

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**  
**Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano**

**Sustentabilidad del hábitat**

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**  
**Tecnología apropiada para la generación de sistemas constructivos**



**F104: Tecnología apropiada para la generación de sistemas constructivos**  
**Edificación de viviendas con sistemas constructivos de madera masiva**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería Mecánica. Diana Rizo Karren

Lic. en Ingeniería Civil. Arturo Navarro Islas

Lic. en Ingeniería Civil. Enrique Rodríguez Villa

Lic. en Arquitectura. Zaid Vázquez Alvarado

Lic. en Arquitectura. Gerardo Díaz López

Profesor PAP: Nayar Cuitlahuac Gutiérrez Astudillo y Melissa Selene Carrillo  
Rubio

Tlaquepaque, Jalisco, diciembre de 2017

# ÍNDICE

## Contenido

REPORTE PAP .....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional .....	2
Resumen .....	2
1. Introducción .....	2
1.1. Objetivos .....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3 Antecedentes .....	3
1.4. Contexto .....	8
2. Desarrollo .....	9
2.1. Sustento teórico y metodológico .....	9
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto.....	10
3. Resultados del trabajo profesional .....	11
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto .....	11
5. Conclusiones .....	13
6. Bibliografía .....	13
Anexos (en caso de ser necesarios) .....	13

# REPORTE PAP

## Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

*Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.*

*A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.*

## Resumen

[Es el sumario del contenido del reporte. Debe expresar en forma clara y breve los objetivos y alcances del trabajo, la metodología, los resultados más importantes y las conclusiones. Debe redactarse en forma impersonal y no exceder las 250 palabras. Procura usar frases cortas, no incluir información innecesaria, estadísticas y ejemplos o apreciaciones personales]

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

Investigar las características físicas de la madera como elemento estructural y su factibilidad como sistema constructivo sustentable en nuestra región y en la redensificación poblacional del centro histórico de Guadalajara por medio de pruebas mecánicas y propuestas arquitectónicas.

## 1.2. Justificación

[Es la argumentación de por qué es social y/o disciplinariamente importante el desarrollo de este proyecto y cuáles son los beneficios esperados]

## 1.3 Antecedentes

La madera laminada, también conocida por su nombre en inglés como *glued laminated timber* o *glulam* está fabricada por capas de láminas, normalmente de abeto o pino, colocados de manera paralela. Este método tiene como ventaja su gran estabilidad dimensional y la versatilidad de manufacturarla en diferentes formas, tamaños y configuraciones (Structural Timber Association, s.f.).

La madera contralaminada, llamada en inglés como *cross-laminated timber* o *CLT* se produce al tener capas colocadas perpendicularmente. Es decir, la segunda capa se coloca a 90° de la primera y el procedimiento se repite con las capas siguientes. Tiene como ventaja su alta resistencia a esfuerzos cortantes y flexión (Structural Timber Association, s.f.).

### Antecedentes arquitectónicos

Al no ser común la construcción de madera masiva en México, se tomó un ejemplo de una construcción extranjera de madera y se analizaron dos proyectos de vivienda mexicana.

#### El primero

Uno de los proyectos mexicanos es el Parque Irazú, un proyecto habitacional plurifamiliar ubicado en Calzada Independencia, Esquina Volcán Usulután, a un costado de la estación Zoológico del Macrobus, en el municipio de Guadalajara, Jalisco.



Figura 1: Parque Irazú

Los departamentos tienen una superficie de construcción de 48m<sup>2</sup> a 50m<sup>2</sup>, una superficie de lote de 54m<sup>2</sup> a 57m<sup>2</sup> y con un costo de \$704,000.00 (Parque Irazú, s.f.).

El programa arquitectónico por departamento se conforma por 2 recámaras, 1 baño, sala, comedor, cocina y cuarto de servicios.



Figura 2: Programa arquitectónico Parque Irazú

Al analizar el diseño de la planta, se observó que para llegar al cuarto de servicios es necesario cruzar toda la vivienda incluyendo una de las recámaras. Además, la distancia entre los espacios de instalaciones es muy amplio, lo cual aumenta los costos de las mismas. Por otro lado, el espacio destinado a la circulación se detecta fácilmente y generaría un buen acomodo de muebles.

Otro ejemplo es el Esencial Liva ubicado en la zona real de Zapopan, Jalisco. Este complejo cuenta con departamentos de 1 a 3 recámaras que van de los 59m<sup>2</sup> a los 101m<sup>2</sup> y costos desde \$2,163,000.00.



Figura 3: Esencial Liva

En la siguiente figura se muestra un departamento de 59m<sup>2</sup> con dos recámaras, 2 baños, sala, comedor, cocina y cuarto de servicios (Esencial Liva, s.f.).

