combustibles (emisiones biógenas) están consecuentemente volviéndolo a mandar a la atmósfera sin causar un incremento neto de CO<sub>2</sub> en esta escala de tiempo”<sup>12</sup>. (BRE, 2007,: 26)

Este argumento es el seguido por quienes ven en los biocombustibles una tercera vía al consumo energético: la renovable (junto con la energía solar y la eólica) siendo la primera la de los combustibles fósiles (carbón y petróleo) y la segunda, la energía nuclear.

Esta postura puede alentar la proliferación de plantaciones destinadas a la obtención de biocombustibles en sustitución de las destinadas al consumo humano y llegar a alterar la fisonomía del campo. Un grupo de investigadores de la FAO ya se cuestionan las alteraciones que los biocombustibles podrán tener incluso en las tierras forestales (Cotula, 2009).

### **III.1.2 Análisis de impacto ambiental como modelo de evaluación de productos**

Siguiendo el criterio contemporáneo de BEES, el indicador total de este impacto está dado por todos los conceptos que aparecen en la figura III.1.

---

<sup>12</sup> Traducción de la autora

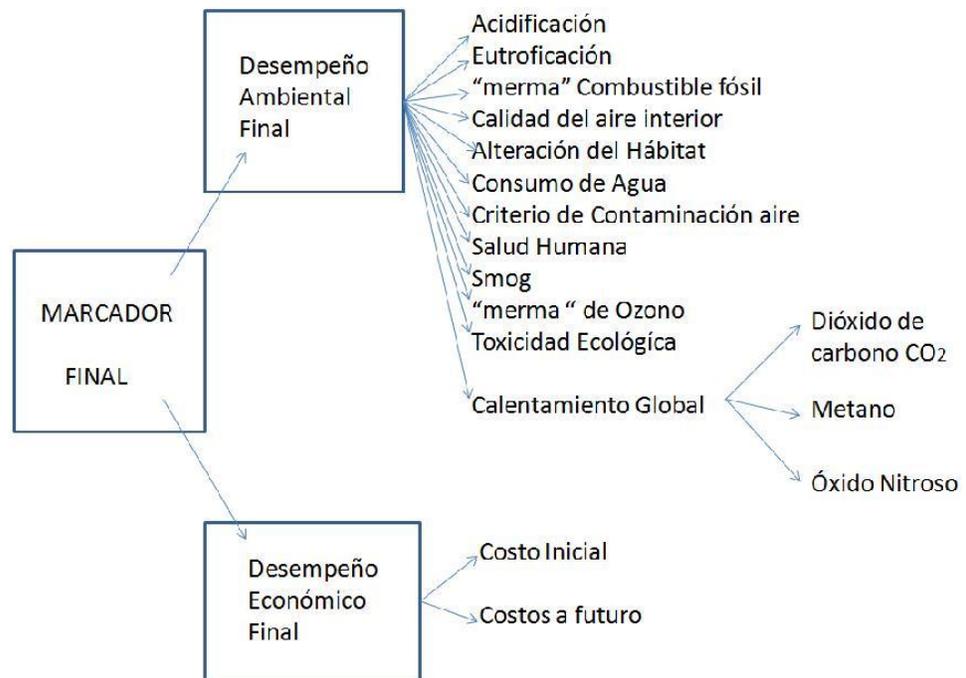


Figura III.1: Esquema de BEES (nivel 4), sintetizando criterios ambientales y económicos

Fuente: *Materials for Sustainable Sites* (Calkins, 2009: 64)

En un primer vistazo a estos conceptos, vemos que el esquema de construcción en concreto armado que priva en nuestro medio (en oposición al que se usaba antes de la Segunda Guerra Mundial, de adobe y madera) involucra procesos que alteran el ambiente y que consecuentemente impactan en los indicadores señalados, arrojando un marcador final alto. El impacto ambiental de la industria de la construcción en madera puede ser positivo en cambio, porque alienta la producción silvícola.

### III.1.3 Impacto en el cambio climático

Tanto el concreto como el acero son materiales que se manufacturan en plantas que consumen grandes cantidades de energía, consecuentemente ambos materiales contienen un alto grado de energía incorporada, a

diferencia de la madera que lejos de consumir energía, limpia en su proceso de crecimiento el bióxido de carbono de la atmósfera.

En lo que constituye un clásico ejemplo del desempeño de los materiales más socorridos en los Estados Unidos, el Consorcio para la Investigación de Materiales Industriales Renovables, CORRIM, (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials) con sede en la Universidad de Washington, comparó la madera, el acero y el concreto en la construcción de casas habitación. Sus conclusiones fueron que las emisiones netas de bióxido de carbono de una casa típica de estructura aserrada a lo largo de su vida útil, incluidas las emisiones de manufactura, construcción, demolición, mantenimiento, calefacción y aire acondicionado fueron menos que nulas, es decir el subtotal de la emisión de CO<sub>2</sub> de la casa de madera fue de 434 toneladas contra 489 toneladas de absorción de CO<sub>2</sub> (que toda el aserrío de la casa había logrado durante su crecimiento).

Así mientras la casa de madera había limpiado el planeta de 55 toneladas de CO<sub>2</sub>, la casa de estructura de acero había arrojado al aire 185 toneladas a lo largo del mismo período. Esta comparación entre las estructuras aserradas y de acero arrojó que las de acero requieren 43% más energía, lo que resulta en 150% potencial de calentamiento global que la madera. La producción de los pies derechos de acero resultaron ser 60% más contaminantes del aire y 870% más contaminantes del agua que los pies derechos de madera para la misma estructura. (CORRIM, 2005).

## **III.2 Modalidades de construcción y urbanización**

Existe una relación entre las modalidades de construir y las de urbanizar. No sólo las casas son evaluables en cuanto a su impacto ambiental, sino también en cuanto su forma de agrupamiento, su urbanística. Analizando los fenómenos en marcha en el Estado de México, vemos dos tendencias predominantes y nosotros agregamos una tercera: la situación ideal.

### **III. 2.1 Modalidad contemporánea de construcción masiva en el Estado de México**

A contracorriente de los estudios estadounidenses y británicos, las grandes empresas constructoras mexicanas y españolas que desarrollan Conjuntos Urbanos<sup>13</sup> en el Estado de México, construyen en concreto armado preferentemente tanto losas como muros. La figura 2 muestra el caso de la cimbra metálica usada en la fabricación in situ de muros de concreto armado del Conjunto *Foresta*, en Metepec.

---

<sup>13</sup> El Conjunto Urbano es una modalidad de urbanización que ha quedado regulada en el Libro V del Prontuario Administrativo del Estado de México. Consiste en agrupar condominios, cada uno de no más de 60 casas servidas por una calle cerrada. La estructura vial consecuente, segrega los racimos habitacionales y no los provee de plazas públicas (tradicionales hasta el siglo XX), ni de alamedas ni paseos. Las cinco Ciudades Bicentenario actualmente en proceso de construcción se estructuran con este concepto urbano.



Figura III.2: Conjunto Foresta, Metepec, 2009. Muros y losas de concreto armado, calles como tuberías, sin vida ni banquetas caminables.

Hay pobreza plástica en estas obras y monotonía. Las calles son tubos para vehículos carentes de aceras caminables o socializantes. Hay un maridaje entre la deshumanización de la arquitectura y la deshumanización del urbanismo. En la figura III.3 se dibujan los engranes de este plan oficial de construcción de viviendas a crédito, donde la acumulación de riqueza se concentra en el promotor y en los bancos; la traza urbana exige la utilización del vehículo individual y la tecnología usada es la del concreto armado. La figura III.4 muestra una vista aérea de Ixtapaluca, Estado de México, donde se aprecia lo enunciado anteriormente.



Figura III.3: Esquema de construcción de vivienda alentada por el gobierno del Estado de México

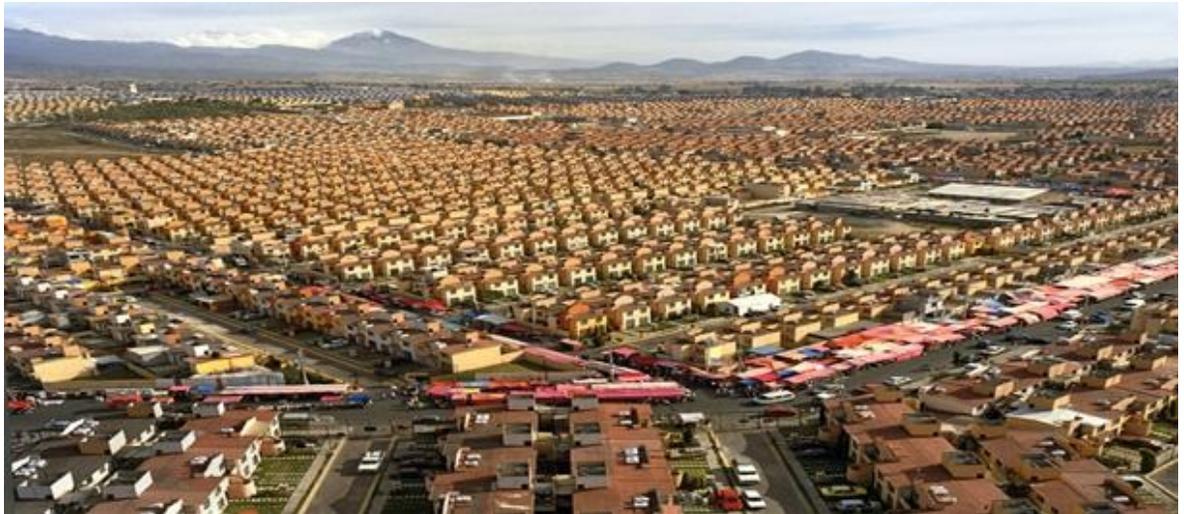


Figura III.4: Ixtapaluca, Estado de México, 2010. (Foto Livia Corona)

En diciembre de 2010 a solicitud de la Comisión de Vivienda de la Cámara de Diputados se llevó a cabo un Estudio Nacional de Vivienda Deshabitada encontrando en el Estado de México 538,220 viviendas abandonadas.<sup>14</sup>

### III. 2.2 Modalidad de autoconstrucción individual en el Estado de México

La figura III.5 nos muestra el fenómeno de la pobreza y la improvisación urbana que es producto del crecimiento demográfico acelerado del Estado de México y contra el cual, el Gobierno ha opuesto el modelo de los Conjuntos Urbanos.



Figura III.5: Vista de Chimalhuacán a la izquierda y de Chalco a la derecha, municipios del oriente del Estado de México. Fuente: Google Earth, 2009

Lo que observamos en la imagen III.5 es un crecimiento urbano anárquico, agresivo<sup>15</sup> y carente de arbolado urbano; pero a semejanza del esquema

<sup>14</sup>[http://www3.diputados.gob.mx/camara/005\\_comunicacion/b\\_agencia\\_de\\_noticias/007\\_2011/08\\_agosto/12\\_12/6073\\_existen\\_4\\_millones\\_997\\_mil\\_806\\_casas\\_deshabitadas\\_diputados\\_de\\_la\\_comision\\_de\\_vivien\\_da\\_impulsan\\_acuerdo\\_nacional\\_para\\_rehabilitar\\_los\\_inmuebles](http://www3.diputados.gob.mx/camara/005_comunicacion/b_agencia_de_noticias/007_2011/08_agosto/12_12/6073_existen_4_millones_997_mil_806_casas_deshabitadas_diputados_de_la_comision_de_vivien_da_impulsan_acuerdo_nacional_para_rehabilitar_los_inmuebles) 30/08/2011.

anterior, el cemento sigue siendo su principal material de construcción (Juárez, 2000). En la figura III.6 se grafican los engranes de la periurbanización que crece espontáneamente en rededor de las ciudades y la fotografía de la imagen III.7 muestra esta ocupación anárquica del territorio carente de traza urbana.

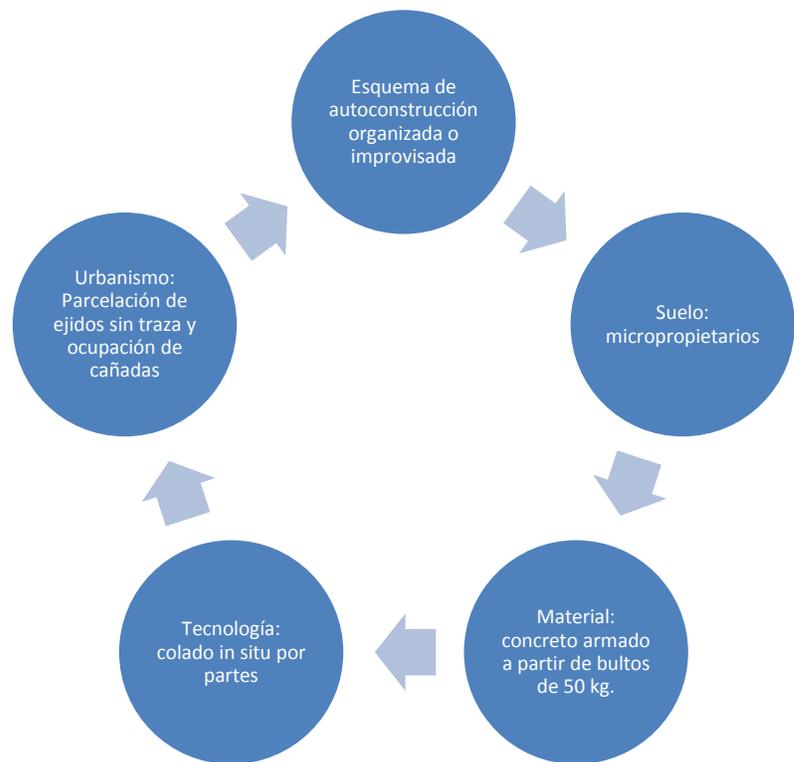


Figura III.6: Esquema de autoconstrucción.

---

<sup>15</sup> Chimalhuacán ha crecido en terrenos invadidos y posteriormente regularizados. La organización Antorcha Campesina es quien conoce la mecánica de la ocupación del suelo mediante marchas multitudinarias a la capital de Estado. Su dirigente en el Estado de México es el Biólogo Jesús Tolentino Román Bojórquez. <http://www.antorchacampesina.org.mx>



Figura III.7: Crecimiento espontáneo de la ciudad en Ecatepec (foto: [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com) )

### III.2.3 Modalidad ideal

Tanto desde el punto de vista del impacto ambiental como desde el punto de vista urbano, una propuesta ideal pasa por la densificación de las áreas construidas (lo que permita ampliar el área verde), pasa por la construcción con materiales renovables, por la diversidad de técnicas de construcción regionales y por la creación de espacios públicos en una red vial que integre y que no segregue a los ciudadanos. La figura III.8 ilustra el engranaje deseable.



Figura III.8: Esquema ideal

### III.3 Reutilización de materiales

La crisis de los residuos alcanza en la actualidad niveles preocupantes porque a los desechos habituales de uso diario, se suman los de las obras de construcción y los de las urbanizaciones. Los edificios se construyen para durar de 30 a 50 años, y la vida de los pavimentos de concreto hidráulico es de alrededor de 30 años. Gran parte de lo que se está construyendo en estos momentos se convertirá en desecho en una generación más. A este ritmo, el problema seguirá creciendo.

La mejor manera de contrarrestar este fenómeno es prolongar la vida de los inmuebles para reducir el impacto de nuevos materiales. Cuando esto no es posible, se puede recurrir a la reutilización de los materiales, pero siempre será lo más importante desde el punto de vista del diseño la

decisión que se tome desde un principio sobre qué materiales usar de acuerdo a su desempeño a lo largo de su ciclo de vida.

La disposición final de los materiales de construcción debe tener en mente primeramente el generar pocos residuos (desperdicios varios), después, jerárquicamente hablando, los materiales sobrantes deben ser reusados, reciclados, recuperados o en último caso quemados o depositados en rellenos sanitarios seguros.

### **III.3.1 Reutilización de la madera**

Después de ser usada en obra, la mayor parte de la madera se desecha mezclada con todo tipo de desperdicios y se destroza más allá de la posibilidad de reutilización. La madera es biodegradable, sobre todo si no ha sido tratada químicamente y el proceso de descomposición reincorporará el carbono al suelo. Sin embargo, ésta no es la mejor estrategia. Cuando se demuelen estructuras de madera es deseable que su uso final sea el de *mulch* para jardinería alrededor de los troncos de árboles o como trocería para hacer piezas laminadas.

### **III.4 Impacto ambiental de la madera**

El ciclo de vida de la madera es enteramente sustentable, ya que el material va creciendo en el bosque generando oxígeno y absorbiendo bióxido de carbono. Poca es la energía que se requiere para aserrarlo y transportarlo a

la obra porque es un material ligero y al cabo de su desempeño, la madera es biodegradable. Sin embargo es importante hacer la siguiente diferencia:

*“...cabe destacar que el ciclo de vida de los materiales se liga directamente con la fase de construcción, y debemos apuntar que los materiales tienen su propio ciclo de vida independiente del proceso de edificación.” (Hernández-Moreno, 2009.:307)*

Es, como vemos, en el proceso de construcción donde la madera es ensuciada e inutilizada a la brevedad a partir del momento en que la superficie de contacto de la cimbra de madera recibe el “colado” de concreto, húmedo y abrasivo. El bosque de puntales que soportan las tarimas que reciben el concreto hidráulico están a la vista en la foto de la imagen

III.9. Entendemos entonces que en la sustentabilidad

*“...los productos y los procesos son interdependientes del medio ambiente, de la economía del lugar y de la sociedad en cuestión, es decir de un sistema sustentable. Además [el diseño sustentable de materiales] implementa las medidas para prevenir afectar a dicho sistema. Y usa los recursos de manera eficiente previendo sus límites dentro del sistema.”(Hernández-Moreno, 2009.:308)*



Figura III.9: Construcción de comercio con losa nervada y abundante apuntamiento de madera, Metepec, 2009.

**Tabla 1. Valores de la Energía incorporada de algunos materiales de construcción**

<b>MATERIAL</b>	<b>ENERGÍA CONTENIDA (MJ/Kg)</b>
Acero	35
Aluminio	215
Cobre	90
Madera (en uso)	3
Vidrio	19
Concreto armado	10
Ladrillos y tejas	4,5
Barniz sintético	100

Figura III.10: Fuente: Guía de la edificación sostenible, Ministerio de Fomento, España, 1995  
<http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/12.pdf> 24/03/2012

El uso de madera en la construcción es altamente racional desde el punto de vista silvícola. Su producción produce oxígeno y retiene CO<sub>2</sub>, es decir, la madera no es un material contaminante y sus desperdicios, a lo largo del proceso de construcción, son biodegradables. Lo que no es sustentable es la utilización de aserrío como cimbra, porque el contacto con el cemento la deteriora rápidamente. Su uso entonces es efímero, como en el caso de la pulpa de madera usada para producir servilletas de papel.

Resulta de interés el trabajo realizado en 2003 por el Tecnológico de Monterrey sobre la Industria Forestal ilustrado en la figura III.11 donde el ámbito de la construcción se muestra en negritas, siendo sólo uno de los ámbitos de industrialización y comercialización del recurso madera.

