

## **La enseñanza universitaria en la carrera de arquitectura de la tecnología de construcción con tierra cruda - una experiencia chilena**

**Hugo E. Pereira Gigogne .**

### **Abstract :**

The present paper contains de experience of teaching earth building architecture and construction for students of schools of architecture at the city of Santiago of Chile since 1993 .

The character of the course , objectives , pedagogical methods and contains are the result of the cooperation of traditional architecture , practical and field teaching building construction prototypes and parts of buildings by the students themselves .

Very important to the positive result of these courses has been the information that came from CYTED program , specifically net HABITERRA since 1990 until year 2000 and now PROTERRA project from the same program .

### **1.- La enseñanza de la arquitectura :**

Se comienza enseñando generalmente el uso del ladrillo cocido y la madera....pasando luego al hormigón armado y concluyendo en materiales modernos tales como el acero " . Este es el hilo conductor generalizado de la enseñanza de la tecnología constructiva en la mayor parte de los curriculums docentes de la carrera de arquitectura .

Desde los albores de la teoría de la arquitectura , el componente tecnológico constituye uno de los principales contenidos del quehacer arquitectónico . Enseñar tecnología constructiva en forma mecánica , sin evaluar las consecuencias ambientales de la opción de determinada vertiente tecnológica , hoy día , no tiene sentido .

El modelo de enseñanza de la arquitectura en nuestro país , proviene del modelo "beaux arts" de la escuela francesa ( Claude Francois Brunet Debaines funda en Chile la 1ª escuela de arquitectura, durante los albores del siglo XIX ) .

De allí la explicación de porqué se privilegia la forma arquitectónica sin investigar o valorizar adecuadamente los aspectos tecnológicos que la originan .

La presencia de tecnologías constructivas en tierra cruda modernas es prácticamente desconocida en ese ámbito . Luego del análisis de esta situación , se puede concluir de que bajo una mirada holística referida al medio ambiente , cualquier tecnología que economice recursos y especialmente que dilapide menos energía ( hidrocarburos ) en su producción , es moderna " per - se " .

## **2 . La valorización del patrimonio arquitectónico mundial y nacional edificado en tierra cruda :**

En Chile, cerca de un tercio de los monumentos nacionales registrados por el Estado , utilizan algún sistema de construcción en tierra cruda. Por tratarse de monumentos que datan del siglo XVII y XVIII , son estos además los más antiguos. Este hecho constituye un motivo suficiente para conocer el comportamiento del material tierra cruda .

La mayor parte de estos monumentos han cobijado importantes hechos históricos y son sede de relevantes instituciones .Los currículums de la enseñanza de la carrera de arquitectura , debieran incluir esta materia en forma obligatoria por su inmensa importancia cultural .

## **3. Objetivos generales del curso de arquitectura en tierra cruda :**

3.1 Instruir sobre los antecedentes históricos acerca del uso de este material en Chile .

3.2 Conocer las principales características físicas del material .

3.3 Conocer los principales sistemas constructivos que utilizan el material , con especial énfasis en las recientes innovaciones tecnológicas .

3.4 Adiestramiento en la aplicación de estos conocimientos en los procesos de diseño arquitectónico .

## **4. Contenidos Programáticos :**

4.1 Antecedentes históricos generales :

Mesopotamia, Himalaya (Tibet), Tibet Central y Oriental, China, Italia, Sri-Lanka, Marruecos, Egipto, Macedonia, Yugoslavia, España, Portugal, Gran Bretaña, Alemania, Francia, arquitectura contemporánea.

#### 4.2    Antecedentes históricos en Ibero América :

Taos (New Mexico USA), Paquimé o Casas Grandes. México (s. VI    A.C.).  
La vivienda Maya , México, Chan - Chan, Perú    La vivienda Chipaya.  
La introducción del uso de la técnica del adobe en nuestro continente.

#### 4.3    Antecedentes históricos en Chile :

Poblado atacameño de Tulo ( s. X A.C. aprox.)  
Uso del material tierra cruda en la Arquitectura defensiva atacameña : Los Pukarís .  
El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del norte de Chile.  
Oficina Salitrera de Chacabuco.  
La Iglesia Catedral de Copiapó .  
Teatro Municipal de Paihuano .  
La Iglesia de Barraza .  
Casa cuna del presidente Pedro Aguirre Cerda, Pucuro.