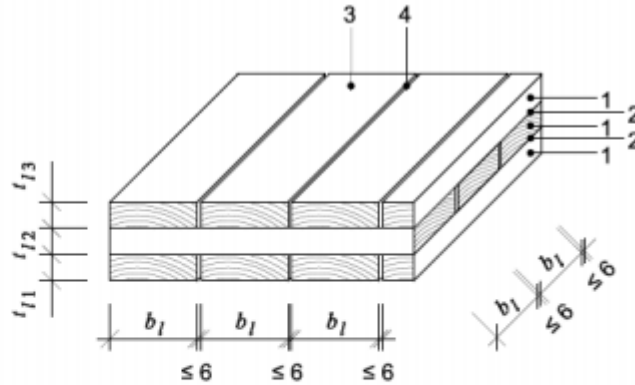


*Figura 4: Departamento de Esencial Liva*

Al realizar el análisis, se percibió que se encuentran espacios residuales en recámaras y espacio de servicio castigados. También, el espacio del comedor es reducido y la ubicación de los baños no es la más óptima. Por otro lado, el desarrollo del complejo presenta un espacio público con área fitness y familiar.

#### Antecedentes estructurales

Con base al anexo F de la norma EN 16351, la Universidad Nacional Noroeste en Buenos Aires, Argentina realizó estudios con madera contralaminada fabricado a partir de tablas de Pinus Taeda/Elliottii provenientes de Uruguay. Estos paneles constaban de 3 capas, partiendo de tablas de 34x127x300 mm como se muestra en la siguiente figura.

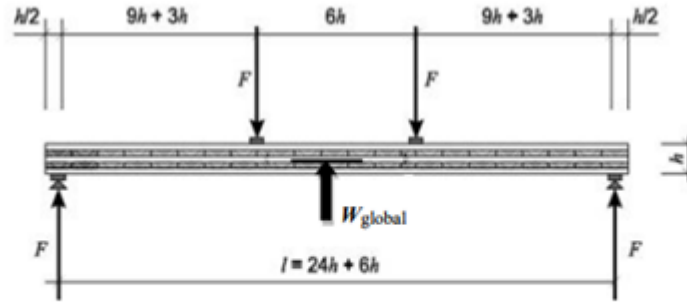


Siendo:

- 1 capa de madera
- 2 línea de encolado entre las capas
- 3 lamina
- 4 holgura entre las láminas
- $b_l$  anchura de la lámina acabada, 127 mm
- $t_l$  grosor de la lámina acabada, 34 mm

Figura 5: configuración de paneles CLT

La norma establece que las propiedades mecánicas se pueden obtener por las propiedades de las capas y ensayos de madera contralaminada. Para el primero, se ensayaron 40 tablas a flexión de cuatro puntos, de acuerdo a la norma EN 408, y se obtuvieron su valor característico de resistencia y rigidez, modificando los valores a un contenido de humedad de 12% con base a la norma EN 384 (Universidad Nacional Noroeste de Buenos Aires, 2017). Para el segundo, se utilizaron 5 paneles con 3 capas de 381 mm de ancho, 102 mm de espesor y una luz utilizada de 2.86m con humedad al 15%. El esquema de ensayo a flexión utilizado se muestra a continuación.



Siendo:  
 $h$  altura de la probeta  
 $l$  luz de la probeta  
 $W_{global}$  flecha medida en la línea media

Figura 6: Esquema de ensayo a flexión

Los resultados obtenidos de la resistencia a flexión y rigidez de acuerdo con las propiedades de las capas se presentan en la siguiente figura donde:

$f_m$  = valor medio

$f_{05}$  = quinto percentil de la resistencia a flexión

$E_{m,g_{12}}$  = módulo de elasticidad

$\rho_{12}$  = densidad media de las tablas de madera aserrada al 12% de humedad

$\rho_{k_{12}}$  = densidad característica

n	$f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{05}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{m,g_{12}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\rho_{12}$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_{k_{12}}$ (Kg/m <sup>3</sup> )
40	25,1	9,08	7.155	439	364

Figura 7: resultados de resistencia a flexión y rigidez de madera aserrada

Estas propiedades mecánicas de la madera aserrada están por debajo de los requerimientos propuestos por la norma EN 338.

En la siguiente figura se muestran los valores de densidad media y característica obtenidos de los cinco paneles de CLT con base a las densidades de las capas mostradas en la figura anterior.