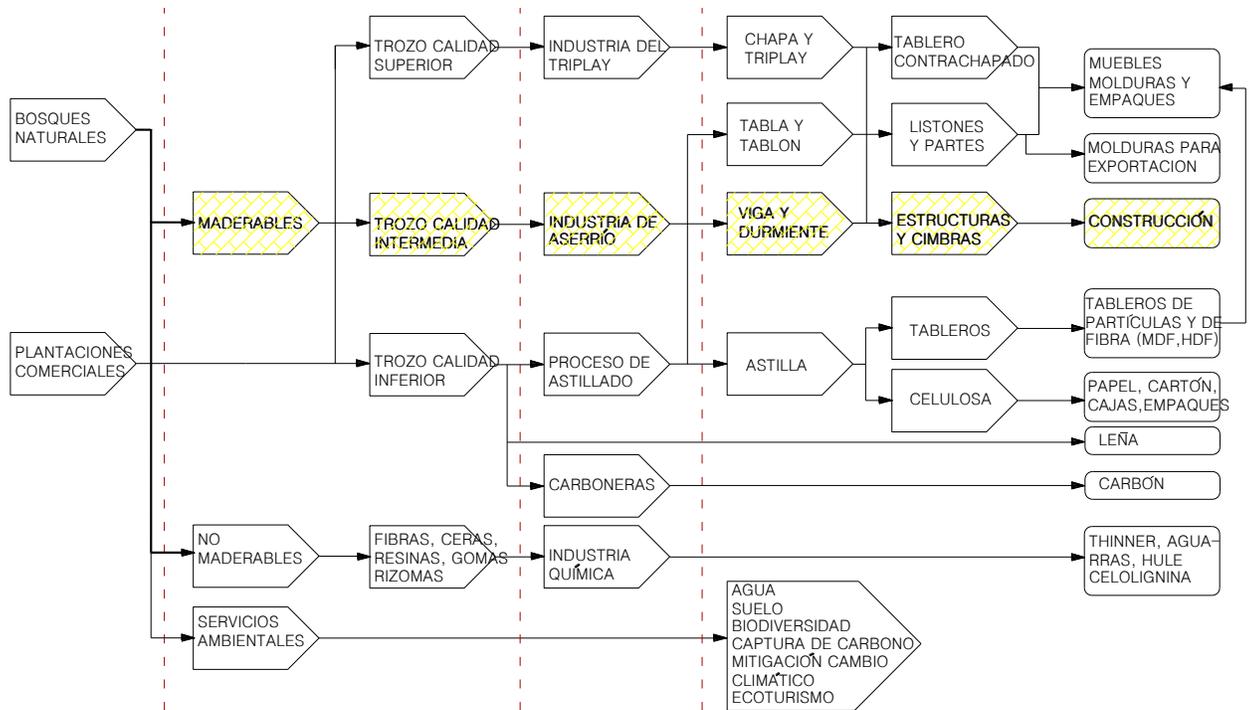


Figura III.11: Diagrama Conceptual de la Industria Forestal según el CIAG del Tecnológico de Monterrey. Programa para la competitividad del Sector Forestal. México 2003.

En la gráfica de los datos que maneja CORRIM ([Consortium for Research On Renewable Industrial Materials](http://www.corrim.com)) a lo largo de su ciclo de vida vemos en la figura III.12 que la madera aserrada usada en estructuras o muebles, lejos de emitir bióxido de carbono a la atmósfera, lo atrapan y consecuentemente su impacto es menos que nulo, resultando a la postre benéfico para el medio ambiente.

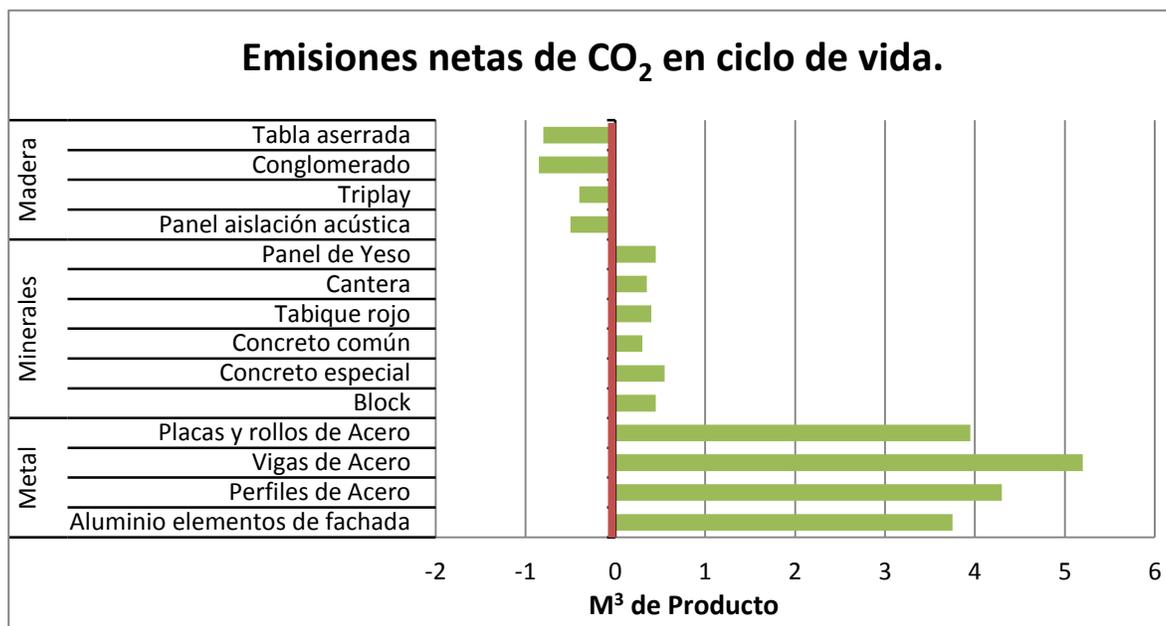


Figura III.12: Emisiones netas del ciclo de vida de los principales materiales de construcción. En toneladas de CO<sub>2</sub> por metro cúbico de producto Fuente: Análisis del ciclo de vida American Hardwood Export Council. <http://www.corrim.org/reports/>

### III.5 Las cuatro erres

En la construcción, como en cualquier ámbito del consumo, se aplica también el principio de las 4 erres: Reducir, Reutilizar, Reciclar y Rehabilitar. Silverio Hernández Moreno lo explica con claridad en el capítulo 6 de su libro “Diseño y Manejo Sustentable en Edificación”. En el apartado de estrategias, nos recomienda la reutilización de edificios existentes, con lo que pone al s XXI en una tesitura diferente al XX, donde se demolía para construir, tal como lo hace China en la actualidad. Europa en cambio, valora su patrimonio, su bolsillo y su limpieza y recicla edificios, los mantiene en servicio y los exhibe con orgullo. Otra buena estrategia es la de diseñar

edificios para que puedan montarse y desmontarse como las casas de los purépechas, que se transportan a lomo de mula y se reestructuran en un nuevo sitio; sistema ideal en estos tiempos de emergencia (Hernández Moreno, 2010, 191)

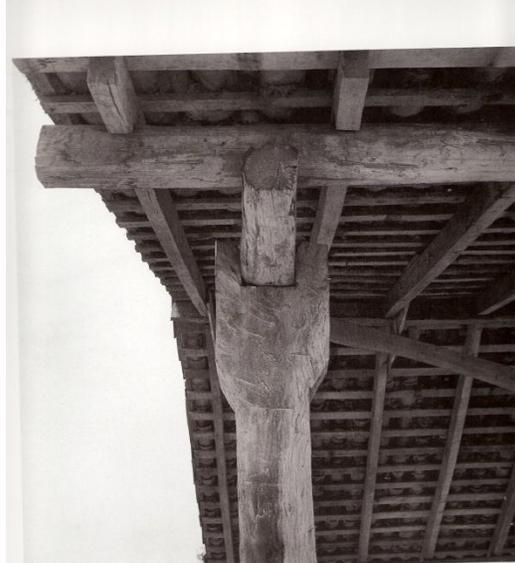


Figura III.13 Estructura de madera desarmable y transportable. Foto Mariana Yampolsky, La Casa que Canta (1982)

Siempre en el campo de la sustentabilidad, resulta importante transcribir esta frase de Brian Edwards: “La acción conjunta de la arquitectura, el paisajismo, y el urbanismo puede ayudar a rescatar a las ciudades de la contaminación, el caos y la alienación” (Edwards, 2008, 138).

### **III.6 Sumario**

Los datos vistos en el apartado III.4 sobre energía contenida y las emisiones de los materiales de construcción a lo largo de su ciclo de vida, colocan ventajosamente al recurso madera como el menos contaminante de ellos.

# ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA CIMBRA EN LA CONSTRUCCIÓN

### ***Tratados de construcción y su relación con las Cimbras de Madera***

*Pasando revista a los más importantes tratados de la arquitectura vemos cómo la madera ha sido de utilidad en la construcción de nobles y duraderas obras, tanto auxiliar de las fábricas de piedra como estructural en la construcción de techos, muros, entrepisos, suelos y sillerías.*

*Con la llegada del concreto armado cambia radicalmente la construcción: desaparece la madera como material estructural y sólo se la ocupa como material de soporte para el vaciado del concreto u hormigón.*

*La piedra natural también sale de la escena estructural y sólo se la utiliza como material de recubrimiento. En su lugar, la nueva piedra artificial, el concreto, hará las funciones de techumbre y entepiso mandando al olvido las técnicas específicas de la carpintería y la Esterotomía.*

*Lo que admiramos en los tratados revisados (Vitruvio, Palladio, Diderot, Le Duc etc.) es la riqueza de formas y la sensatez del comportamiento de los materiales cortados y ensamblados con habilidad por maestros masones.*

*La madera que se usa actualmente en las cimbras o encofrados del concreto armado no se queda en la obra, se acaba, maltratada en su ajeteo, sometida a la humedad malsana de los escurrimientos del cemento. La madera se usa hoy para echarse a perder, para no lucir ni envejecer con dignidad junto al inmueble que ayudó a construir.*

*En cambio, las cimbras usadas para soportar los sillares de piedra tenían larga vida y servían para muchos usos en la clásica arquitectura de repetición de formas. Con la ausencia de la piedra y de la madera, la arquitectura perdió la Eúritmia que apreciamos en los tratados antiguos.<sup>16</sup>*

---

<sup>16</sup> Conclusiones de la autora del trabajo final sobre grandes Tradadistas de la Arquitectura de la Cátedra “Tecnología, Sustentabilidad y Restauración del Patrimonio Diseñado y Edificado” impartida por el Dr. Marcos Mejía López, junio 2009.

#### **IV. 1 La huella ecológica de la madera destinada a la cimbra y su ciclo de vida**

Todo producto hecho por el hombre deja una huella en el planeta. La materia prima, la fabricación, el transporte, el uso del objeto y su disposición final forman una cadena de impactos conocida con el nombre de huella ecológica. Cuando importamos madera, estamos desentendiéndonos del impacto (positivo o negativo) de esa producción maderera, dado que proviene de otro país; por lo general distante de México. Análogamente, los países desérticos de la península arábiga, ricos países petroleros, no sufren de estrés hídrico<sup>17</sup> porque compran sus alimentos a otros países. Los países productores de alimentos, en cambio, sí enfrentan año con año la variación de cosechas de acuerdo a la bonanza de la temporada de lluvias (Hoelkstra, 2010).

Construir en madera es propio de los países que tienen un sano aprovechamiento forestal, como Canadá y Estados Unidos. Construir en concreto armado propicia, en cambio, el uso secundario de sistemas y materiales constructivos tales como la madera, la que solo se usa como parte de un procedimiento no permanente en las construcciones, que lo hacen efímero y por tanto de alto impacto ambiental.

---

<sup>17</sup> Arjen Hoelkstra introduce el concepto de huella hídrica (waterfootprint) en 2010 investigando la cantidad de litros de agua que son necesarios para obtener un kilo de frijoles, un kilo carne de res o un tabique cocido, es decir, el agua en la cadena de suministros.

Una comparativa importante del uso de la madera como cimbra contra la construcción con madera, es que mientras en el primer caso se utiliza agua para la mezcla y para el curado del concreto armado, en el segundo caso la obra es seca y disminuye significativamente el uso y el consumo de agua en los procesos del ciclo de vida del producto.

Cabe mencionar en este momento que el *British Research Establishment (BRE)* analiza impactos a lo largo de 100 años para obtener Perfiles Medioambientales de los materiales renovables de construcción (BRE, 2007:28). A este trabajo lo denominan Environmental Assessment Method (EAM) por sus siglas en inglés y es adecuado para entender el comportamiento del ciclo de vida de los bosques, para establecer el balance entre los insumos y las emisiones, para obtener así los perfiles ambientales y los límites de un sistema, que para nuestro caso de estudio se ejemplifica en la figura 1.

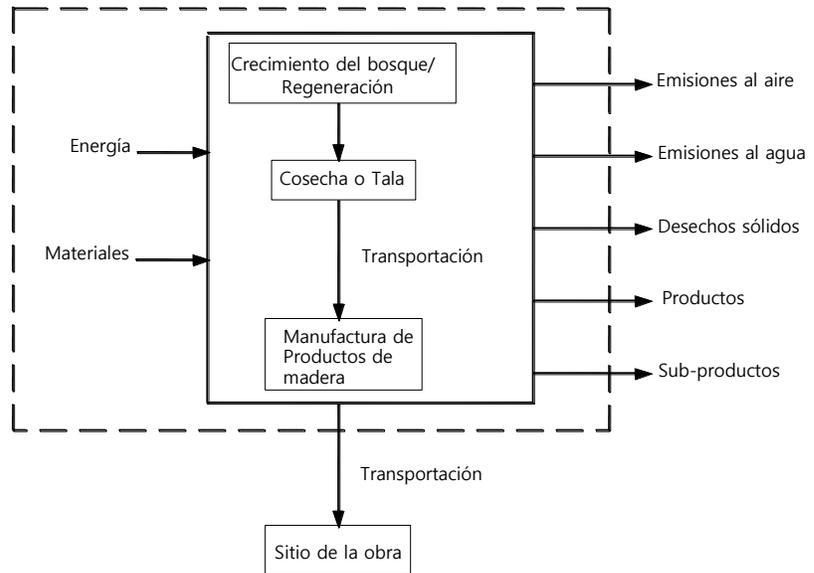


Figura IV.1: Límites del sistema de Ciclo de Vida de la madera procesada en la construcción.  
(Fuente: Puettmann y Wilson, 2005: 18)

Actualmente, los macizos forestales mexiquenses de donde se extrae la madera de cimbra (primera fase del ciclo de vida de cualquier producto maderable), sufren dos presiones diferentes, de origen opuesto pero de resultado convergente. Por un lado existe una endémica tala clandestina, tala que no reforesta y que deja los suelos a merced de la erosión<sup>18</sup>. Por otro lado, una mala aplicación de la legislación protectora áreas forestales, hace que los bosques envejecan, lo que provoca baja o nula producción de oxígeno y bajo sumidero de bióxido de carbono y por tanto propicia el incremento del calentamiento de la atmosfera. Conforme el árbol crece, el

<sup>18</sup> La EPA (Environmental Protection Agency) ha estimado que la erosión de los terrenos totalmente talados puede alcanzar 12,000 toneladas por milla cuadrada (o su equivalente: 4,687 toneladas por kilómetro cuadrado) por año. Esto representa 500 veces más que la erosión natural de un bosque sin afectación. (Calkins, 2009, 273)

carbono acumulado se deposita en su fuste y paralelamente disminuye su follaje, que es el encargado de producir oxígeno a través de la fotosíntesis. (Nakama et al, 2009).

Para nuestra situación particular en el Estado de México, el ciclo de vida de la madera usada en cimbra (figura 2) puede esquematizarse de la siguiente manera: inicia con la extracción de la materia prima (1) y continúa a través de las fases de aserrío (2) y producción (3), seguidas de la distribución (4), utilización en obra (5) y deposición final con impacto en el paisaje(6). A este impacto contribuye también el origen de la madera, el que será diferente si proviene de tala clandestina (lo que provoca erosión de suelos y cambio de uso de forestal a agrícola) o si proviene de plantaciones forestales comerciales.

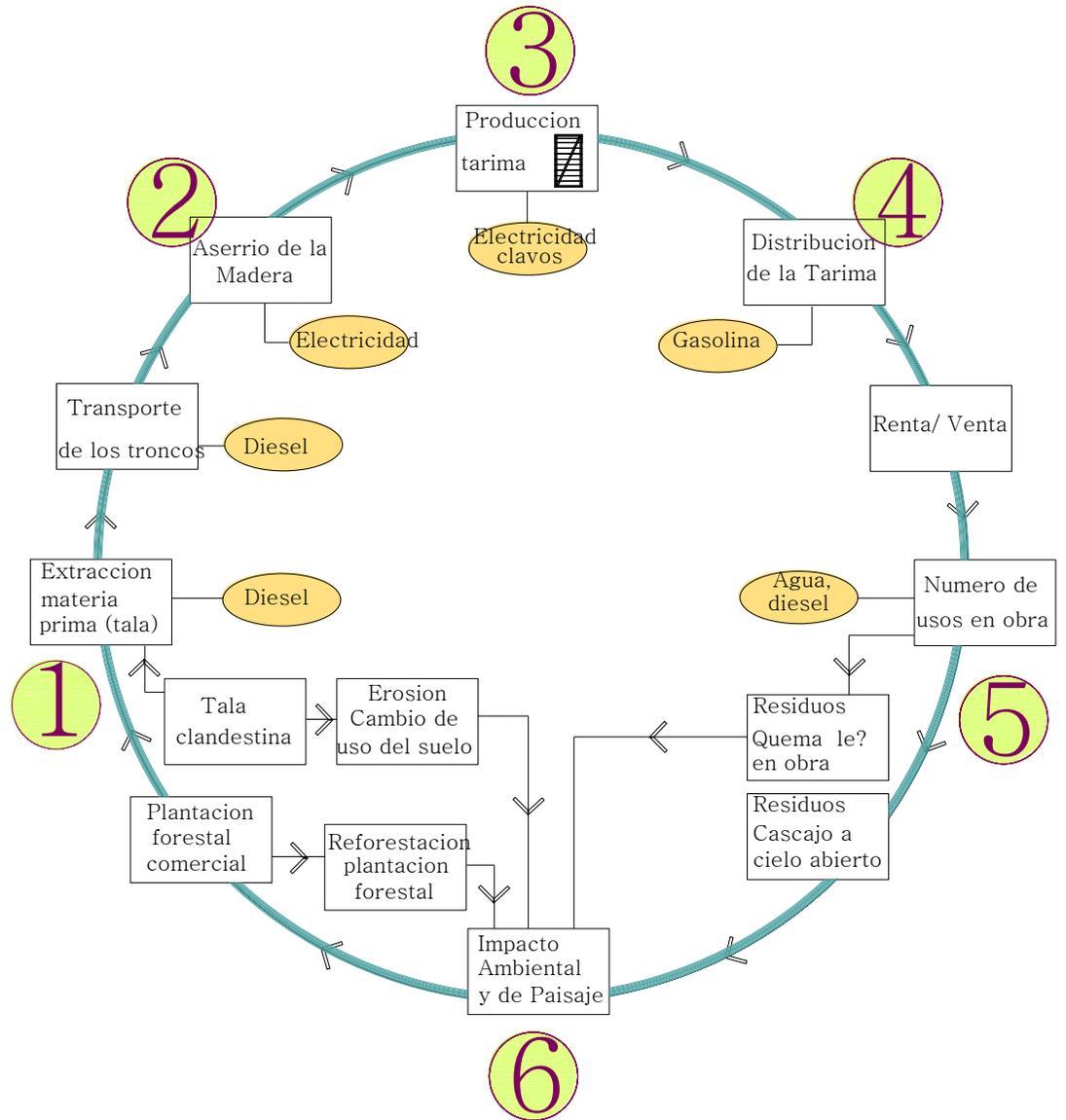


Figura IV.2: Ciclo de vida de la tarima convencional (Fuente: datos compilados por la autora en PROBOSQUE del Estado de México)

En la figura 2, se inscribe dentro de óvalos la energía utilizada en el ciclo de vida de la tarima. Siendo la madera un material ligero y quedando los bosques proveedores a escasa distancia de los centros de población en el Estado de México, consideramos de poco impacto el gasto energético (ver más adelante IMPACTO AMBIENTAL). Finalmente al cabo de su desempeño,

la madera es biodegradable (Stafford, 2009). Sin embargo en el caso de la madera utilizada como recipiente del concreto húmedo (figura 4), ésta llega al final de su ciclo de vida contaminada con rebabas de cemento y con los desmoldantes comúnmente utilizados en obra: diesel o aceite mineral quemado (Hernández, 2009a).