#### 4.4    El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del valle Central de Chile.

Uso del material tierra cruda en la Arquitectura defensiva del período colonial  
Fortificación de la ciudad de La Serena, fuertes españoles en el proceso de conquista.  
La Arquitectura de las grandes haciendas.  
Patrimonio arquitectónico urbano en base a tierra cruda. San Felipe,  
Los Andes y las casas con pilar de esquina.  
Casas de Lo Contador , Santiago .  
Municipalidad de Lo Barnechea , Santiago .  
Casas de Lo Matta , Santiago .  
Iglesia y claustro de Los Dominicos , Santiago .  
Iglesia del Buen Pastor de calle Rivera , Santiago .  
Iglesia La Matriz , Valparaíso .  
Iglesia La Merced , Rancagua .  
Casa del Pilar de esquina , Santiago norte  
Patrimonio de! l Barrio Poniente , Santiago .  
Posada del Corregidor Za-ártu , Santiago .

Bodegas de ex - Viña San Carlos .

Hacienda San José del Carmen ( El Huique), Colchagua.

Casas de Nincunlauta .

El uso de la tierra cruda en la Arquitectura del valle Central de Chile , al sur de la cuenca del río Maule :

Poblado de Nirivilo.

Zona de Villa Alegre.

Hospital San Juan de Dios de Chillan.

Casa cuna de Prat en Ninhue , VIII Región .

En el curso de duración semestral se realiza a lo menos una visita guiada a unos de los anteriores edificios monumentales o conjunto arquitectónico patrimonial construido en tierra en Santiago de Chile , ubicado en Santiago .

La extensión de éste primer módulo pedagógico es de 4 sesiones .

A continuación se desarrollan once sesiones en que en forma empírica se procede al conocimiento científico del material tierra cruda :

4.5 - Estudio del material . Componentes y clasificación de los suelos . Características físico - mecánicas . Ensayo de retracción de secado . Para este ensayo se utiliza el ensayo de la cajita diseñado por el CEPED , a través del cual , el alumno / a puede constatar uno de los principales problemas de diseño constructivo en tierra cruda .

- Ensayo del cilindro de plasticidad modificado : Se realiza este ensayo creado por! el investigador Profesor Gastón Barrios Lamarque el que determina en terreno la cantidad de arcilla que debe contener un determinado suelo para su uso en la técnica constructiva del adobe.

- Aula teórica en que se explican las principales tipologías constructivas en tierra cruda distinguiendo aquellas de tipo monolíticas como el adobe y Tapial de las técnicas mixtas tierra - madera y otras . Principios y soluciones constructivas .

- Debido a lo apropiado del uso de la mixta tierra - madera en Chile, se destina un aula especialmente a éstas técnicas tales como palillaje, quincha mejorada y otras técnicas constructivas

- Chile es uno de los países más afectados por movimientos sísmicos . Es por esto que se destina un aula a desarrollar conceptos de diseño sismorresistente .

Así mismo se enfatiza en la aplicación de soluciones de diseño que aseguren una mayor estabilidad de la estructura portante . Como medio pedagógico se exhibe y se comenta video de ensayos de diversos prototipos a colapso estructural desarrollados en el laboratorio de ingeniería de la P. Universidad Católica del Perú ( Lima ) .

A continuación se desarrollan seis sesiones cuyo principal objetivo pedagógico es transferir al alumno / a las principales innovaciones tecnológicas en los métodos de estabilización y producción masiva en tierra cruda .

#### 4.6 Principales innovaciones tecnológicas constructivas en suelo estabilizado :

-Estabilización físico - mecánica del material por hipercompresión .

-Estabilización química por agregación de estabilizantes de origen natural ( fibras , mucilago de cactáceas, estiércol etc.) o industrial (asfalto, cal, cemento, polímeros , acronal , etc.)

4.7 Principales patologías constructivas del material. Presencia de humedad . Problemas de interfase y adherencia . Acción del medio natural. Insectos y otros agentes patógenos .

4.8 Refuerzos constructivos : cimientos , sobre! - cimientos , refuerzos internos de muros, cadenas y dinteles . Tipologías de cadenas de amarre . Refuerzos mediante la aplicación de mallas metálicas .