Densidad media y característica (Kg/m <sup>3</sup> )						
panel	capa	tablas	$\rho_{\text{capa, media}}$	$\rho_{\text{capa, k}}$	$\rho_{\text{panel, media}}$	$\rho_{\text{panel, k}}$
1	1ª	3	436	409	436	413
	2ª	24	437	375		
	3ª	3	450	428		
2	1ª	3	475	438	445	426
	2ª	24	445	387		
	3ª	3	471	406		
3	1ª	3	448	440	440	426
	2ª	24	440	387		
	3ª	3	470	452		
4	1ª	3	454	434	406	421
	2ª	24	448	383		
	3ª	3	406	397		
5	1ª	3	431	428	431	440
	2ª	24	469	400		
	3ª	3	440	430		

Figura 8: densidad media y característica CLT

Las densidades características de la madera CLT supera a la de la madera aserrada. Utilizando el segundo método, se obtuvieron los siguientes resultados de los ensayos en los paneles CLT.

Panel	$F_{\text{max}}$ (kN)	$f_{\text{m,CLT}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{0,g}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$E_{0,l}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	28.0	25	6714	7328
2	30.0	27	6105	6663
3	21.8	20	4482	4892
4	19.3	17	6726	7341
5	23.0	21	9397	10256
<b>Promedio</b>	24.4	22	6685	7296

Figura 9: resultados ensayos en paneles CLT

Con estos ensayos, se concluyó que aunque la madera aserrada tiene bajas propiedades mecánicas, al estar conformada en paneles CLT con un mayor volumen, se puede utilizar de manera estructural.

#### 1.4. Contexto

[Es la descripción de las circunstancias y del entorno en el que se desarrolla el proyecto (datos sociodemográficos, económicos, ambientales, políticos u otros elementos) que ayuden a comprender la situación o el problema que el proyecto resuelve]

## 2. Desarrollo

### 2.1. Sustento teórico y metodológico

[Se describe el conjunto de nociones o conceptos disciplinares que ayudan a visibilizar, comprender y resolver la problemática que el proyecto aborda. Por su parte, en los “referentes metodológicos” se describe brevemente la(s) lógica(s) disciplinar(es) de los pasos prácticos (descritos en el punto 2.2.) que se siguen para resolver la problemática que el proyecto aborda. Las fuentes bibliográficas deben referirse con el estilo APA].

### Análisis estructurales

Se seleccionaron tres tipos de madera mexicanas para elaborar los elementos estructurales basándose en la fácil adquisición en aserraderos certificados en México para así construir un sistema constructivo de fácil obtención y evitar costos de importación. Éstas se clasificaron según su densidad (baja, media y alta). A continuación, se presenta la descripción de la ficha de información y las respectivas fichas de las maderas seleccionadas.

<b>FICHA DE INFORMACIÓN</b>		<b>CH &gt; PSF</b>	
<b>Nombre Botánico</b>		<b>Densidad</b>	
<b>Nombre Común</b>		<small>Peso seco</small> <small>Volumen verde</small> <b>(kg / m<sup>3</sup>)</b>	
Flexión Estática Módulo de Elasticidad (kg / cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela Módulo de Elasticidad (kg / cm <sup>2</sup> )	Dureza Janka Lateral (kg)	Dureza Janka Transversal (kg)
Flexión Estática Resistencia al Límite Elástico (kg / cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela Resistencia al Límite Elástico (kg / cm <sup>2</sup> )	Compresión Perpendicular Resistencia al Límite Elástico (kg / cm <sup>2</sup> )	
Flexión Estática Resistencia a la Ruptura (kg / cm <sup>2</sup> )	Compresión Paralela Resistencia a la Ruptura (kg / cm <sup>2</sup> )	Cortante Paralela Resistencia a la Ruptura (kg / cm <sup>2</sup> )	

Figura 10: ejemplo ficha de información (Sotomayor, 2008)

<i>Pinus leiophylla</i>				435
Pino chino				
70000	79900	190	275	
315	160	220		
510	220	160		

<i>Pinus leiophylla</i>				435
Pino chino				
70000	79900	190	275	
315	160	220		
510	220	160		

<i>Pinus pseudostrobus</i>				540
Pino blanco				
134000	103600	335	395	
325	225	305		
585	310	65		

Figura 11: clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas (Sotomayor, 2008)

Para conocer el comportamiento y las propiedades mecánicas de los elementos estructurales tipo viga y muro, se realizarán diferentes pruebas con el método gama y el método simplificado del Canadian CLT Handbook.

Se realizarán ensayos a compresión para las columnas y muros. Para los trabes y lozas se harán ensayos a flexión. Los ensayos para esfuerzo cortante serán aplicados en los cuatro elementos estructurales.

## 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

[Es la descripción concisa de la propuesta de solución del proyecto y de su pertinencia. También, bajo la lógica de la propuesta de solución del proyecto y de los referentes metodológicos, es la descripción de los procesos y/o etapas de intervención que se han llevado a cabo.]

- Plan de trabajo

[Es el ordenamiento en el tiempo de las acciones que se han realizado para el logro de los objetivos y/o productos diseñados.]