Los estudios y análisis que se llevan a cabo en países desarrollados, no se ven obligados a tomar en consideración el origen de la madera dado que la tala ilegal no forma parte de su economía; por lo cual es menester llamar la atención que el impacto ambiental del uso de cimbra de madera es fundamentalmente un asunto doméstico, desconocido en Europa y Estados Unidos y Canadá.

#### **IV. 2 Disyuntiva: caminos que se bifurcan entre lo inasible y lo mensurable**

Dado que actualmente se considera que

“La madera es ambientalmente amigable, eficiente energéticamente hablando y agradable estéticamente comparada con materiales competitivos como el acero, el concreto y el plástico. La postura ambiental se basa en el hecho que la madera es un recurso renovable, un medio de acumulación de carbono y es producida en el bosque por la naturaleza mientras provee recreación, agua y aire limpio. Se sostiene también que la madera requiere energía de bajo voltaje y produce pocos contaminantes. Durante su servicio, las estructuras de madera proveen beneficios energéticos basados en su gran valor aislante. También se valora su fácil reciclamiento.” (Milota, et al. 2006)

entendemos que no es el material madera el causante del problema ambiental del Estado de México, sino el problema agrícola forestal que escapa a nuestro ámbito del Diseño. Es aquí donde nos detenemos a optar por el camino a seguir: o bien trabajamos para incidir en un mejor aprovechamiento forestal del campo mexiquense, o bien optamos por diseñar una cimbra alternativa que baje la presión del consumo de madera de nuestros maltratados bosques. Optamos por la segunda opción en función de nuestra vocación y capacidades.

#### **IV. 3 Análisis ambiental de la cimbra convencional de madera**

##### **IV.3.1 Componentes del sistema cimbra**

La figura 3 nos muestra la unidad de  $1\text{m}^2$  de superficie de cimbra, sobre la cual se realiza el armado del acero y el vaciado del concreto.



Figura IV.3: Vista inferior de  $1\text{m}^2$  de cimbra convencional de madera, formado por dos tarimas. Se observan las vigas y los puntales.

Los materiales usados en cada una de las tarimas son:

- Barrote de  $1\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}''$  (marco y diagonal) en 3era calidad
- Tablas de  $\frac{3}{4}''$  clavadas en paralelo, también de 3ra.

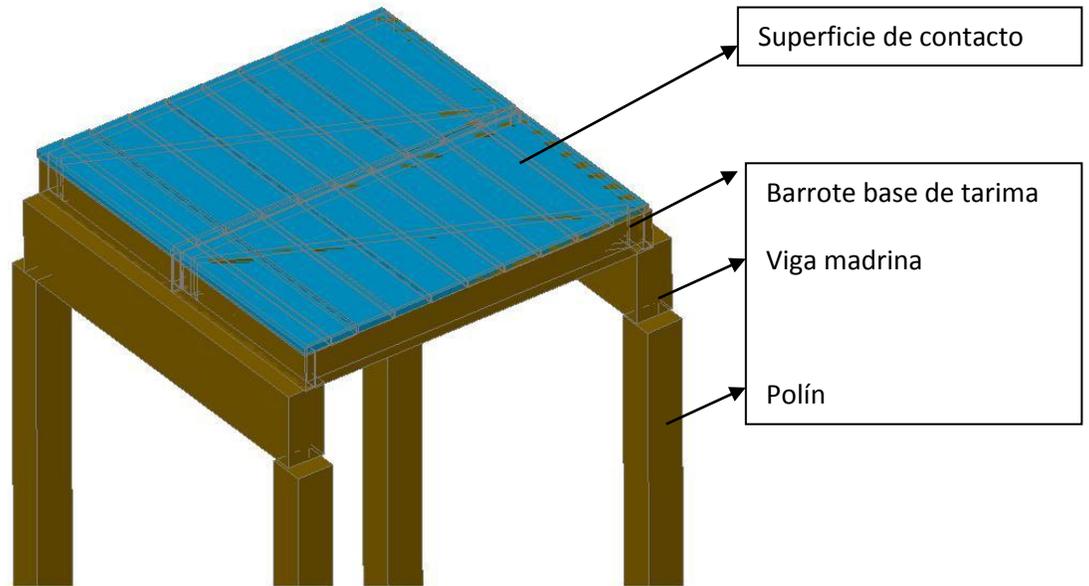


Figura IV.4: Croquis que ilustra un metro cuadrado del sistema de cimbra convencional de madera, con un par de tarimas soportadas en vigas de carga y puntales de polines.



Figura IV.5: Croquis y foto de una “tarima” de madera convencional. Al centro, la superficie de contacto. (Fuente Susana Bianconi)

Cada tarima se fabrica con 9ft (nueve pies tablón) de madera. El pie tablón es la unidad usada en el aserrío y se ilustra en la figura IV.6. El 65% de ese volumen lo constituye la superficie de contacto, es decir, las tablas que reciben la mezcla del concreto húmedo y que son las que más afectadas en cada proceso de cimbrado, colado y descimbrado.

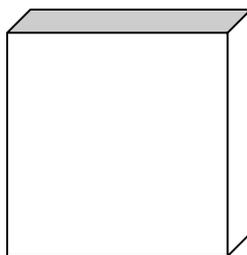


Figura IV.6 Un pie tablón es la unidad del aserrío y mide 12" x 12" x 1" (30.5 cm x 30.5 cm x 2.5 cm)

### **IV.3.2. El ciclo de vida de la tarima convencional**

En la figura IV.7 se ilustra en forma simplificada cómo la madera de cuatro árboles maduros acaba inutilizada una vez usada. Con ellos se obtiene un metro cúbico de madera aserrada, este volúmen alcanza sólo para producir 80 superficies de contacto de cimbra tradicional de madera( es decir 40 m<sup>2</sup>), las que usadas cinco veces<sup>19</sup>, sirven para colar 200 m2 de losa de concreto armado.

## **IMPACTO AMBIENTAL**

---

<sup>19</sup> Las tabletas de la superficie de contacto de una tarima se empiezan a deteriorar a partir del 3er uso. Quienes rentan cimbra, sustituyen lo dañado con madera nueva o con madera de tarimas industriales. Al cabo de cinco usos la totalidad de la superficie original ha sido sustituida.

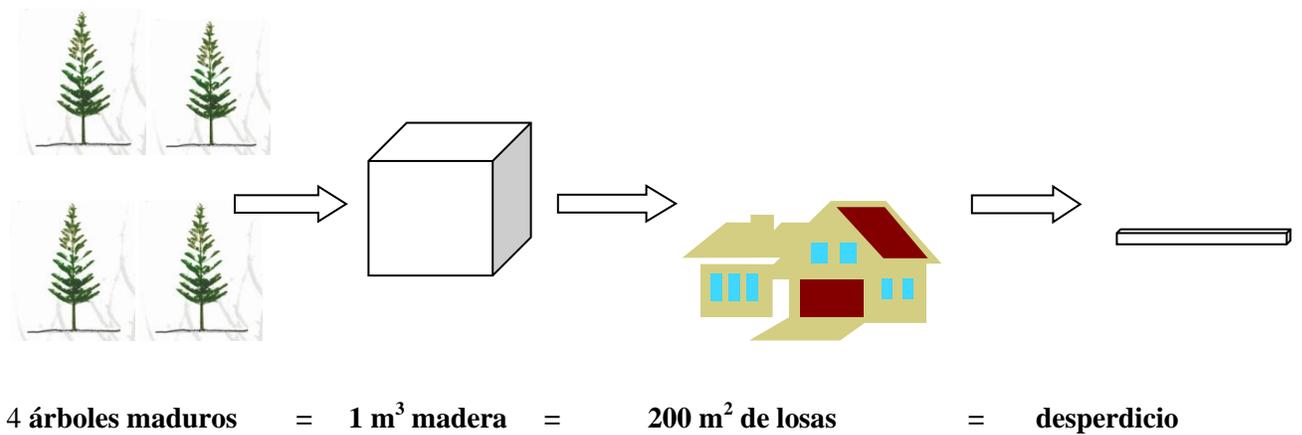


Figura IV.7: Relación madera- superficie colada. Fuente: elaboración del autor en base a rendimientos en obra.

Estos datos nos sirven para estimar cuánta madera ha sido usada de manera efímera en el Estado de México. Extrapolando, podemos inferir cuántos metros cúbicos de madera se han usado y consumido sólo para recibir el colado de las losas de las zonas urbanas del Estado de México. Tenemos que el universo de viviendas para el Estado de México, según el censo de población y vivienda del INEGI del 2005, es de 3'243,566 habitadas.

Tabla 1: Relación entre la superficie construida en concreto y la madera inutilizada por tal hecho

Número de viviendas Edo. México	m2 totales de vivienda	m3 de madera usada en superficie de contacto	Número de árboles utilizados	Área boscosa necesaria (hectáreas)
3'749,106	374'910,600	1'874,553	7'498,212	37,491

Fuente: Elaboración del autor en base a datos del censo 2010 INEGI

Donde se presume una superficie estándar de 100 m<sup>2</sup> por cada casa habitación y donde se estima que cada árbol requiere de 50 m<sup>2</sup> para su crecimiento pleno. Los datos de la Tabla 1 no toman en consideración la superficie de losas de concreto de las áreas comerciales, las que se desarrollan a lo largo de las vías servidas por el transporte público y que constituyen un largo excétera de metros cuadrados. Sin embargo, aún reduciendo nuestro universo al de las casas habitación, observamos que la cantidad de madera inutilizada después de haber servido cinco veces en contacto con la mezcla de concreto hidráulico es de 1'621,783 m<sup>3</sup>, o su equivalente a 405,445 árboles talados para un fin efímero.

El área requerida para soportar tal número de individuos (árboles maduros maderables) es equivalente a cuatro veces la superficie verde de las tres secciones del Bosque de Chapultepec. Este no sería un problema en sí mismo si las plantaciones forestales gozaran de cabal salud en nuestro Estado y si no existiera una tala y comercio asociado clandestino.

#### **IV.3.3 Valores de los contaminantes de las etapas del Ciclo de Vida de la tarima de madera.**

Para estimar los consumos energéticos tomamos en consideración un camión “de volteo” semi-nuevo con una capacidad de carga de 6 m<sup>3</sup> y con un rendimiento de 6 km por litro de gasolina.

Cada tarima ocupa  $0.051 \text{ m}^3$ ; el camión descrito anteriormente puede cargar consecuentemente 116 tarimas por viaje. Como puede observarse en la figura IV.8, las grandes áreas urbanas del Estado están rodeadas de zonas boscosas y consecuentemente las distancias entre el origen, la manufactura y la utilización en obra de la madera no exceden los 100 kilómetros, distancia que tomaremos en la tabla 2 para cuantificar las emisiones del transporte.

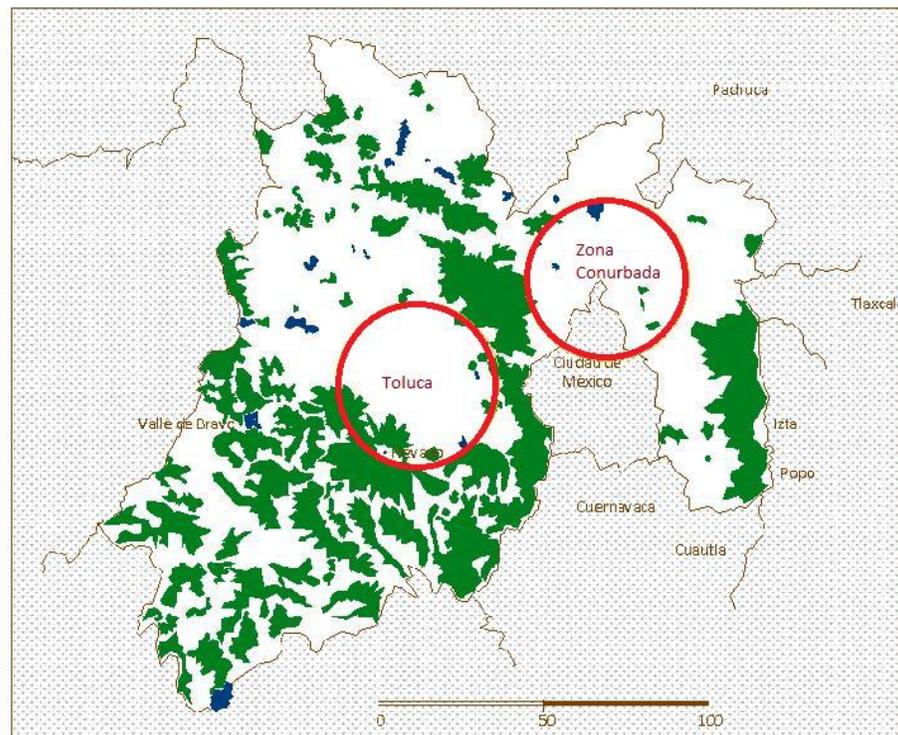


Figura IV.8: Mapa del Estado de México donde se aprecian los macisos forestales y las grandes áreas urbanas simplificadas en círculos de 50 kilómetros de diámetro. Dibujo del autor a partir de la imagen satelital del Google Earth, 2011.

**Tabla IV.2: Huella Ecológica de la tarima de madera, usada como cimbra del concreto armado**

Etapas de Ciclo de Vida de la Tarima de madera	Elección de Materiales	Consumo de Energía	Residuos Sólidos	Residuos líquidos	Residuos Gaseosos
<b>Extracción del recurso</b> <b>1</b>	Árbol de pino	Diesel de motosierra	Ramas y fronda		Emisión CO2 1 lt diesel por cada tronco aserrado=0.32 Kg CO <sup>2</sup> <sup>20</sup>
<b>Manufactura del producto</b> <b>2</b>	Aserrío y clavos 3.54 MJ/Ton <sup>21</sup>	Electricidad de las sierras y del alto horno MJ/Ton <sup>4</sup>	Aserrín	Agua de enfriado de fundición (clavos)	Emisiones de la fundidora
<b>Embalaje y Transporte</b> <b>3</b>	Camiones y Camionetas	Gasolina (Its) 300 gr de CO <sup>2</sup> por cada Km recorrido <sup>22</sup> y con un rendimiento de 6 km/lt. 100/6=16.66 Its			Emisiones de CO <sup>2</sup> Promedio de 100km x 300gr CO <sup>2</sup> /km = 30Kg de CO <sup>2</sup>
<b>Uso del producto</b> <b>4</b>	5 colados en obra <sup>23</sup>	Diesel usado como desmoldante 0.4 lt. por cada tarima x 5 usos= 2 lts.	Rebabas de cemento	Agua previa al colado y diesel en obra 190 ml x c/tarima y c/colado= 950ml agua	10 viajes de 50 km= 500Km x 300 gr = 150 kg CO <sup>2</sup>
<b>Desechos reciclados</b> <b>5</b>	Astillas, aserrín y clavos	Diesel o gasolina del transporte del aserradero a las granjas avícolas (Its)	Clavos de acero Inutilizados (kg) y aserrín en granjas avícolas(kg)		Emisiones de CO <sup>2</sup> y otros gases de la quema de la cimbra de madera contaminada
<b>Impacto en el Paisaje</b> <b>6</b>	Erosión del suelo	Vacíos en los macisos verdes	Tocones	Negativos. Evaporación	
<b>Sumatoria</b>		2 lts Diesel. 16 lts Gasolina/ 60 =0.26 lts.	Rebabas de cemento y clavos	Agua = 950 ml	180.32 Kg CO <sup>2</sup> /60 tarimas = =3.0 Kg/CO <sup>2</sup>

Fuente: datos del autor generados en la presente investigación

<sup>20</sup> [http://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d\\_1085.html](http://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html) 02/01/2011

<sup>21</sup> Energía contenida según Meg Calking, LEED AP en su libro "Materials for Sustainable Sites"(2009,438)

<sup>22</sup> Datos obtenidos del libro "Tratamiento y Valorización Energética de Residuos" de Xaier Elías Castells, Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005, p 41

<http://books.google.com/books?id=KBTPxli6IRsC&printsec=frontcover&hl=es#>

<sup>23</sup> Consideramos que los camiones en que se transportan van a media capacidad (3.5 m<sup>3</sup>) en cada entrega en obra.

A partir de la Tabla IV.2, podemos resumir la huella ecológica de una superficie de contacto de cimbra de madera, a lo largo de las seis etapas de su ciclo de vida, resultando en 3.26 kg/CO<sup>2</sup> y en 2 litros de diesel, además de la utilización de 950 ml de agua. En la etapa 5, si se quema la madera maltratada, se liberan además los siguientes compuestos:

Tabla IV.3: **Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión**

Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4

Fuente: Ing. Raúl Gutiérrez Torres en “El motor de combustión interna y su impacto ambiental”. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Se puede observar que el mayor impacto ambiental lo producen los contaminantes del transporte del producto cimbra en sus diversos recorridos.

#### IV. 4. Fases del ciclo de vida de la tarima en la edificación

Analizado este proceso desde el punto de vista de los inmuebles construidos, tenemos una ligera variación de apreciación con respecto al uso de la madera en la obra falsa. En este caso edilicio, el ciclo de vida de la tarima se produce a lo largo de sólo 4 de las 5 fases de la edificación (Hernández, 2010). En la fase 1, la **extractiva** la madera no daña el medio ambiente si es tomada de plantaciones forestales controladas; en la fase 2,

que es la **fase de producción** de la tarima se consume poca energía para el aserrío y algunos clavos; durante la fase 3, **de construcción**, la tarima convencional se contamina: es cubierta con diesel (producto químico de honda huella ecológica) y es regada con abundante agua previo al colado del concreto hidráulico; una vez usada, cuando se descimbra, la tarima queda con residuos de lechadas de cemento adosadas a su superficie; no se aplica la fase 4 de **ocupación del edificio**, ya que en ella la tarima es retirada, por lo tanto, la siguiente fase es la 5, de **la descomposición del material**, que para el caso de la tarima, al fin de su vida útil se ha convertido en una mezcla de madera con diesel y rebabas de cemento. Al respecto podemos añadir que:

*“...la madera, por ejemplo, es un recurso renovable que generalmente no se valora en el ámbito mundial, por lo tanto es conveniente, en el caso de este recurso, diseñar y proyectar sin que se elija dar tratamiento a la madera, ya que la mayoría de los químicos dañan el medio ambiente desde el inicio de su proceso de producción, hasta su término de vida útil en las construcciones.” (Hernández Moreno, 2010: 135)*

Según la experiencia de campo del maestro albañil Antonio Medina<sup>24</sup>, se requieren 20 lts de diesel o aceite quemado de autos, para “curar” 50 m<sup>2</sup> de superficie de contacto de cimbra, es decir, a razón de 190 ml por cada tarima. El procedimiento de colocar este líquido se repite cada vez que se

---

<sup>24</sup> Antonio Medina López ha sido el maestro albañil de la autora desde hace 12 años y es particularmente diestro. Desde los 16 años ha trabajado en la construcción y como pocos, domina las técnicas contemporáneas del concreto y las antiguas del adobe y la madera.

realiza un colado, no sólo cuando la cimbra es nueva (ver Capítulo V donde se ensayan alternativas de superficies de contacto).

Ya habilitado el acero sobre la superficie de contacto, y previo al vertido del concreto hidráulico, la cimbra es mojada con cubetas de agua. Este procedimiento tiene por objeto impedir que absorba el agua de la mezcla del cemento. Esta técnica convencional de colados de losas es particularmente húmeda (ver figuras comparativas del consumo de agua en la construcción en III.6).

#### **IV.5 Sumario**

En este cuarto capítulo analizamos los insumos de la cimbra convencional de madera y su durabilidad. Inferimos las cantidades de madera que acaban como parte del desecho de obra (cascajo) sin posibilidades de reutilización. Consecuentemente nos daremos a la tarea en el Capítulo V de proponer superficies de contacto alternativas que den una opción viable al mercado de la construcción convencional y de la autoconstrucción en el Estado de México.

### PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA SUPERFICIES DE CONTACTO EN SISTEMAS DE CIMBRA DE MADERA

*El poder de los clanes seguía siendo el poder del cemento. En sus actividades de construcción yo había sentido físicamente, visceralmente, toda su potencia. Durante varios veranos había trabajado en la construcción [...] El cemento. Petróleo del sur. Todo nace en el cemento. No existe imperio económico nacido en el sur de Italia que no pase por la construcción: licitaciones, contrata, obras, cemento, grava, mortero, ladrillos, andamios, obreros...[...] El empresario italiano que no tenga la base de su imperio en el cemento no tiene esperanza alguna. Es el oficio más simple para ganar dinero en el más breve tiempo posible, adquirir solvencia, contratar personas en el momento propicio para una elección, distribuir salarios, acaparar financieramente...El talento del constructor es el del intermediario y el del rapaz.[...] Planear sobre terrenos insospechables, sustraerlos por poco dinero y después reservarlos hasta que cada centímetro y cada hoyo se hagan revendibles a precios exorbitantes. [...] Los bancos italianos saben dar a los constructores el máximo crédito; digamos que los bancos italianos parecen edificados por los constructores.*

*Yo sé y tengo las pruebas. Los empresarios italianos que triunfan provienen del cemento. Ellos mismos forman parte del ciclo del cemento. Yo sé que antes de transformarse en maridos de modelos de portada, en ejecutivos con barco, en depredadores de grupos financieros, en compradores de periódicos, antes de todo eso y detrás de todo eso está el cemento, las subcontratas, la arena, la grava, las furgonetas abarrotadas de obreros que trabajan de noche y desaparecen por la mañana, los andamios podridos, los seguros de pega. El grosor de las paredes es la base en la que se apoyan quienes tiran de la economía italiana. Habría que cambiar la constitución. Escribir que se fundamente en el cemento y en los constructores.*

*Yo sé. Y tengo las pruebas. Y los nuevos constructores, propietarios de bancos y de yates, príncipes del cotilleo y majestades de nuevas fulanas, guardan con celo sus ganancias. A lo mejor todavía tienen alma.[...] Así cuando pongo los pies en escaleras y habitaciones, cuando subo en ascensores, no logro ser indiferente. Porque yo sé. Y es una perversión. Y así, cuando me encuentro entre los mejores y más destacados empresarios no me siento bien. Aunque estos señores sean elegantes, hablen con tono tranquilo y voten a la izquierda.<sup>25</sup>*

---

<sup>25</sup> GOMORRA/ Cemento Armado  
Roberto Saviano (2009) Random House Mondadori pp.229-237

## **V.1 Busca de alternativas**

El campo del diseño puede contribuir a que no se use la madera en forma irracional, sustituyendo la superficie de contacto de la tarima de la cimbra de madera por otra de un material más resistente al contacto con el concreto hidráulico y que además garantice estabilidad volumétrica y un precio igual o menor al de la madera.

El criterio a seguir es el de manejar la misma escuadría en todas las alternativas propuestas y como primera opción nos inclinamos por una superficie de contacto de material reciclado.

### **V.1.2 Superficie de polietileno**

En consecuencia, se opta por manipular una tarima convencional de la manera que sigue: se coloca una placa de polietileno reciclado de 0.50 por 1.00 metro del anverso de la tarima y se sujeta con clavos rolados para mantener su estructura firme (donde la pieza diagonal es esencial) y a posteriori se retiran una a una las tablas que sirven de superficie de contacto. Al cabo (ver figura 1) tenemos la misma estructura de madera con una superficie de contacto diferente, de polietileno de alta y baja densidad reciclado.



Figura V.1: Proceso de sustitución de la madera por la placa de polietileno reciclado

A continuación se hace un listado comparativo de los parámetros de la superficie de contacto de la tarima convencional (tabla V.1) y los de la superficie alternativa de plástico reciclado (polietileno de alta y baja densidad) a la que llamaremos tarima híbrida, dado que por el anverso, seguirá teniendo la estructura de madera convencional como se puede apreciar en la figura V.2 más adelante.

Tabla 1: **Parámetros de diseño del sistema tarima convencional de madera y tarima híbrida**

SUP. DE CONTACTO:	MADERA	POLIETILENO RECICLADO
Densidad:	0.53 gr/cm <sup>3</sup>	0.90 gr/cm <sup>3</sup>
Peso:	5.75 kg	5.20 kg
Costo de la tarima	\$ 58.00	\$ 87.00 <sup>26</sup>
Contracción por humedad:	0.2%	0%
Durabilidad (# de usos)	5	20
Área de colado	2.5 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>
Adherencia al concreto	fuerte	débil
Acabado	rústico	liso
Reciclabilidad	Baja	Alta

Fuente: datos del autor

<sup>26</sup> Según datos del proveedor, Ing. Tonatiuh Vázquez González, docente de la Facultad de Arquitectura y Diseño, UAEMex.

El polietileno de baja y de alta densidad reciclado, se obtiene recalentando y fundiendo plásticos en desuso, es decir, es un material que se genera a partir de basura. (Hernandez-Moreno, 2009b). La figura 2 nos muestra el anverso de la tarima híbrida donde queda expuesta la estructura convencional de madera, misma que se clavará al resto del sistema de cimbra de madera, y el dorso, de superficie lisa y de terso desmolde.



Figura V.2: Superficie de contacto polietileno reciclado montado en la estructura convencional de una tarima de madera (Fuente: datos del autor generados en la presente investigación)

Esta tarima híbrida costará inicialmente un 40 % más (\$87.00 contra \$58.00), pero se podrá usar otras 15 veces más, por lo cual su costo por cada uso in situ resultará ser de \$4.35 contra \$11.60 de la tarima convencional, como se observa en la figura 3:

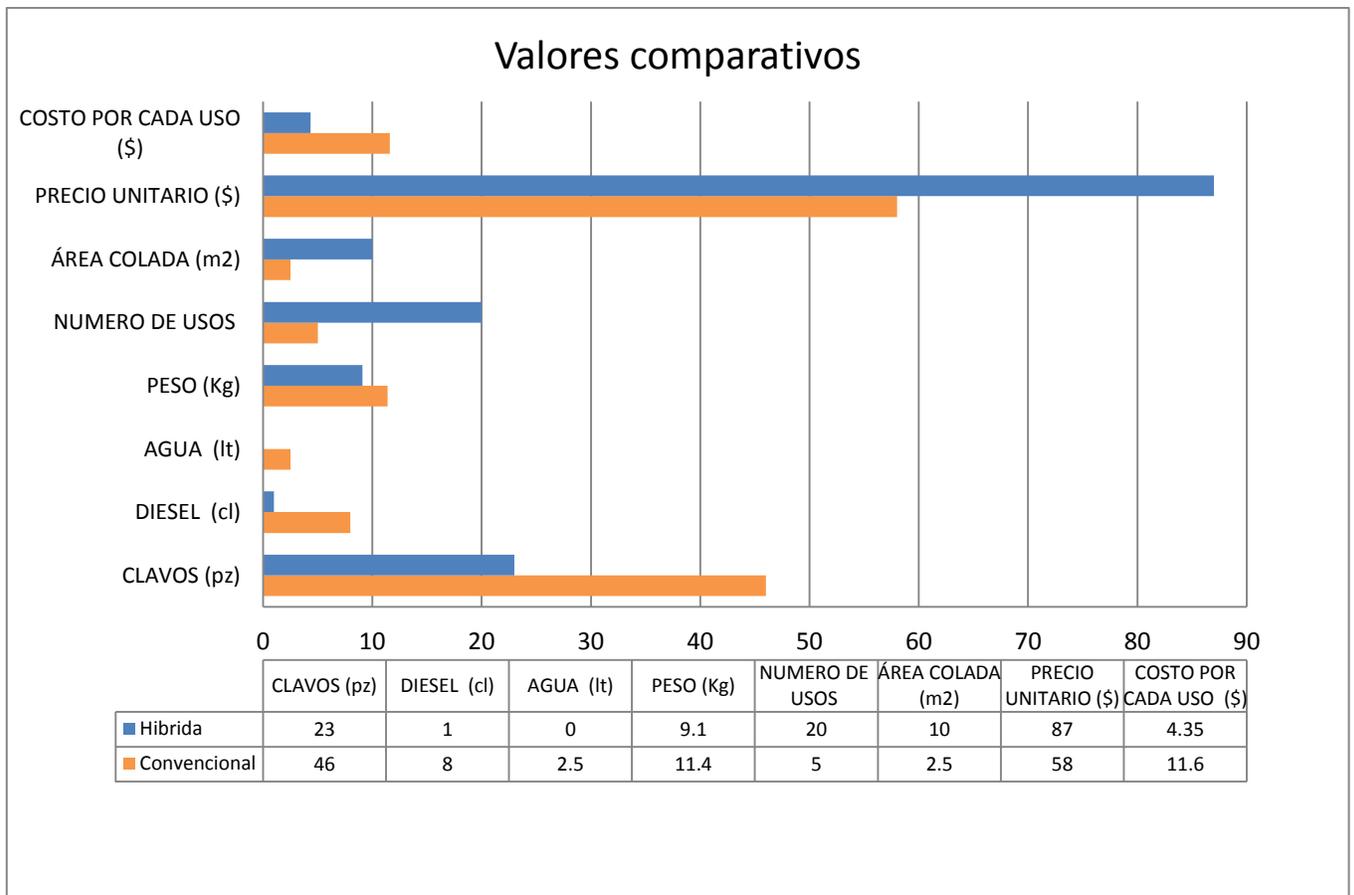


Figura V.3: **Insumos y costos de las tarimas híbrida y convencional** (Fuente: Datos del autor obtenidos en la presente investigación)

Algunos otros parámetros que comparan ventajosamente a nuestra propuesta híbrida son: menor número de clavos necesarios para fijar la superficie de contacto, por tratarse de una sola placa; el requerimiento mínimo de desmoldante (diesel por lo general) gracias a la calidad lisa de la superficie del polietileno; una mayor ligereza en el peso y finalmente, la nula necesidad de agua previa al vertido del concreto (en los colados convencionales, se moja abundantemente el entarimado de cimbra de madera, como medida de hidratación para que el contenido de humedad

de la mezcla no sea absorbido por la superficie de contacto de la madera), lo que ahorra el líquido en las zonas urbanas donde no es abundante ni siquiera para consumo humano.

### **V.1.2 Sobre la tarima híbrida de polietileno**

El polietileno reciclado aquí expuesto no es la única alternativa para sustituir la superficie de contacto de la tarima; es sin embargo, una al alcance de la mano en la actualidad, debido a la popularización del reciclamiento de materiales no biodegradables de nuestra sociedad de consumo. La figura V.4 fue tomada en el laboratorio donde se fabrica la placa. La decisión de no alterar las medidas convencionales de la tarima de madera resulta de entender que la costumbre jugará un papel determinante en la aceptación de este objeto híbrido.



Figura V.4: El Ing. Tonatiuh Vázquez en su planta, posicionando la placa de polietileno sobre la tarima.

Otras ventajas además de su bajo costo, es su peso ligeramente menor y su estabilidad dimensional. El reciclaje del polietileno, ambientalmente adecuado, se realiza aleatoriamente por territorios cercanos a los rellenos sanitarios. Esta selección corre a cargo de gente que no forma parte de la economía formal. Ellos abastecen a los técnicos que realizan la transformación del material pero sin ser capaces de entregar una factura fiscal por el valor de su venta. Este ingrediente complica y encarece la comercialización del polietileno reciclado porque, al costo de su producción (trozado, fundición y compresión), no puede restársele el costo de la materia prima.<sup>27</sup>

### V.1.3 Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión típica de un polietileno es de 150 kilogramos /cm<sup>2</sup><sup>28</sup> mientras que en la madera su resistencia es como sigue:

Tabla 2: Valores representativos de Esfuerzo último- Madera de pino libre de defectos

	Acción	Esfuerzo último

<sup>27</sup> Por cada superficie de contacto de polietileno reciclado, se estará evitando que lleguen a un relleno sanitario al menos 15 cubetas o baldes de 19 litros.

<sup>28</sup> [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

<b>Tensión</b>	Paralela a la fibra	890 Kg/cm <sup>2</sup>
	Perpendicular tangencial	20 Kg/cm <sup>2</sup>
	Perpendicular radial	40 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Manual de Construcción de estructuras ligeras de Madera COFAN (Comisión Forestal de América del Norte) México, 1994

[http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_1443\\_17787.pdf?PHPSESSID=274de170037bc23a92666f1c29bc7aef](http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1443_17787.pdf?PHPSESSID=274de170037bc23a92666f1c29bc7aef)

Debemos señalar que el material polimérico reciclado no presenta una resistencia constante y su variabilidad se debe a la mezcla de plásticos de alta y baja densidad que se funden en cada partida.

## **V.2 Otras alternativas**

### **V.2.1 Pruebas físicas en laboratorio**

Durante el mes de noviembre de 2010, se llevó a cabo en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMex un experimento donde se comparó el desempeño de cuatro superficies de contacto diferentes:

- 1: la tarima virgen de madera convencional
- 2: la misma tarima pero con recubrimiento de fibra de vidrio
- 3: la misma tarima pero con superficie de contacto de OSB
- 4: la misma tarima pero con superficie de contacto de polietileno reciclado

En la figura 5 apreciamos cómo fueron colocadas estas cuatro tarimas en paralelo para recibir el mismo colado.



Figura V.5: El 18 de noviembre 2010 se cimbra una superficie de 2 m<sup>2</sup> con cuatro tarimas, cada una de las cuales presenta una superficie de contacto diferente

### V.2.2 Superficie cubierta con Fibra de Vidrio

La superficie de contacto que observamos en la figura 6 fue manufacturada en el taller del D.I. Ramón González Alcalá en su empresa *Smartfuture*.

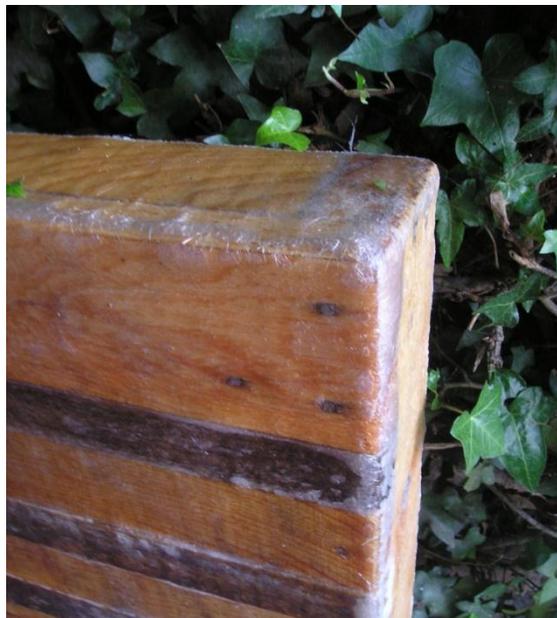


Figura V.6: Cubierta de fibra de vidrio sobre superficie de contacto de tarima de madera.

Este recubrimiento le fue aplicado también a los laterales de la tarima, su costo fue alto como prototipo (\$ 176.00), pero el presupuesto por un ciento baja considerablemente (\$127.00). Cabe mencionar que el desempeño de esta superficie a la hora de descimbrar el colado fue muy satisfactorio, la tarima se desprendió fácilmente de la losa y no sufrió ninguna alteración, lo que la hace susceptible a muchos usos. En la figura 6 vemos el acabado de la losa una vez retiradas las tarimas (de izquierda a derecha): convencional, fibra de vidrio y OSB.



Figura V.7: Acabado de la losa una vez retirada la cimbra.

### **V.2.3 Superficie de contacto de panel OSB**

El siguiente material alternativo con el que probamos sustituir la superficie de contacto de la tarima es la placa de OSB (oriented strand board) que se compra en el mercado nacional a precios accesibles en medidas

convencionales de 1.22 x 2.44 m. Como se aprecia en la figura 8, los bordes de la placa vienen protegidos con pintura verde. El peso volumétrico de este material compuesto es semejante al de la madera, resulta entonces que al usar un grosor de 9 o de 11 mm, reducimos a la mitad el peso de la superficie de contacto de tablas convencionales, resultando entonces (tabla3) la opción menos pesada.



Figura V.8: Vista cercana del panel de astillas de madera comercializado como OSB (Oriented Strand Board)

### **V.3 Marcador comparativo**

A continuación se resume en una tabla las variables de las cuatro superficies de contacto y se valoran de la siguiente manera: se otorga un valor máximo de 10 puntos a la que tuvo mejor desempeño y regresivamente se colocan los valores proporcionales.

Tabla V.3: Comparativa de las cuatro diferentes superficies de contacto

	convencional	fibra de Vidrio	OSB	polietileno
Consumo de diesel en unidades	8 (1,000 ml) <b>1.25</b>	2 (250 ml) <b>5</b>	2 (250 ml) <b>5</b>	1 (125 ml) <b>10</b>
Energía contenida <sup>29</sup>	3 MJ/kg <b>9.7</b>	30 MJ/kg <b>7</b>	14 MJ/kg <b>8.6</b>	100 MJ/kg <b>0</b>
Acabado de losa	Tablas marcadas <b>4</b>	Marcas suaves <b>6</b>	Textura ligera <b>8</b>	Liso <b>10</b>
Agua previa al colado	2.5 lts <b>0</b>	0 lt <b>10</b>	0.5 lt <b>8</b>	0 <b>10</b>
Durabilidad # de usos <sup>30</sup>	5 <b>2.5</b>	15 <b>7.5</b>	12 <b>6</b>	20 <b>10</b>
Peso	11.4 kg <b>7.02</b>	11.6 kg <b>6.9</b>	8.0 kg <b>10</b>	9.1 kg <b>8.79</b>
Costo	\$ 58.00 <b>10</b>	\$ 185.00 <b>3.14</b>	\$ 68.00 <b>8.53</b>	\$ 87.00 <b>6.67</b>
Costo por cada uso	\$ 11.60 <b>3.75</b>	\$12.33 <b>3.53</b>	\$ 5.66 <b>7.69</b>	\$ 4.39 <b>10</b>
Adherencia a la losa	Fuerte <b>2</b>	Débil <b>8</b>	Media <b>5</b>	Débil <b>8</b>
Reciclabilidad	Baja/contaminada <b>2</b>	Baja <b>5</b>	Baja/contaminada <b>2</b>	Alta <b>10</b>
<b>Marcador final</b>	<b>4.22</b>	<b>6.20</b>	<b>6.88</b>	<b>8.34</b>

Fuente: Elaboración del autor a partir del desempeño de los prototipos en el laboratorio de Materiales en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMex.

El marcador final ilustra los valores del desempeño de las cuatro modalidades, resultando ser la mejor la propuesta de polietileno reciclado con 8.34 puntos, seguida de la superficie de OSB. Por el contrario la superficie de madera tiene un mal desempeño comparativo debido al requerimiento de desmoldante y de agua en cada utilización y a su huella

<sup>29</sup> Guía de la edificación sostenible Idea, Ministerio de Fomento, España, 1995 en *Cuantificación Energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización* de Mikel Cepeda Gutiérrez e Iker Mardaras Larrañaga <http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/12.pdf> 05/04/2012

<sup>30</sup> El número de veces que puede utilizarse cada tarima está en función de la facilidad de desprendimiento del concreto armado y del soporte que la superficie de contacto sólida (en una sola pieza) le otorga a la estructura de la tarima durante el proceso de descimbrado.

en la textura de la losa; es sin embargo la más barata por unidad más no por cada uso.