- Las actividades que se consideran: profesionales, técnicas, operativas, otra (especificar).
- Recursos necesarios: humanos, materiales, económicos, tecnológicos, tiempos.
- Fechas previstas: de reuniones de los equipos y/o asesorías con el profesor, o bien con otras personas, durante el desarrollo del Proyecto].

- Desarrollo de propuesta de mejora

[Es el desglose descriptivo de las actividades realizadas conforme al plan de trabajo establecido. Se describe cada una conforme a lo planeado y se muestran evidencias de lo realizado. Es recomendable incluir gráficos, diagramas, fotografías y los recursos necesarios para dar cuenta del trabajo realizado].

### 3. Resultados del trabajo profesional

[Es la descripción de los productos obtenidos, los resultados alcanzados y/o de los impactos generados durante la experiencia profesional]

### 4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

[Reflexión personal sobre las competencias profesionales (y multi o interdisciplinarias, si fue el caso) que se desarrollaron durante el proyecto.

*Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:*

- ¿Cuáles fueron las competencias desarrolladas, tanto las genéricas como las propias de la profesión?
- ¿Cuáles fueron las competencias desarrolladas desde distintas disciplinas?
- ¿Cuáles fueron mis aprendizajes más importantes sobre el contexto sociopolítico y económico y la problemática del campo profesional?
- ¿Cuáles fueron mis saberes puestos a prueba?
- ¿Qué aprendí para mi proyecto de vida profesional?]

- Aprendizajes sociales

[Reflexión y análisis grupal del impacto social de la aplicación profesional colaborativa. Se informa cuál es la contribución del proyecto para la sociedad.

*Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:*

- ¿En qué forma pude desplegar una iniciativa de transformación de la realidad, con creatividad, innovación, espíritu emprendedor y orientado a la calidad de la vida social?
- ¿Qué tan capaz soy ahora para preparar un proyecto; para dirigirlo, con base en objetivos, a la mejora social; para hacer su seguimiento y evaluar su puesta en práctica; para tomar decisiones?
- ¿Qué prácticas sociales y en qué ámbitos de la sociedad pude innovar?
- ¿Qué impactos pude evidenciar, y cuáles no, de la aplicación profesional realizada? (Aporta las evidencias o los indicadores de cumplimiento).
- ¿Cuáles de esos impactos eran probables y/o esperados desde el planteamiento inicial del proyecto y por qué?
- ¿A qué grupos sociales benefició el proyecto?
- ¿Mis servicios profesionales qué bienes produjeron de carácter público?
- ¿Mis servicios profesionales ayudaron a grupos que no disponen de recursos para generar bienes sociales?
- ¿Mis servicios profesionales contribuyeron para mejorar la economía del país?
- ¿Los saberes aplicados que hicieron posible la aportación social, son transferibles a otras situaciones y por qué?
- ¿Cómo se puede dar seguimiento a la aportación social de este proyecto para que se conserve y amplíe a lo largo del tiempo su beneficio social?
- ¿Qué visión del mundo social tengo ahora? ¿Cambiaron mis supuestos sobre la realidad?].

- Aprendizajes éticos

[Reflexión ética de la experiencia profesional; tanto valoración personal como colectiva

*Para la elaboración de este apartado, se pueden emplear las siguientes preguntas a manera de guía:*

- ¿Cuáles fueron las principales decisiones que tomé, por qué razón las tomé, y qué consecuencias tuvieron?
- ¿Adónde me lleva, a qué me lanza o invita la experiencia vivida?
- ¿Cómo y para quien habré de ejercer mi profesión después de la experiencia del PAP?]
- Aprendizajes en lo personal
  - [Reflexión de lo que la experiencia ha aportado en y para tu vida.
  - ¿El PAP qué me dio para conocerme a mí?
  - ¿El PAP qué me dio para conocer y reconocer a la sociedad y a los otros?
  - ¿Cómo me ayudó el PAP para aprender a convivir en la pluralidad y para la diversidad?
  - ¿Qué aprendí para mi proyecto de vida?]

## 5. Conclusiones

[Es la síntesis que evalúa y contrasta los objetivos del proyecto y los logros finales. Reflexiona y propone mejoras en torno de los aspectos que no pudieron resolverse y que quedan pendientes para ser considerados por la organización y/o por la siguiente etapa del PAP.]

## 6. Bibliografía

[Son los documentos bibliográficos utilizados para la elaboración del reporte. Debe de utilizarse el sistema APA]

## Anexos (en caso de ser necesarios)

[Es todo lo que soporte el documento; que no es necesario añadirlo en el cuerpo del reporte, pero que sirve para su mejor comprensión: materiales elaborados, bitácoras, fichas, fotografías, mapas, etc.]