#### **V.4 Sumario**

Se analizó pormenorizadamente el comportamiento de la superficie de contacto de una placa de polietileno reciclado en sustitución de las numerosas tablas transversales de la tarima convencional y su comparativa arroja buenas expectativas para esta propuesta, las que fueron compendiadas en la figura V.3.

Así mismo se procedió a verificar su desempeño en una prueba práctica de colado in situ en las instalaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño y se amplió la comparativa con otras dos superficies de contacto alternativas: la cubierta con fibra de vidrio y la placa industrializada de astillas de madera conocida en el mercado como OSB. Los resultados quedan registrados en la tabla V.3.

### DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y PROSPECTIVA

*“El uso de la madera que mantiene su estado normal, como por ejemplo en la construcción o en los muebles, reduce las consecuencias del efecto invernadero y contribuye a los esfuerzos que están haciendo muchos países para contrarrestar dicho fenómeno. El problema es que el CO<sub>2</sub> ya está en la atmósfera, por lo que, aunque reduzcamos las emisiones, el efecto invernadero seguirá produciéndose. Por lo tanto, la madera del bosque es imprescindible para retirar el exceso de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. La madera se forma químicamente al menos de 50% de carbono, así que mientras se produzca madera y se mantenga como tal, el carbono estará secuestrado al formar parte de su estructura. En términos generales, una tonelada de madera retiene el equivalente a 1.8 toneladas de CO<sub>2</sub>.” (Ortega, 2011:6)*

*“Sin embargo en México no se procesa en las fábricas la madera de muchas especies, ya que el 85% de la producción industrial maderable es de pino y de esta cantidad se corta 85% en cinco estados (Durango, Chihuahua, Michoacán, Jalisco, Oaxaca). Además como un compromiso del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, muchos productos agropecuarios y forestales que provienen de Estados Unidos y Canadá pueden entrar a México sin pagar ningún arancel. Esto, junto con otros factores, hace que la madera importada sea más barata que la nacional.” (Ortega, 2011:8)*

#### VI.1 Discusión

Como se ve en el capítulo anterior, el desempeño de la superficie de contacto de la tarima de madera puede ser superado por otros materiales.

Se analiza el polietileno reciclado con mayor extensión pero no es la única alternativa para sustituir la superficie de contacto de la tarima; es sin embargo, una al alcance de la mano en la actualidad, debido al esfuerzo de algunos emprendedores por reciclar la abundante cantidad de materiales no biodegradables desechados por los consumidores.

La decisión de no alterar las medidas convencionales de la tarima de madera resulta de entender que la costumbre jugará un papel determinante en la aceptación de este objeto híbrido.

Otras ventajas además de su bajo costo, son su peso ligeramente menor y su estabilidad dimensional. El reciclaje del polietileno, ambientalmente adecuado, se realiza aleatoriamente por territorios cercanos a los rellenos sanitarios. Esta selección corre a cargo de gente que no forma parte de la economía formal. Ellos abastecen a los técnicos que realizan la transformación del material pero sin ser capaces de entregar una factura fiscal por el valor de su venta. Este ingrediente complica y encarece la comercialización del polietileno reciclado porque, al costo de su producción (trozado, fundición y compresión), no puede restársele el costo de la materia prima.<sup>31</sup>

Esta situación sólo se puede contrarrestar con una producción masiva de superficies de contacto de cimbra y con una campaña promocional que lleve el nuevo producto híbrido a los sitios donde tradicionalmente se vende o renta cimbra de madera.

En cuanto a las otras opciones presentadas en el Capítulo V quedan evaluadas en la tabla V.3 donde si bien el consumo energético de cada

---

<sup>31</sup> Por cada superficie de contacto de polietileno reciclado, se estará evitando que lleguen a un relleno sanitario al menos 15 cubetas o baldes de 19 litros.

superficie alternativa es mayor al de la original que tratamos de sustituir, en la sumatoria de valores cualitativos y cuantitativos a tomarse en cuenta, la superficie de polietileno es la que sale mejor evaluada. Esto nos mueve a sostener que no es analizando un solo aspecto del componente estudiado como tomaremos una buena decisión.

### **VI.1.2 Consideración pertinente**

Éste no pretende ser un trabajo de moda, aunque es necesario reconocer que se inscribe en la tendencia contemporánea de preocupación por el agotamiento de los recursos naturales, por los desechos y la contaminación ambiental. Sin embargo, a diferencia de la mercadotecnia que ha envuelto sus productos en un disfraz de responsabilidad ecológica para hacer sentir menos mal al consumidor, este trabajo nació de la práctica profesional cotidiana y de la dificultad de hacer a los albañiles y a los estudiantes de arquitectura que valoren el recurso madera que manipulan en obra.

Por otro lado la construcción se ha convertido en un producto y las inmobiliarias han sabido ponerse a la altura del doble discurso enmascarado para vender *casas verdes* o *ecológicas*, aunque las finquen sobre cursos de agua y con materiales altamente contaminantes (Figura 1).



Figura VI.1: Casas Geo. Nueva producción masiva de viviendas.

[http://chacatorex.blogspot.com/2012\\_01\\_15\\_archive.html](http://chacatorex.blogspot.com/2012_01_15_archive.html)

De ahí la decisión de publicar sobre el tema en medios de divulgación llanos, más cercanos a la gente (ver Anexo), dado que la Universidad Pública debe devolver la sociedad (Figura 2) los frutos de su subvención y es el bienestar de la población del Estado de México, el fin último de este esfuerzo académico.



Figura VI.2: “Periferia”, foto de Luis Castillo muestra la íntima relación de la pobreza con el desperdicio de madera de la autoconstrucción en el área conurbada del Estado de México.

## VI.2 Conclusiones

Se estudia el recurso madera cualitativamente así como desde el punto de vista silvícola. Se enfatiza su buen desempeño en la edificación por cientos de años y su súbito cambio a material auxiliar de obra falsa. Los tres primeros capítulos nos introducen en el tema de la construcción convencional en concreto, el consumo de madera que insume, el origen de esa madera, el impacto ecológico, sus propiedades mecánicas y estructurales y se pone en valor el recurso madera como alternativa constructiva contemporánea.

Para visualizar lo investigado, en el Capítulo IV se recurre a un círculo de seis etapas (ver figura IV.2) consistentes en: **Extracción, Aserrío, Producción, Distribución, Utilización y Disposición**. Esta rueda del ciclo de vida de la tarima convencional de madera se cierra en el recurso **Paisaje**. Este recurso puede verse alterado para bien o para mal según se maneje el bosque; es decir, si se aprovecha racionalmente con un manejo profesional o si se usa irracionalmente con tala clandestina el resultado es diferente. En el primer caso se conserva el suelo, en el segundo se abren hectáreas al pastoreo, la agricultura o la urbanización.

En el capítulo V se compara el desempeño en obra de la tarima convencional contra la propuesta híbrida y se obtienen resultados alentadores: la fabricada con material reciclado resulta ser más barata a lo largo de su vida útil ya que puede usarse muchas más veces, es más ligera, de mejor desempeño a la hora de descimbrar y deja un acabado más parejo en la superficie del concreto fraguado sobre ella (ver figura V.3)

Así mismo se diseñan y ensayan tarimas sustitutivas de la popular tarima de cimbra. El resultado comparativo de sus desempeños puede verse en la tabla V.3, donde se incluye la **reciclabilidad** de cada una de ellas así como su **energía contenida**.

Resultan alentadores los indicadores obtenidos desde la perspectiva del diseño alternativo, mismos que impulsan alternativas para la industria de la

Construcción, industria que deja una profunda huella en el sitio donde se levanta la obra y también en regiones aledañas como los bosques que dan origen a las tarimas de madera.

### **VI. 3 Prospectiva**

Este estudio pretende incidir en primer término en los ámbitos **académico** y **comercial**. Académicamente es necesario que se incorpore el análisis de las cimbras en las disciplinas asociadas a los procesos constructivos de las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil. Como muchas cosas de la vida cotidiana, las tarimas se dan por sentadas y no se analizan en todas sus implicaciones<sup>32</sup>. Comercialmente, las cimbras híbridas pueden ser un nicho para quienes reciclan materiales poliméricos habida cuenta de que la Secretaría de Hacienda abra un apartado especial para los contribuyentes que no pueden deducir como insumo lo que pagan por la materia prima, esto debido a que el pepenador de polietileno es un personaje ajeno al sistema fiscal.

En segundo término, la postura que se sostiene en este trabajo de investigación, apunta a otras dos áreas del conocimiento: la **sustentabilidad** y la **estética**. La sustitución del material de contacto de las populares

---

<sup>32</sup> El libro "Costo y Tiempo en edificación" de Carlos Suárez Salazar (2008) analiza el sistema de cimbra de madera y le atribuye el mismo factor de desperdicio y el mismo factor de uso a las duelas de las tarimas que a los pies derechos (polines verticales). Discrepamos de esta apreciación ya que los pies derechos no entran en contacto directo con la mezcla del concreto y pueden ser usados más veces que las duelas.

tarimas puede abrir paso a una revaloración de la madera como material valioso y durable, digno de ser usado en una arquitectura acogedora y sustentable detonadora de la industria forestal, para cuyo desarrollo el Estado de México tiene vocación natural. En el ámbito estético, la madera brinda belleza mientras se produce en el bosque y también en el largo período de vida útil de las estructuras portantes, en las armaduras e incluso en acabados y muebles como se observa en el mosaico de fotos de la figura VI.3.

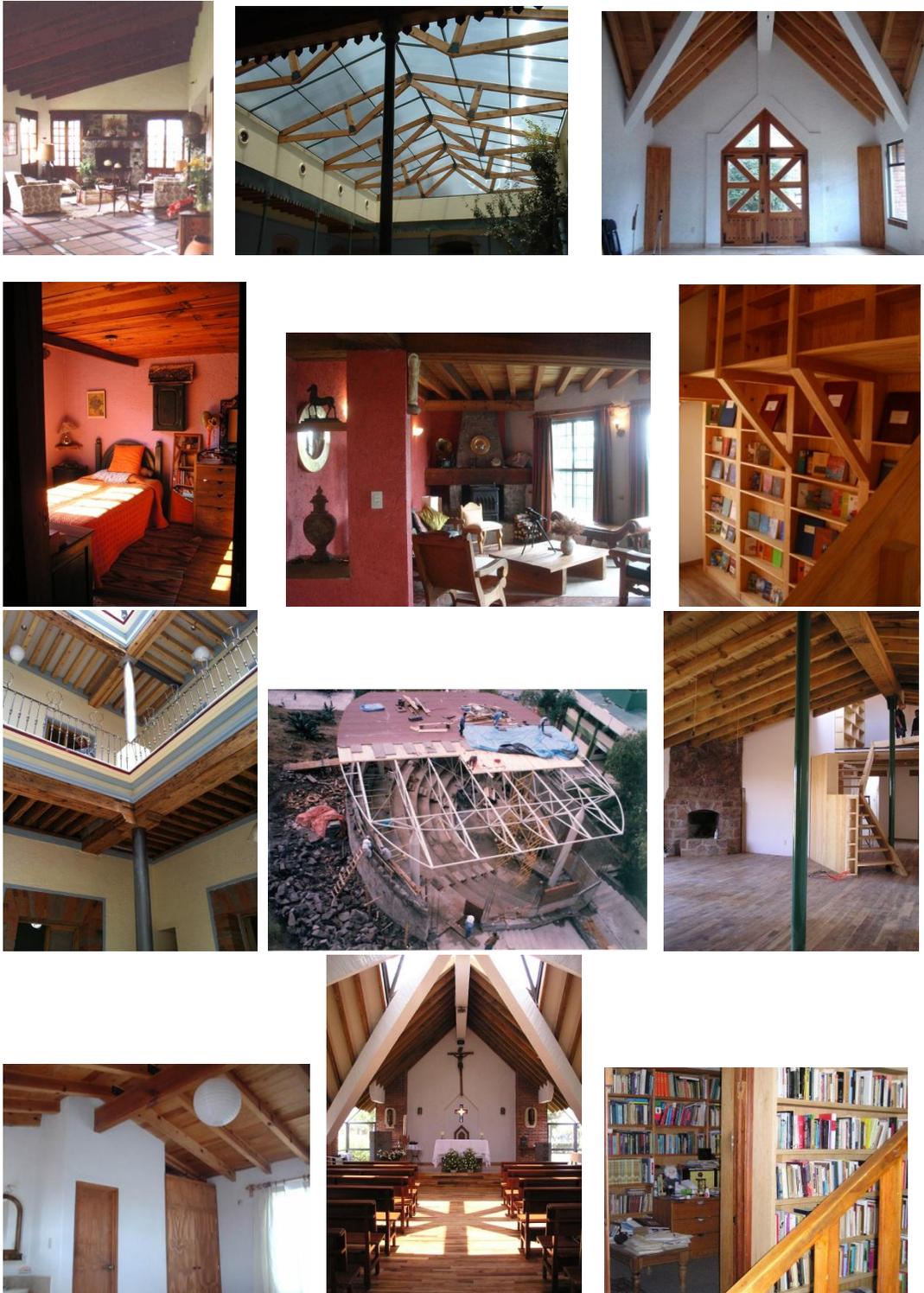


Figura VI.3. Obras construidas en madera sin utilización de cimbra de madera. (Fuente: Obras del autor en el Estado de México)

## Publicaciones derivadas de esta investigación

### Anexo 1

Bianconi Bailez, María Susana (2011) **La madera auxiliar en la construcción y su huella ecológica; caso de la superficie de contacto de la tarima.** *Acta Universitaria* Vol.21 No2. ISSN 0188-6266. Universidad de Guanajuato

<http://www.actauniversitaria.ugto.mx/publicaciones/v21-2/madera.htm>

### Anexo 2

Bianconi, Susana (2010) **Construcción en madera, material no contaminante e impulsor de la industria forestal mexicana** publicado en versión reducida como **Casas de Madera para preservar el Ambiente.** *Valor Universitario* Año 2 No 13. UAEMex.

<http://susanabianconi.blogspot.com/2010/10/construir-en-madera.html>

### Anexo 3

Bianconi, Susana (2010) **Oro Verde.** *Cambio del Estado de México.* Año 5 No 58, marzo 2010

<http://susanabianconi.blogspot.com/2010/08/madera.html>

Publicada en *Acta Universitaria* Vol.21 No2. ISSN 0188-6266. Universidad de Guanajuato

## **La madera auxiliar en la construcción y su huella ecológica; caso de la superficie de contacto de la tarima**

María Susana Bianconi Bailez

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México

[bianconi44@hotmail.com](mailto:bianconi44@hotmail.com)

tel: (722) 2140414, 2154852

### **Resumen**

Se diseña una tarima de cimbra alternativa, con material reciclado, para contrarrestar el uso indiscriminado de madera en la construcción del concreto armado. Se presenta esta problemática en el Estado de México y se relaciona con el consumo de madera talada clandestinamente. Se grafica el ciclo de vida de la tarima para cimbra de construcción y se comparan parámetros y desempeños de nuestra propuesta, a la que llamamos tarima híbrida y la tarima convencional. Se sugiere contrarrestar el mal uso del recurso madera asociado a la factura in situ del concreto armado mediante el uso de este nuevo diseño.

**Descriptor:** Madera, tala, cimbra, ciclo de vida, tarima híbrida

### **Supplementary wood in building processes; the case of wooden surface framework**

#### **Abstract**

An alternative framework is designed, based on recycled material, to tend to diminish the irrational use of wood. Wood related problems in concrete construction in the State of Mexico are presented, and this issue is related to the illegal harvest of timber. The wood framework life cycle assessment is graphed and several parameters are compared between our proposed hybrid frame and the conventional one. This new design is proposed to mitigate the irrational use of timer in the making of daily concrete building in situ.

**Keywords:** Timber, prune, wood framework, life cycle assessment, hybrid frame

## INTRODUCCIÓN

En el Estado de México la técnica de construcción más común para entresijos y techumbres es la losa de concreto armado. Existe la convicción popular de que esta técnica es superior a cualquier otra y no se cuestiona su costo directo ni su costo ambiental. La mezcla del cemento, los agregados y el agua se realiza en obra y se vierte sobre un encofrado de madera compuesto de tarimas, (figura 1) vigas y polines como pies derechos. Este sistema de cimbra de madera es versátil, barato, manejable en obra con gran comodidad antropométrica y fundamentalmente, es conocido por los albañiles que aprenden a cimbrar con gran destreza en la obra cotidiana, tanto de autoconstrucción como en la obra diseñada y dirigida por profesionales.

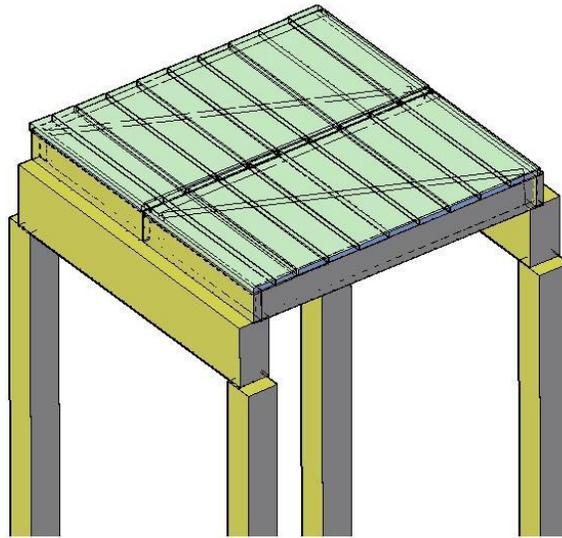


Figura 1: Sistema de cimbra de madera<sup>33</sup>

La pertinencia de sustituir sólo parte de este sistema (la superficie de contacto) por un material reciclado, es el tema del presente artículo, para lo cual analizamos el impacto ambiental del uso efímero de esa superficie de contacto de madera y proponemos una

---

<sup>33</sup> Las gráficas y fotografías sin notación de fuente, son del autor.

alternativa de material reciclado con el afán de sopesar su viabilidad económica, ambiental y funcional.

El cuerpo del texto se compone de una *METODOLOGÍA* basada en el ciclo de vida, de un *ANÁLISIS* de la tarima como producto y de *RESULTADOS* basados en la comparativa de desempeños entre la tarima convencional y la nueva tarima alternativa propuesta. El apartado de *DISCUSIÓN* diserta sobre los resultados y la practicidad de la propuesta de diseño de la tarima alternativa en nuestro medio, es decir, en el estado más poblado del país donde conviven bosques y áreas urbanas.

## **METODOLOGÍA**

Se analiza el impacto del uso de madera como material desechable en la construcción convencional del Estado de México a partir del esquema de la cuna a la tumba, se grafica el ciclo de vida de esa madera (figura 3). Se propone una alternativa y se discute su pertinencia y viabilidad en función de comparar parámetros (peso, densidad, durabilidad y costo) de la tarima de madera convencional y los de la tarima híbrida propuesta. Las mediciones se llevan a cabo en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMex donde las dos propuestas son cotejadas y cuyos resultados se resumen en las tablas 2 y 3. Finalmente se postulan otras alternativas que serán evaluadas en el futuro.

### **Impacto ambiental del uso de la madera de cimbra**

A diferencia de las obras construidas en madera y destinadas a durar, la construcción en concreto armado usa a la madera como recipiente de la mezcla húmeda y acaba con ella al cabo de unos cuantos usos. Existe un interesante sistema de reutilización de tablas proveniente de los embalajes industriales con las que se restauran las tarimas dañadas en obra.

Importa asentar que en los aserraderos donde se maquilan estas tarimas de cimbra, no se tiene certeza del origen sustentable de la madera, es decir, mucha de la madera que se usa en construcción, puede provenir de tala clandestina. La línea que divide el origen legal o

ilegal de la madera es difícil de trazar y no es tarea en la que los investigadores de la construcción podamos involucrarnos. Sin embargo, sí podemos ofrecer una alternativa a este sistema establecido de cimbra, para que, sin alterar sus bondades, se pueda detener el daño a la superficie de contacto y prolongar la vida útil de la tarima, incidiendo indirectamente para quitar presión sobre la explotación de los bosques del Estado de México.

Cabe ejemplificar que el artesonado<sup>34</sup> de la catedral de Tlaxcala va a cumplir 500 años y luce impecable. En este lapso, el bosque que le dio origen pudo recuperarse 16 veces y producir 16 techos semejantes, sin perder su constante cualidad boscosa, dado que en México los pinos son maderables con 30 años de edad<sup>35</sup>.

*“Por las limitaciones en los métodos de aprovechamiento, el rendimiento promedio de los bosques naturales en México es 40% menor que el mundial y se tienen pocos aprovechamientos de plantaciones”. (Programa de Desarrollo Forestal Sustentable, 2006:45).*

*En términos generales, la industria forestal de la Entidad tiene que abastecerse de otras entidades federativas y en ocasiones con importación principalmente de Chile o EEUU, siendo un porcentaje menor el abastecimiento de la producción estatal, con excepciones como la Unión de Ejidos ‘General Emiliano Zapata’ de Amanalco y otros núcleos agrarios con abastecimiento propio”. (ídem.:49)*

### **La huella ecológica de la madera destinada a la cimbra y su ciclo de vida**

Todo producto hecho por el hombre deja una huella en el planeta. La materia prima, la fabricación, el transporte, el uso del objeto y su disposición final forman una cadena de impactos conocida con el nombre de huella ecológica. Cuando importamos madera, estamos desentendiéndonos del impacto (positivo o negativo) de esa producción maderera, dado que proviene de otro país; por lo general distante de México. Análogamente, los países desérticos de la península arábiga, ricos países petroleros, no sufren de estrés hídrico

---

<sup>34</sup> Artesonado es el trabajo de carpintería fina y elaborada que, a manera de cielorraso, tapa la estructura de armaduras de madera del coro y de la nave central en la Catedral de Tlaxcala. El Estado de México conserva un magnífico artesonado, de menor tamaño, en la antigua iglesia de Calimaya, también del siglo XVI.

<sup>35</sup> Los pinos alcanzan una escuadría maderable entre los 25 y 30 años. (Ver: *La Cuenca*, Boletín informativo de la Comisión de Cuenca de Valle de Bravo-Amanalco, Año: 4; Número 18, febrero 2010)

porque compran sus alimentos a otros países. Los países productores de alimentos, en cambio, sí enfrentan año con año la variación de cosechas de acuerdo a la bonanza de la temporada de lluvias (Hoelkstra, 2010).

Construir en madera es propio de los países que tienen un sano aprovechamiento forestal, como Canadá y Estados Unidos. Construir en concreto armado propicia, en cambio, el uso secundario de sistemas y materiales constructivos tales como la madera, la que solo se usa como parte de un procedimiento no permanente en las construcciones, que lo hacen efímero y por tanto de alto impacto ambiental.

Una comparativa importante del uso de la madera como cimbra contra la construcción con madera, es que mientras en el primer caso se utiliza agua para la mezcla y para el curado del concreto armado, en el segundo caso la obra es seca y disminuye significativamente el uso y el consumo de agua en los procesos del ciclo de vida del producto.

Cabe mencionar en este momento que el *British Research Establishment (BRE)* analiza impactos a lo largo de 100 años para obtener Perfiles Medioambientales de los materiales renovables de construcción (BRE, 2007:28). A este trabajo lo denominan Environmental Assessment Method (EAM) por sus siglas en inglés y es adecuado para entender el comportamiento del ciclo de vida de los bosques, para establecer el balance entre los insumos y las emisiones, para obtener así los perfiles ambientales y los límites de un sistema, que para nuestro caso de estudio se ejemplifica en la figura 2.

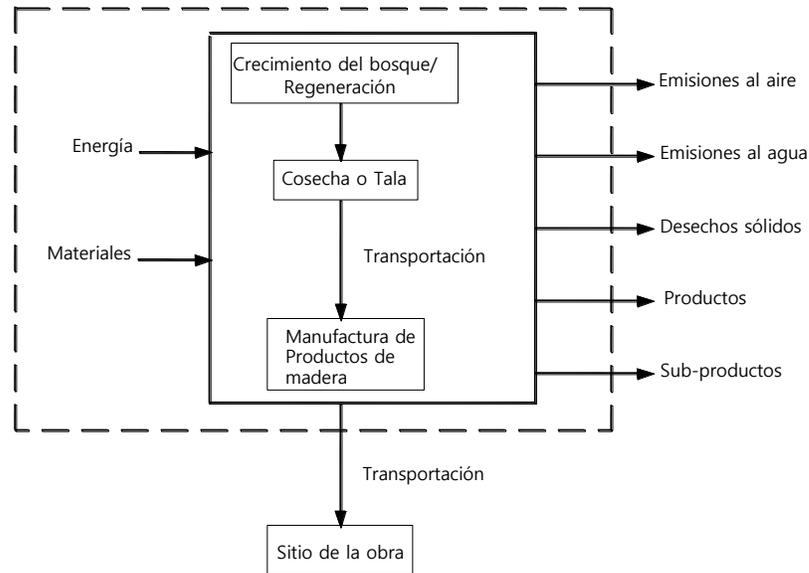


Figura 2: Límites del sistema de Ciclo de Vida de la madera procesada en la construcción. (Fuente: Puettmann y Wilson, 2005: 18)

Actualmente, los macizos forestales mexiquenses de donde se extrae la madera de cimbra (primera fase del ciclo de vida de cualquier producto maderable), sufren dos presiones diferentes, de origen opuesto pero de resultado convergente. Por un lado existe una endémica tala clandestina, tala que no reforesta y que deja los suelos a merced de la erosión<sup>36</sup>. Por otro lado, una mala aplicación de la legislación protectora de áreas forestales, hace que los bosques envejezcan, lo que provoca baja o nula producción de oxígeno y bajo sumidero de bióxido de carbono y por tanto propicia el incremento del calentamiento de la atmosfera. Conforme el árbol crece, el carbono acumulado se deposita en su fuste y paralelamente disminuye su follaje, que es el encargado de producir oxígeno a través de la fotosíntesis. (Nakama et al, 2009).

Para nuestra situación particular en el Estado de México, el ciclo de vida de la madera usada en cimbra (figura 3) puede graficarse de la siguiente manera: inicia con la extracción

<sup>36</sup> La EPA (Environmental Protection Agency) ha estimado que la erosión de los terrenos totalmente talados puede alcanzar 12,000 toneladas por milla cuadrada (o su equivalente: 4,687 toneladas por kilómetro cuadrado) por año. Esto representa 500 veces más que la erosión natural de un bosque sin afectación. (Calkins, 2009, 273)

de la materia prima (1) y continúa a través de las fases de aserrío (2) y producción (3), seguidas de la distribución (4), utilización en obra (5) y deposición final con impacto en el paisaje (6). A este impacto contribuye también el origen de la madera, el que será diferente si proviene de desmontes para la agricultura (lo que provoca erosión de suelos) o si proviene de plantaciones forestales comerciales.

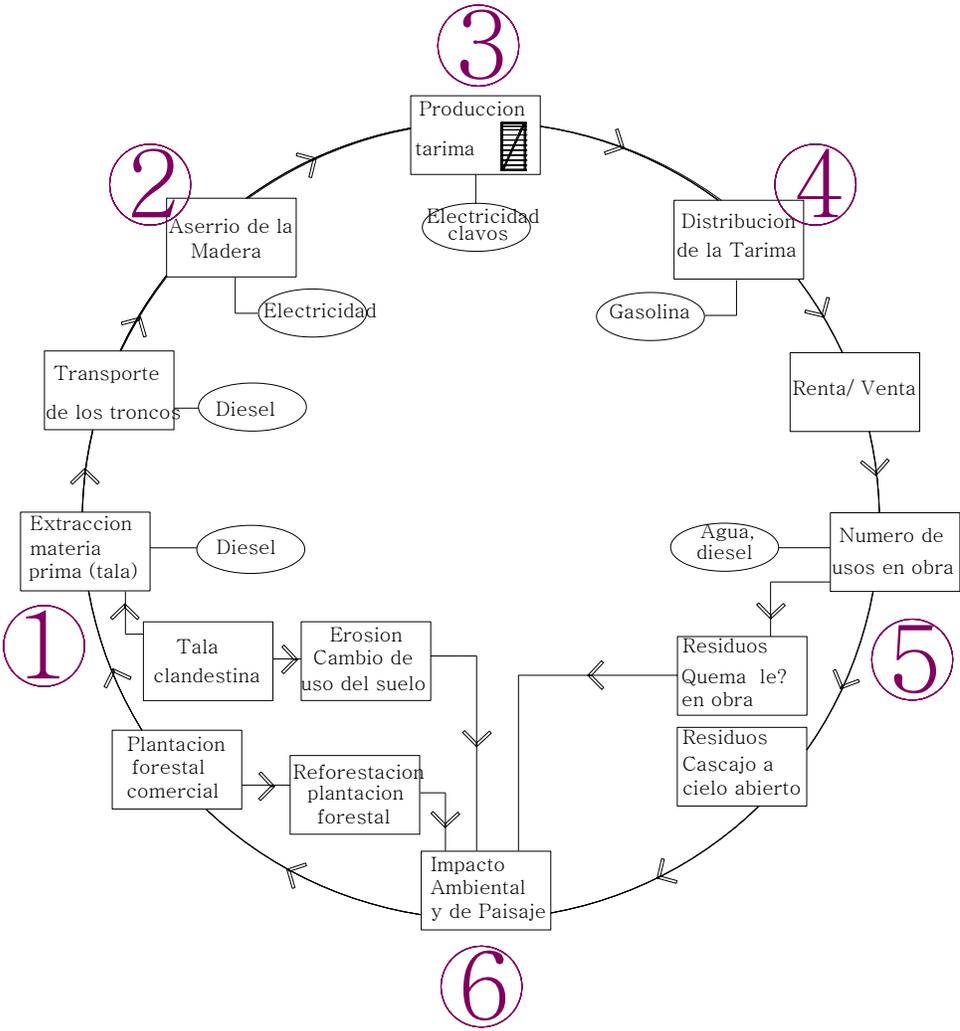


Figura 3: Ciclo de vida de la tarima convencional

En la figura 3, se inscribe dentro de óvalos la energía utilizada en el ciclo de vida de la tarima. Siendo la madera un material ligero y quedando los bosques proveedores a escasa distancia de los centros de población en el Estado de México, consideramos de poco impacto el gasto energético. Finalmente al cabo de su desempeño, la madera es

biodegradable (Stafford, 2009). Sin embargo en el caso de la madera utilizada como recipiente del concreto húmedo (figura 4), ésta llega al final de su ciclo de vida contaminada con rebabas de cemento y con los desmoldantes comúnmente utilizados en obra: diesel o aceite mineral quemado (Hernández, 2009a).



Figura 4: Desechos de madera en la construcción doméstica convencional, contaminada con rebabas de concreto y con diesel. Foto: Andrés Galindo

Los estudios y análisis que se llevan a cabo en países desarrollados, no se ven obligados a tomar en consideración el origen de la madera dado que proviene de la industria maderera establecida, por lo cual es menester llamar la atención que el impacto ambiental del uso de cimbra de madera es fundamentalmente un asunto doméstico, desconocido en Europa y Estados Unidos.

## ANÁLISIS

### **Tarima convencional de madera**

En la figura 5 vemos una tarima convencional de madera de las que se usan ampliamente en el Estado de México.

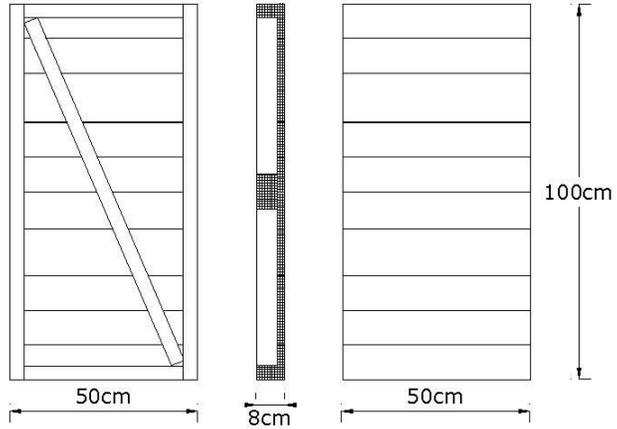
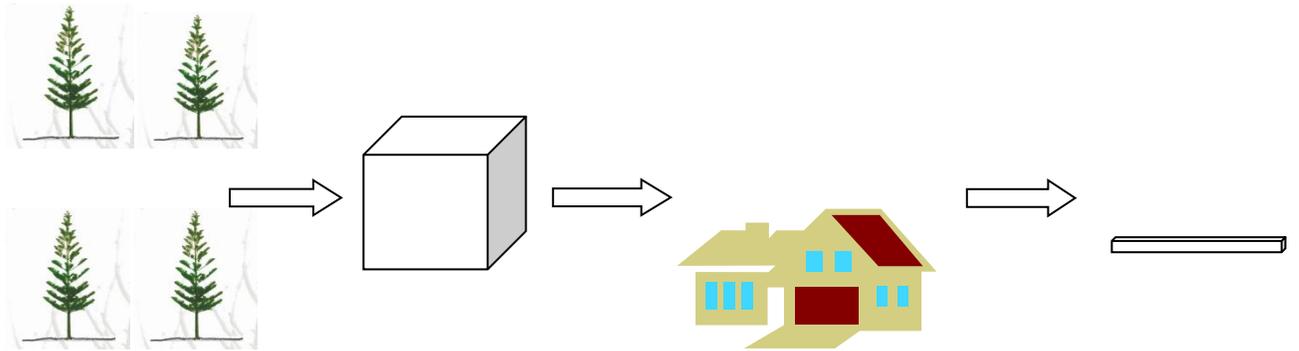


Figura 5: Foto y croquis de una tarima de madera convencional; a la extrema derecha la superficie de contacto.

Esta tarima tiene una superficie de contacto de medio metro cuadrado y su volumen de madera es de  $22,510 \text{ cm}^3$  (9' tablón). La mayor parte es decir,  $12,500 \text{ cm}^3$  forman la superficie de contacto y sólo  $10,010 \text{ cm}^3$  forman la estructura base armada con cuatro barrotes ortogonales y uno diagonal. Con el volumen de 80 superficies de contacto de tarima se obtiene un metro cúbico de madera. En la figura 6 vemos sus equivalencias.



**4 árboles maduros = 1 m<sup>3</sup> madera = 200 m<sup>2</sup> de losas = desperdicio madera contaminada y trozada**

Figura 6: Relación madera- superficie colada

Vemos que con cuatro árboles maduros<sup>37</sup> se obtiene un metro cúbico de madera aserrada, este volumen alcanza para producir 80 superficies de contacto de cimbra tradicional de madera, las que usadas cinco veces<sup>38</sup>, sirven para colar 200 m<sup>2</sup> de losa de concreto armado.

Estos datos nos sirven para estimar cuánta madera ha sido usada de manera efímera en el Estado de México. Extrapolando, podemos inferir cuántos metros cúbicos de madera se han usado y consumido sólo para recibir el colado de las losas de las zonas urbanas del Estado de México. Tenemos que el universo de viviendas para el Estado de México, según el censo de población y vivienda del INEGI del 2010, es de 3'749,106 habitadas.

**Tabla 1: Relación entre la superficie construida en concreto y la madera inutilizada por tal hecho.**

Número de viviendas Edo. México	m <sup>2</sup> totales de vivienda	m <sup>3</sup> de madera usada en superficie de contacto	Número de árboles utilizados	Área boscosa necesaria (hectáreas)
<b>3'749,106</b>	374'910,600	1'874,553	7'498,212	37,491

Adjudicamos una superficie estándar de 100 m<sup>2</sup> por cada casa habitación y un área por cada árbol de 50 m<sup>2</sup> para su crecimiento pleno<sup>39</sup>. Los datos de la Tabla 1 no toman en consideración la superficie de losas de concreto de las áreas comerciales, las que se desarrollan a lo largo de las vías servidas por el transporte público y que constituyen un largo etcétera de metros cuadrados. Sin embargo aún reduciendo nuestro universo al de las casas habitación, observamos que la cantidad de madera inutilizada después de haber servido cinco veces en contacto con la mezcla de concreto hidráulico es de 1'874,553 m<sup>3</sup>, o su equivalente a 7'498,212 árboles talados para un fin efímero.

El área requerida para soportar tal número de individuos (árboles maduros maderables) es equivalente a 37,491 hectáreas, o a sesenta y dos Bosques de Chapultepec<sup>40</sup>. Este no sería

<sup>37</sup> Pino (*pinus patula*) en bosque manejado con área basal media (AB) de 0.8 m<sup>2</sup>/ha (Cruz-Leyva, 2010)

<sup>38</sup> Las tabletas de la superficie de contacto de una tarima se empiezan a deteriorar a partir del 3er uso. Quienes rentan cimbra, sustituyen lo dañado con madera nueva o con madera de tarimas industriales. Al cabo de cinco usos la totalidad de la superficie original ha sido sustituida.

<sup>39</sup> En aprovechamientos comerciales los pinos se plantan inicialmente en geometrías de 3.5 x 3.5 m, sobreviene el raleo y quedan espaciados a 7 x 7 m

<sup>40</sup> Tomamos en 600 has el área verde de las tres secciones del Bosque de Chapultepec.

un problema en sí mismo si las plantaciones forestales en el Estado de México fueran consideradas como una más de sus múltiples industrias<sup>41</sup>.

## RESULTADOS

### Diseño alternativo

El campo del diseño puede contribuir a que no se use la madera en forma irracional, sustituyendo la superficie de contacto de la tarima de la cimbra de madera por otra de un material más resistente al contacto con el concreto hidráulico y que además garantice estabilidad volumétrica y un precio igual o menor al de la madera.

A continuación se hace un listado comparativo de los parámetros de la superficie de contacto de la tarima convencional (tabla 2) y los de una superficie alternativa de plástico reciclado (polietileno de alta y baja densidad) a la que llamaremos tarima híbrida, dado que por el anverso, seguirá teniendo la estructura de madera convencional como se puede apreciar en la figura 8.

Tabla 2: **Parámetros del sistema tarima convencional de madera y de la tarima híbrida**

<b>SUP. DE CONTACTO:</b>	<b>MADERA</b>	<b>POLIETILENO RECICLADO</b>
<b>Densidad:</b>	0.53 gr/cm <sup>3</sup>	0.90 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso:</b>	5.75 kg	5.20 kg
<b>Costo de la tarima</b>	\$ 58.00	\$ 87.00 <sup>42</sup>
<b>Contracción por humedad:</b>	0.2%	0%
<b>Durabilidad (# de usos)</b>	5	20
<b>Área de colado</b>	2.5 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>
<b>Adherencia al concreto</b>	fuerte	débil
<b>Acabado</b>	rústico	liso
<b>Reciclabilidad</b>	Baja	Alta

<sup>41</sup> El aprovechamiento forestal del ejido Palo Seco es anunciado por la Protectora de Bosques del Estado de México como caso excepcional y consta sólo de 744 ha (PROBOSQUE 2011)

<sup>42</sup> Según datos del proveedor, Ing. Tonatiuh Vázquez González, docente de la Facultad de Arquitectura y Diseño, UAEMex.

El polietileno de baja y de alta densidad reciclado, se obtiene recalentando y fundiendo plásticos en desuso, es decir, es un material que se genera a partir de basura. (Hernandez-Moreno, 2009b). El espesor de la placa de este plástico reciclado es de 12 mm lo que determina su bajo peso a pesar de su alta densidad. Este material puede ser enteramente reciclado, a diferencia de la madera que se deteriora y contamina con cada uso.

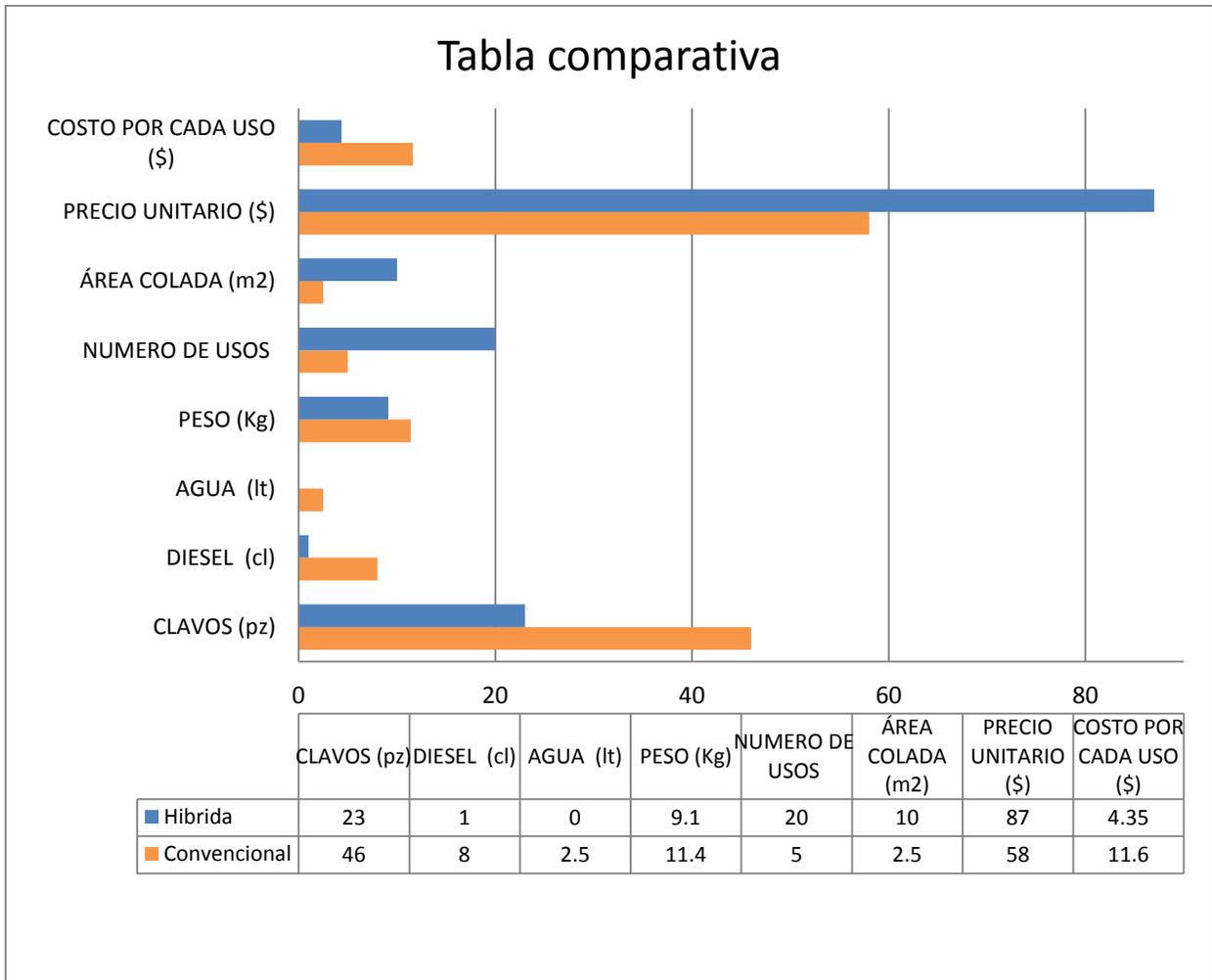
La figura 8 nos muestra el anverso de la tarima híbrida donde queda expuesta la estructura convencional de madera, misma que se clavará al resto del sistema de cimbra de madera, y el dorso, de superficie lisa y de terso desmolde.



Figura 8: Superficie de contacto polietileno reciclado montado en la estructura convencional de una “tarima” de madera.

Esta tarima híbrida costará inicialmente un 40 % más (\$87.00 contra \$58.00), pero se podrá usar otras 15 veces más, por lo cual su costo por cada uso in situ resultará ser de \$4.35 contra \$11.60 de la tarima convencional, como se observa en la tabla 3:

**Tabla3: de las Insumos y costos tarimas híbrida y convencional**



Algunos otros parámetros que comparan ventajosamente a nuestra propuesta híbrida son: menor número de clavos necesarios para fijar la superficie de contacto, por tratarse de una sola placa; el requerimiento mínimo de desmoldante (diesel por lo general) gracias a la calidad lisa de la superficie del polietileno; una mayor ligereza en el peso y finalmente, la nula necesidad de agua previa al vertido del concreto. En los colados convencionales, se moja abundantemente el entarimado de cimbra de madera, como medida de hidratación para que el contenido de humedad de la mezcla no sea absorbido por la superficie de contacto de la madera.

## DISCUSIÓN

El polietileno reciclado aquí expuesto no es la única alternativa para sustituir la superficie de contacto de la tarima; es sin embargo, una al alcance de la mano en la actualidad, debido al esfuerzo de algunos emprendedores por reciclar la abundante cantidad de materiales no biodegradables desechados por los consumidores. La decisión de no alterar las medidas convencionales de la tarima de madera resulta de entender que la costumbre jugará un papel determinante en la aceptación de este objeto híbrido.

Otras ventajas además de su bajo costo, es su peso ligeramente menor y su estabilidad dimensional. El reciclaje del polietileno, ambientalmente adecuado, se realiza aleatoriamente por territorios cercanos a los rellenos sanitarios. Esta selección corre a cargo de gente que no forma parte de la economía formal. Ellos abastecen a los técnicos que realizan la transformación del material pero sin ser capaces de entregar una factura fiscal por el valor de su venta. Este ingrediente complica y encarece la comercialización del polietileno reciclado porque, al costo de su producción (trozado, fundición y compresión), no puede restársele el costo de la materia prima.<sup>43</sup>

Esta situación sólo se puede contrarrestar con una producción masiva de superficies de contacto de cimbra y con una campaña promocional que lleve el nuevo producto híbrido a los sitios donde tradicionalmente se vende o renta cimbra de madera.

Este estudio pretende incidir en el ámbito académico y en el comercial. Académicamente es necesario que se incorpore el análisis de las cimbras en las disciplinas asociadas a los procesos constructivos en las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil. Como muchas cosas de la vida cotidiana, las tarimas se dan por hechas y no se analizan en todas sus implicaciones. Comercialmente, las cimbras híbridas pueden ser un nicho para quienes reciclan materiales poliméricos habida cuenta de que la Secretaría de Hacienda abra un apartado especial para los contribuyentes que no pueden deducir como insumo lo que pagan por la materia prima, esto debido a que el pepenador de polietileno es un personaje ajeno al sistema fiscal.

---

<sup>43</sup> Por cada superficie de contacto de polietileno reciclado, se estará evitando que lleguen a un relleno sanitario al menos 15 cubetas o baldes de 19 litros.

Paralelamente, la divulgación de la postura que se sostiene en este trabajo de investigación, apunta a otras dos áreas del conocimiento: la sustentabilidad y la estética. La sustitución del material de contacto de las populares tarimas puede abrir paso a una revaloración de la madera como material valioso y durable, digno de ser usado en una arquitectura acogedora y sustentable detonadora de la industria forestal, para cuyo desarrollo el Estado de México tiene vocación natural.

## CONCLUSIONES

La industria de la construcción deja una profunda huella en el sitio donde se levanta la obra y también en regiones aledañas como los bosques que dan origen a las tarimas de madera.

- Se fabrica una tarima con superficie de contacto de polietileno reciclado.
- Se comparan insumos y costos de este prototipo con los de la tarima convencional de madera.

Se concluye que el nuevo producto que aquí se presenta, la tarima híbrida, tiene un desempeño adecuado, de fácil desmolde, de larga duración y de costo competitivo, lo que, de popularizarse su uso, puede constituir una alternativa para la construcción cotidiana en el Estado de México, a la par de retirar del paisaje parte de la basura de polietileno que lo contamina así como disminuir el uso de diesel y de agua en el proceso de fabricación del concreto hidráulico in situ, reduciendo la huella ecológica de ese proceso.

## Agradecimiento

El autor desea agradecer al COMECYT (Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología) por el apoyo económico recibido a través de la Beca Continua de Posgrado.

## Referencias

BRE (Building Research Establishment) (2007) *Methodology for Environmental Profiles of Construction Products*. Draft :28. Ed. Bre, Gran Bretaña.

- Calkins, Meg. (2009) *Materials for Sustainable Sites*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey
- Cruz-Leyva Isidro Ahmed, José René Valdez-Lazalde, Gregorio Ángeles-Pérez y Héctor Manuel de los Santos-Posadas (2010) **Modelación Espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo**. Madera y Bosques 16 (3) Xalapa p 75
- Guía IMCYC para el diseño, construcción y materiales de cimbra para concreto**. (2005) Comité ACI-347-04 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.
- Hernández Moreno, Silverio. (2009a) *Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Pórtland*. Revista Ciencia Ergo Sum Vol.15 Núm. Tres
- Hernández-Moreno, Silverio (2009b) **Current technologies applied to urban sustainable development**, *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, N° 4(13), noviembre 2009. <http://um.ase.ro/>
- Hoekstra, Arjen (2010). **The Water Footprint: water in the supply chain**, *The Environmentalist*, 1 marzo 2010, ejemplar 93, p 12,13.
- INEGI (2010) *Censo de Población y Vivienda*.  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=15> (24/05/2011)
- Nakama, V.; Lupi, A.M.; Ferrere, P.; Alfieri, A. (2009) *Las Plantaciones Forestales como sumidero de carbono atmosférico: Estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires*. CIRN INTA, Castelar.
- PROBOSQUE (2011) Revista Forestal vol.14 No 2, marzo-abril 2011, paginas centrales.
- Puettmann, Maureen E.; Wilson, James B. (2005) *Life –Cycle Analysis of Wood Products: Cradle-to-Gate LCI of Residential Wood Building Materials*. Wood and Fiber Science, V. 37 CORRIM Special Issue.
- Stafford, Ruth (2009) **Biobased Materials**, del libro: *Materials for Sustainable Sites*, Meg Calkins, LEED AP New Jersey.

## **Construcción en madera, material no contaminante e impulsor de la industria forestal mexicana.<sup>44</sup>**

Mtra. en Arq. Susana Bianconi,<sup>45</sup>  
Facultad de Arquitectura y Diseño,  
UAEMex,  
[bianconi44@hotmail.com](mailto:bianconi44@hotmail.com)

### **PRESENTACIÓN**

Existe un exceso de cemento en la construcción mexicana. Dos son las razones: oferta oportuna y constante del material en sacos de 50 kg e impulso oficial a la industria cementera mexicana.

El cemento, sin embargo, es altamente contaminante tanto durante su manufactura en planta como en su mezclado y vaciado en obra. Tiene otro agravante: requiere de cimbrado (o enconfrado) que se realiza en nuestro medio con madera. Esta madera, en contacto con la mezcla húmeda del concreto (u hormigón) hecho con cemento, se arruina y se desecha; es decir el material contaminante acaba con el material noble que le da forma.

---

<sup>44</sup> Trabajo presentado en el 3er Congreso Internacional de Bioética, Toluca, mayo 2010.

<sup>45</sup> Docente de Arquitectura de Paisaje, Miembro de la Sociedad de Arquitectos Paisajistas de México y de la Asociación Mexicana de Arboricultura.



Izquierda: pobreza urbana en concreto armado; derecha: interior en madera del aeropuerto de Usuahia

## DISCUSIÓN

La industria del cemento mexicana se beneficia del apoyo del gobierno federal que protege sus inversiones en el extranjero (el caso más reciente se dio en Venezuela<sup>46</sup>) e impide descargar en los puertos cemento extranjero más barato que el nacional (Galván Ochoa, 2010). La empresa CEMEX se beneficia de la devolución del IVA y paga sólo 141 pesos al año por concepto de impuestos (Aguayo, 2009).



Al mismo tiempo el programa federal *Piso firme* promueve la colocación de pisos de cemento en el campo y lleva a Calderón como promotor del negocio de la familia Zambrano, dueña de CEMEX y de desarrollos inmobiliarios construidos enteramente en concreto armado.<sup>47</sup> Estos monolitos artificiales de miles de casas

<sup>46</sup> Estatización de la Industria cementera en Venezuela, 2009

<sup>47</sup> Conjunto Urbano *Foresta*, en Metepec.

habitación en medio de tierra baldía sin urbanizar, dan baja calidad de vida al interior y nulo confort térmico y acústico a sus moradores. Además, los grandes intereses económicos que mueve la industria cementera se asocian a los ilícitos modos operados por las mafias para obtener contratos y para lavar dinero. El libro Gomorra (Saviano, 2009) lo documenta en Italia. El reporte Stratford lo documenta en México (Stratford Report, 2010)



Por otro lado, la producción forestal mexicana ha venido a la baja y en cambio, la importación de madera viene en aumento. La madera es un material de construcción adecuado en zonas sísmicas (COFAN, 1994), es un material ambientalmente amigable, ya que provee de oxígeno y absorbe bióxido de carbono mientras se fabrica. **Los países que construyen en madera son al mismo tiempo los que hacen un mejor manejo de sus bosques y no padecen la tala clandestina.**



Teatro El Globo, de Shakespeare, recientemente reconstruido en madera y paja, sin clavos a partir de sus cimientos hallados en Londres.

La Unión Europea ha legislado en contra de la adquisición de madera de bajo costo y dudoso origen para no ser parte de la deforestación en países emergentes. (Parlamento Europeo, 2008)

México sufre tala clandestina, perpetrada por bandas armadas y equipadas con motosierras, camiones de carga y redes de distribución que blanquean el robo de madera, facturando ante la Secretaría de Hacienda. Las comunidades afectadas no reforestan, en lugar de eso, se unen a las bandas o se van a los Estados Unidos. A esto sigue la erosión del suelo.



Tala clandestina, foto La Jornada

## **ALTERNATIVA**

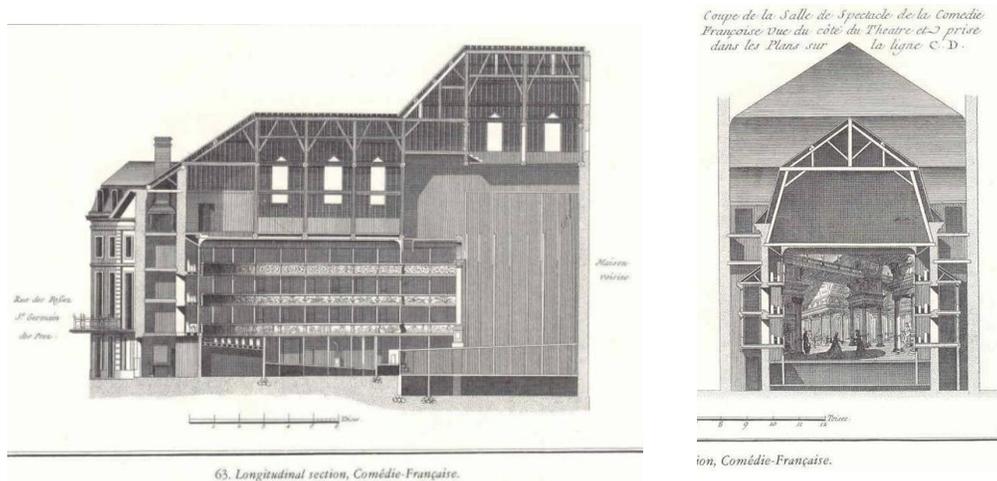
La academia tiene la obligación ética de incentivar la valoración de la arquitectura vernácula local, para contrarrestar el imperio contaminante del cemento Portland y para rescatar al campo del abandono contemporáneo. La enseñanza de estructuras en madera, (aparejada a la enseñanza de estructuras industrializadas) abrirá los ojos de las nuevas generaciones que aprenderán a usar este material renovable no contaminante y, al diseñar y construir en madera, apoyarán directamente una industria importante y ambientalmente sana: la silvicultura.

Para lograr este propósito se requiere entrenar a los docentes de arquitectura en las bondades de la arquitectura en madera y triturar los prejuicios que existen contra ella, como el miedo al fuego.

Las escuadrías usadas en la arquitectura tradicional mexicana, de viguería y de columnas con fuste de madera, no son presa del fuego porque el siniestro al atacarlas les provoca un daño superficial que se transforma en ceniza y que extingue el fuego. Ocurre lo mismo que cuando se controlan incendios forestales con fuego, quemando franjas de pastizales, de manera tal que al llegar el fuego a esa ceniza, se extingue.

Otro prejuicio es el de las polillas. El tratamiento de la madera con pentaclorofenol es requisito previo a su uso estructural, y garantía de que no será atacada por insectos.

Otro prejuicio es su capacidad de carga y sus limitadas longitudes. El uso de armaduras salva grandes claros y soporta grandes pesos, tanto de carga muerta como de carga viva. Los grandes salones del Museo del Louvre están realizados sobre armaduras de madera, tienen muchos siglos y soportan miles de turistas diariamente. Lo mismo se puede decir de los más famosos teatros de ópera.



Teatro de la Comedia Francesa, Enciclopedia de Diderot, 1751

## EL CAMPO MEXIQUENSE

Es de capital importancia rescatar del abandono al campo mexiquense y devolverle su cualidad boscosa, misma que perdió cuando debido al reparto agrario, grandes empresas de capital inglés talaron vastas extensiones, antes de abandonar el territorio al cambio de uso agrícola (Romero, 1997).

Las cosechas de madera no son anuales, se dan cada 8 y 20 años, la primera en forma de morillos, misma que sirve para clarear la densidad de la plantación boscosa; y la segunda en forma de troncos maderables por metro cúbico. No son cosechas anuales y por lo tanto le dejan tiempo libre al campesino para entrenarse en el manejo paralelo de una granja de donde alimentarse orgánicamente y le brindan la posibilidad de recibir pago por carbono, la nueva modalidad de incentivar la producción de bosques sustentables. Las plantaciones forestales, gracias a su juventud y vigor, son grandes sumideros de bióxido de carbono y formidables productores de oxígeno.

Los árboles jóvenes, a través del proceso de fotosíntesis, transforman el bióxido de carbono en madera. **La madera es carbón atrapado**, que se libera nuevamente si se quema o biodegrada. Si en cambio, la madera es usada en forma duradera, en estructuras arquitectónicas, en pisos, muebles y cancelería, el carbono sigue atrapado en ellos y podemos gozar de sus propiedades aislantes, estéticas, tradicionales y confortables.



Capilla de La Virgen, Arq. Susana Bianconi, 1994. Cubierta y piso de madera.

## **EL APROVECHAMIENTO**

Al llegar la época de tala legal (oficialmente conocida como aprovechamiento sustentable), el campesino obtiene un buen capital para mejorar su propia vivienda y para adquirir satisfactores contemporáneos. Cabe añadir que no es prudente alentar el monocultivo forestal, sino la variedad de especies, dado que México tiene gran diversidad biológica y topografía accidentada, lo que vuelve recomendable la plantación de parcelas de pocas hectáreas de extensión cada una con una variedad diferente. En nuestro territorio estatal podemos pensar en pino, ciprés, capulín, fresno, abeto, encino, aile. Cada madera tiene su peculiaridad, su dureza y su “vocación” natural. Las fechas de corte variarán también y esto hará que no queden grandes extensiones taladas a la vez, sino alternadas.

## **CONCLUSIÓN**

La promoción de la arquitectura en madera asociada al aprovechamiento racional de los bosques, es una alternativa de diseño sustentable. A la vez, la arquitectura en madera tiene mayor valor estético, mejor comportamiento aislante que el concreto armado y mayor rapidez de ejecución<sup>48</sup> .

---

<sup>48</sup> No se requiere esperar al fraguado de la mezcla, sino que, con menos madera de la que se requiere para cimbrar, se obtienen perdurables y agradables entrepisos y cubiertas estables.



Artesonado del s.XVI en la catedral de Tlaxcala

Todos los entrepisos y techos de la arquitectura colonial novohispana (excepto las cúpulas y bóvedas) fueron construidos en madera. Terrados de gran valor aislante y techumbres de vigería se construyeron en palacios, en trojes, en haciendas y en casas solariegas. En Pátzcuaro la madera se pintó de rojo. En el Estado de México se usaron también columnas de madera sobre bases de piedra; particularmente hermosas son las de forma octogonal de Valle de Bravo.



Izquierda: Columnas octogonales, derecha: columnas cilíndricas ambas en Valle de Bravo.

Sumemos otra ventaja: a diferencia de la construcción en concreto y cemento, la construcción en madera no gasta agua en obra, es una construcción seca. Por todo lo anterior, tenemos que la construcción en madera es, para México, una postura ética y ecológica que puede alentarse desde la academia, a partir de la enseñanza de la tecnología de las estructuras en madera y de las ventajas ambientales que la industria forestal trae aparejadas.

## REFERENCIAS

Aguayo, Sergio (2010) *141 pesos*, Reforma, 16 de diciembre 2009

COFAN, Comisión Forestal de América del Norte. (1994) *Manual de Construcción de Estructuras Ligeras de Madera*.

Galván Ochoa, Enrique (2010) en *Dinero*, La Jornada, 5 de abril 2010

Parlamento Europeo (2008) *Propuesta de Regulación, presentando las obligaciones de los operadores que introducen madera y productos madereros en el Mercado* (Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT

AND OF THE COUNCIL laying down the obligations of operators who place timber and timber products on the market SEC (2008) 2615 SEC (2008) 2616

Romero Contreras, Alejandro Tonatiuh (1997) ***La Población de Real del Oro y su impacto en el paisaje 1892-1936: un ensayo de Geografía Cultural***, Memorias del 2do Coloquio Geográfico sobre América Latina en el XI Simposio Mexicano Polaco. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.

Saviano, Roberto (2009) Gomorra, Random House Mondadori.

Stratford Report, *La búsqueda del balance*, 8 de abril 2010.

[http://www.stratfor.com/weekly/20100407\\_mexico\\_struggle\\_balance](http://www.stratfor.com/weekly/20100407_mexico_struggle_balance) consultado el 16/04/2010

## ORO VERDE

Susana Bianconi

El Estado de México tiene vocación forestal, es decir, su suelo y su clima son óptimos para el crecimiento de especies vegetales maderables. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) define a la silvicultura como “la ciencia destinada a la formación y cultivo de los bosques [...] es hermana de la agricultura, diferenciándose de ésta en el tiempo de espera para la cosecha”. La mayor parte de los bosques mexicanos está en poder de ejidos y comunidades y según el VIII censo agrícola, ganadero y forestal del INEGI 2007, hay en el país 7.5 millones de hectáreas que no han sido sembradas.

En nuestro Estado cada día crece a ojos vista esta pandemia del campo: el abandono de las parcelas. Las flores silvestres cubren la tierra baldía. La pérdida de cosecha es lamentable pero es reversible, porque el bosque no requiere del campesino, el bosque una vez plantado se cuida solo y crece solo y llegado el momento puede dar gran ganancia a la comunidad o a las mujeres que se han quedado rezagadas del éxodo de los hombres al otro lado. Cuando se tala la madera, ellas podrán cobrar el aprovechamiento y volver a reforestar.

Es decir, el trabajo de cosecha y de siembra no se hace anualmente sino cada 15 o 17 años. Mientras los árboles crecen, sin embargo, se pueden obtener producciones paralelas en la misma tierra forestada. En un principio durante los tres primeros años se pueden plantar hortalizas, luego cuando los arbolitos ya tienen cierta altura se planta trébol y se ponen a engordar unos ricos guajolotes; después cuando ya los árboles no sean alcanzados por los borregos, se los puede poner a pastar entre los árboles. Para el séptimo u octavo año, se puede clarear, es decir, talar alternadamente unos cuantos ejemplares para obtener morillos con los que hacer buenas techumbres y finalmente, al cabo de 16 años se obtendrán troncos maderables y comercializables por metro cúbico.

Luego, la historia vuelve a empezar, quizás con la ayuda de los hijos, una nueva generación educada en la sostenibilidad y que habite una casa confortable construida con madera y adobe que de la bienvenida al padre que regresa a casa. Sin miedo a que “la

forestal” persiga al dueño de la madera, porque el aprovechamiento silvícola que se registra ante la autoridad, en nuestro caso ante PROBOSQUE, garantiza la tala legal del predio forestal. Así lo hacen Japón, la Gran Bretaña, España, Suecia, así como Estados Unidos y Canadá.

Podrá decidirse entonces si el predio se destinará a sembrar y cosechar maíz en un año, o árboles de navidad en tres años, o bien pinos para cosecharse en ocho y quince años o bien encinos para maderarse a los 22 años.

Con la anuencia de la autoridad, la cosecha de árboles es cosa segura, es tan lícita como la cosecha de maíz. Es tala productiva (no clandestina) de un bien renovable. Es una fábrica de oxígeno y un proveedor de material de construcción no contaminante.

La arquitectura tradicional mexiquense es sustentable, se basa en el adobe y en la madera proveniente del aprovechamiento de los bosques. La madera es un material de construcción versátil, ligero, que no requiere de agua en la obra. Es el único material de construcción que produce oxígeno mientras se fabrica y que consume al mismo tiempo CO<sub>2</sub>, es en suma el más ecológico de los materiales de construcción. Es además aislante térmico y acústico, es cálido y envejece con elegancia y tratado cada seis años con aceite de linaza, es eterno.

Nuestra madera de pino es excelente para la construcción de techos acogedores y elegantes. Las vigas sirven para hacer armaduras que cubren grandes claros y dan ritmo a los salones que techan. Son además parte de la herencia cultural mexiquense, dado que en su arquitectura vernácula figuran no sólo grandes trojes y galerías envigadas sino elegantes columnas de madera sobre bases de piedra.

Y por si fuera poco, ahorra tiempos de ejecución de la obra, porque elimina los costosos y lentos colados del frío concreto armado. Así que el campo baldío, puede convertirse en una mina de oro verde, pidiendo la asesoría y las plantas a la autoridad y cosechando en unos años lo que al mismo tiempo belleza y aire puro al Estado. Y una recomendación contra el prejuicio: plantar y cosechar árboles maderables en los parques nacionales será la mejor manera de mantenerlos sanos y de desalentar a los taladores clandestinos, porque la producción legal de madera será protegida y no combatida por la autoridad y porque un bosque joven produce más oxígeno que uno envejecido.

Esta tierra generosa está a la espera de ser bien aprovechada. Pisamos oro verde.

## Referencias

Adam, David (2009) **Beef blamed for Amazon destruction, Climate Change**. The Guardian Weekly 05/06/09, p10

Aguayo Quesada, Sergio (2007) **El Almanaque Mexicano 2008**. Ed. Aguilar.

Arguello Méndez, Teresa del Rosario; Cuchi í Burgos, Albert. **Metodología para el Análisis del ciclo de vida de los materiales de Construcción**. 2008. Coloquio Internacional de Diseño 2008. "El Diseño ante el Deterioro Ambiental". UAEMex, Toluca.

Athena® Environmental Impact Estimator (EIE)  
<http://www.athenasmi.org/tools/impactEstimator/>

BEES (Building for Environmental and Economical Sustainability) 2007, **Manual Técnico y Guía del usuario**. NISTIR (National Institute of Standards and Technology Interagency Report) 7423

<http://www.bfrl.nist.gov/oe/publications/nistirs/7423.pdf>

BRE (Building Research Establishment) (2007) Methodology for Environmental Profiles of Construction Products, Draft, August 2007, ed. bre, Gran Bretaña.

Blockley, David (1992) **Engineering Safety**. McGraw-Hill International. Series in Civil Engineering.

Bianconi Bailez, María Susana (1998) **Autoconstrucción Seca**. Tesis de Maestría. Facultad de Arquitectura y Diseño, UAEMex.

Bianconi Susana (2006) **Las Tarimas de la Clandestinidad**, El Sol de Toluca, jueves 6 de julio 2006 pag.1, Toluca, México.

<http://susanabianconi.blogspot.com/2010/08/tarimas.html>

Bianconi Susana (2006b) **El asesino anda suelto**, Cambio del Estado de México 15 de agosto, 2006.

<http://www.susanabianconi.blogspot.mx/2010/08/tala-clandestina.html>

Bianconi, Susana (2010) **Construcción en madera, material no contaminante e impulsor de la industria forestal mexicana**. 3er Congreso Internacional de Bioética, Toluca.

Caballero Deloya, Miguel (2010) **Riqueza Biológica vs Riqueza Comercial. La paradoja forestal de México**. Forestal XXI, Vol 13, # 1, enero-febrero 2010, p31-32.

Calkins, Meg. (2009) **Materials for Sustainable Sites**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey

Carabias, Julia. **Por los Suelos**. Diario REFORMA. Sábado 16 de mayo del 2009.

Castells, Xavier Elías (2005) **Tratamiento y Valorización Energética de Residuos** de Fundación Universitaria Iberoamericana, p 41. España  
<http://books.google.com/books?id=KBTPxli6IRsC&printsec=frontcover&hl=es#>

Cepeda Gutiérrez, Mikel; Mardaras Larrañaga, Iker (2009) **Cuantificación Energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización**  
<http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/12.pdf>

Comisión Forestal de América del Norte (1994, 79) **Manual de Construcción de Estructuras Ligeras de Madera**. COMACO Consejo Nacional de la Madera en la Construcción A.C.

CONAFOR (2010)  
[http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/cadenas\\_productivas/Estudio\\_Competitividad/INDUSTRIA%20FORESTAL/PANORAMA%20NACIONAL.pdf](http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/cadenas_productivas/Estudio_Competitividad/INDUSTRIA%20FORESTAL/PANORAMA%20NACIONAL.pdf)

CORRIM (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials) (2005). **Life-cycle Environmental Performance of Renewable Building Materials in the Context of Residential Construction**. Seattle: University of Washington.

Cotula, Lorenzo, Dyer, Nat & Vermeulen Sonja (2009) **Fuelling Exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land**. International Institute for Environment and Development, iied and Food and Agriculture Organisation of the United Nations FAO  
<http://www.iied.org/pubs/pdfs/12551IIED.pdf>

Domon , G., G. Beaudet and M. Joly (2000). **Évolution du territoire**

**laurentidien : caractérisation et gestion des paysages, Saint-Hyacinthe and Paris**, Isabelle Quentin, editor.

Edwards, Brian (2008) **Guía Básica de la Sostenibilidad**. Gustavo Gili, Barcelona.

Eco Indicator®

[http://www.pre.nl/eco-indicator99/eco-indicator\\_99\\_introduction.htm](http://www.pre.nl/eco-indicator99/eco-indicator_99_introduction.htm)

García de Miranda, Enriqueta; Falcón de Gyves, Zaida (2007); **Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana**, tercera edición. Editorial Porrúa, S.A.

Goldenberg, Suzanne. **Season of dread returns to Haiti**. Guardian Weekly, 28/08/09: 28 weekly review.

**Guía del manejo del Paisaje en Quebec** (2009)

<http://www.mcccf.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/guide-gestion-paysage-ANG.pdf>

**Guía IMCYC (2005) para el diseño, construcción y materiales de cimbra para concreto**. Comité ACI-347-04

Hernández Moreno, Silverio (2007) **Emisiones Contaminantes de Materiales de Construcción en el interior de los edificios**. Ciencia Ergo Sum. Vol 14, número tres, noviembre 2007-febrero 2008 pp. 333-337.

Hernández Moreno, Silverio (2010) **Diseño y Manejo Sustentable en Edificación**. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México.

Hilderman, Hugo y Anders, Karl (2007). **La Industria Forestal del SXXI: Corporación Sueca de Celulosa, un caso de éxito**. Revista Forestal XXI Vol.10 No 3. Mayo-Junio 2007, pp 38, 42. México

Hoekstra, Arjen (2010) The Environmentalist, **“The Water Footprint: water in the supply chain”**, 1 marzo 2010, ejemplar 93, p 12,13.

INEGI (2010) (Instituto de Estadística Geografía e Informática) **Censo de Población y Vivienda 2010**

<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=15> (24/05/2011)

**Inventario Forestal del Estado de México** (2010) SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario) PROBOSQUE (Protectora de Bosques del Estado de México)

Jan Bazant S. **Autoconstrucción de Vivienda Popular** (1988) Ed. Trillas. Capítulo 7.

Juárez Núñez, José Manuel (2000) **Territorio e Identidad Social en el Valle de Chalco** en *El Valle de Chalco*, El Colegio Mexiquense y el H. Ayuntamiento de Chalco '97/2000.

Lacy Tamayo, Rodolfo (2007) **Estrategias Institucionales para fomentar la Edificación Sustentable**. Revista Rizoma 04 Revista de Cultura Urbana Abril-junio 2007. DUNL. Gobierno de Nuevo León.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 2003

Miranda Torres, Rodrigo. **Balacera taladores-ASE**, Sol de Toluca, martes 7 de abril de 2009. p.1

Martín Marín, Celia (2006) **Biblioteca Central, libros, muros y murales. 50 Aniversario**. UNAM. Dirección de Bibliotecas.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. República Argentina  
<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/build/acv.pdf> (25/05/2010)

Milota, Michael R.; West, Cynthia D. y Hartley, Ian D. **Gate-to-gate Life-Cycle Inventory of Softwood Lumber Production**. (2005) CORRIM (Consortium for Research on Renewable Industrial Materials) reports.

Monreal Rangel, Saúl Benjamín (2010) **Plantaciones forestales comerciales en Argentina**. Forestal XXI, Vol.13 #1, enero-febrero 2010, p27-29.México

Norma ISO 14040

**Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de maderas del Distrito Federal** (2004). Gaceta Oficial del Distrito Federal del 6 de octubre de 2004.

Ortega Escalona, Fernando (2011) **Diversidad Arbórea Maderable, quimera inalcanzable**. Revista Ciencias # 101. UNAM, enero-marzo 2011, pag.4-10.

Parlamento Europeo (2008) **Propuesta de Regulación, presentando las obligaciones de los operadores que introducen madera y productos madereros en el Mercado**, (Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL laying down the obligations of operators who place timber and timber products on the market SEC(2008) 2615 SEC(2008) 2616

Pichardo Pagaza, Ignacio (2009) **Sostenibilidad y Desarrollo. Ensayos sobre política Ambiental en el Estado de México**. Colección Mayor. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario

Ramírez de Alba, Horacio (1991) **La Construcción en el Estado de México. Un Estudio Técnico con Referencia Histórica**. El Colegio Mexiquense A.C.

Resch, Helmuth. (2008) **Considering Changes in Wood Utilization- a European Perspective**. *Maderas, Ciencia y Tecnología*. Año/Vol. 10, número 001. Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.pp 61-68.

Rodríguez R. Carlos. **Manual de Autoconstrucción**, 1981.Editorial Concepto S.A.

Romero Ahedo, Juan Israel (2002) **Hacienda, agroindustria y Reforma Agraria en San Felipe del Progreso, Estado de México, 1892-1935**, en *La Memoria Agraria Mexicana en Imágenes: Cuatro Ensayos*, CIESAS, Colección Agraria.

Romero Contreras, Alejandro Tonatiuh (1997) **La Población de Real del Oro y su impacto en el paisaje 1892-1936: un ensayo de Geografía Cultural**, Memorias del 2do Coloquio Geográfico sobre América Latina en el XI Simposio Mexicano Polaco. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.

Sangri Namur y Miguel Gallegos Mora. (2008) **Plantación Forestal en Toluca Distrito Federal**. Revista FORESTAL VOL 11 No 1 Enero-Febrero 2008, pag.36/7.

Santiago Martínez, Magdalena, (2008) **Transportan madera ilegal en Toluca**, Sol de Toluca, 12 octubre 2008, pp 1 y 4.

Saruckán, José. (2004) ***Vida, Agua y Naturaleza***. Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México.

Saviano, Roberto.(2009) ***Gomorra, un viaje al imperio económico y al sueño de poder de la Camorra***. Random House Mondadori. Colección: DEBOLSILLO

Secretaría de Ecología. Gobierno del Estado de México.(2001) ***Proyecto de Conservación Ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. Cinco Parques estatales del Estado de México.***

Suárez Salazar, Carlos (2008) ***Costo y Tiempo en Edificación*** LIMUSA, pp 142-173.

Valencia Manzo, Salvador y López Antonio, Francisco (1999) ***Variación de la densidad de la madera dentro y entre árboles de Pinus rudis Endl., en Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coah.*** Foresta-AN. Nota Técnica No. 1. UAAAN. Saltillo, Coah. 17 p.

Werner Johnson, Timothy (2006), ***Comparison of Environmental Impacts of Steel and Concrete as Building Materials Using the Life Cycle Assessment Method.*** MIT, Department of Environmental Engineering.

Zinar Zepeda Nataren, Guillén Trujillo, Hugo Alejandro. (2008). ***La Huella Ecológica como indicador de Sustentabilidad en la Arquitectura*** Coloquio Internacional de Diseño 2008. "El Diseño ante el Deterioro Ambiental". UAEMex, Toluca.

## Glosario

**ACV:** Análisis de ciclo de Vida

**Cimbra:** Sistema total de soporte para el concreto fresco, incluyendo los moldes o forros que se colocan en contacto con el concreto, así como todos los elementos de soporte, accesorios y contraventeos necesarios. (Guía IMCYC, 2005)

**Barrote:** Escuadría comercial de madera aserrada de 2" por 4" por 8', ampliamente usada en obras para hacer escaleras, andamios, contraventeos y tendidos.

**Colar:** Depositar el concreto fresco sobre el molde que le da forma. Coloquialmente los albañiles se refieren a este proceso como  *echar la losa*.

**Concreto:** Hormigón.

**Encachetar:** Colocar tablas de madera horizontales para soportar la presión lateral del concreto.

**Mulch:** Capa de protectora que se coloca en torno a los árboles para evitar la evaporación de la humedad del suelo. Imita a la hojarasca natural en sus propiedades contra la erosión y el crecimiento de hierbas.

**OSB:** Placa de industrializada de astillas de madera, por sus iniciales en inglés: Oriented Strand Board

**Pepenar:** Separar la basura en grupos de materiales reutilizables o comercializables

**Pedacería:** Remanentes de madera de cimbra trozados en obra

**Polín:** Escuadría comercial de madera aserrada de 4" por 4" y de 8' de largo.

**Puntal:** Pie derecho, soporte vertical usado en las cimbras.

**Tarima:** Pieza comercial de madera de 50 cm por 100 cm, usada como soporte horizontal del concreto fresco. Se usa también para encachetar trabes de gran peralte y para fabricar tendidos en obra. También se denomina tarimas a las bases de madera sobre las que se apilan productos comerciales industrializados, éstas deben contar con el sello fitosanitario NOM-144-SEMARNAT-2004.

**Tendido:** Rampa de madera por donde suben los albañiles con los botes de concreto fresco para  *echar*  la losa.

**Viga madrina:** Escuadría comercial de madera aserrada de 4" por 8" o bien de 4" por 12" y 20' de largo.