4.9 Revestimientos y terminaciones . Acabados en base a tierra estabilizada. Uso de la cal . Suelo-cemento . Otros estabilizantes. Fórmula COLCA 1:2:3:4 ( Ecuador ) . Fórmulas del J.P. Getty Institute. ( U.S.A. )

4.10 Normas internacionales : Norma Peruana , Code de California y Nuevo México ( U.S.A ) , Recomendaciones chilenas , Recomendaciones mexicanas .  
Se explica y controla lectura de la norma peruana .

4.11 Producción masiva y mecanizada con suelo estabilizado : Prensa manual CINVARAM. ( ver [imagen N° 1](#) Esquema prensa manual Cinvaram ) . Para efectos del curso , se ha provisto de un ejemplar de la misma con la que se confeccionaron muestras para ensayos ) .

Mecanización de principales faenas productivas , plantas fijas , plantas móviles .

Se muestran imágenes en diapositivas y videos tales como el del sistema de

---

albañilería de bloques de suelo - cemento de junta seca denominado " TIJOLITO " de la empresa brasilera Andrade - Gutiérrez de Belo Horizonte , Minas Gerais .

### **5. Variantes Programáticas :**

El programa anteriormente descrito se circunscribe a un curso de duración semestral . Idealmente éste curso debiera durante la temporada estival de forma de lograr un mejor resultado , tanto en las aulas prácticas como en visitas a obras.

En alguna oportunidad , éste mismo curso tuvo una duración anual lo que permitió desarrollar las siguientes actividades pedagógicas :

5.1. Diseño de un proyecto en tierra cruda . Vivienda económica, laboratorio de suelos etc.

( ver [PLANOS](#), proyecto de vivienda social en tapial , alumno Mauricio Galarze , curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile ) .

5.2. Elaboración de modelos fabricados en tierra a escala 1 : 5 , 1 : 10 con desarrollo planimétrico constructivo .

5.3. Visitas a obras de construcción en tierra cruda con entrega de informes de la misma .

5.4. Desarrollo de detalles constructivos en tierra . Escantillones y detalles varios de proyectos que el alumno/a aporta . En algunos casos éstos proyectos provienen de los que están desarrollado o han desarrollado en el taller de diseño arquitectónico .

### **6. Restauración del patrimonio arquitectónico :**

Aproximadamente un treinta por ciento ( 30 % ) de los monumentos nacionales de Chile , emplean uno o más sistemas de construcción con tierra cruda . Se estima que este material está presente en más del cincuenta por ciento ( 50 % ) de éstos mismos monumentos nacionales . De aquí la importancia de relacionar pedagógicamente estos conocimientos que tienen aplicación tanto en el ámbito de la vivienda social como en el de la conservación y restauración arquitectónica .

## 7. Creación del conocimiento científico :

Habitualmente se relaciona el conocimiento de la arquitectura en tierra cruda , con un conocimiento de origen popular y ancestral . El objetivo de un curso de arquitectura y construcción en tierra cruda debiera develar la faceta científica de estos conocimientos . De allí la importancia de desarrollar con los alumnos / as , ensayos científicos cuantificables y relativamente normalizados técnicamente .

Se pueden destacar entre los más importantes :

7.1. Ensayo de plasticidad modificado o del cilindro . (Ensayo del cilindro, G. Barrios realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile ).

7.2. Ensayo de desgaste al goteo de tabletas estabilizadas . (cuadro comparativo de resultados del ensayo de estabilización de suelos , Oct, 1994 , realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile )

7.3. Elaboración de muestras elaboradas con diferentes procedimientos las que son posteriormente sometidas a esfuerzo de compresión cúbica en laboratorio . (cuadro comparativo de resultados de resistencia a la compresión cúbica de suelos , Oct, 1994 , realizado en el curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile )

7.4. Ensayo de retracción de secado aplicado en tecnología de suelo - cemento . ( CEPED )

7.5. Ensayo de resistencia al desgaste hídrico ( inmersión ) .

7.6. Ensayo de efectos a la intemperie.

## 8. Prácticas de obra :

El más exitoso método para la comprensión de los diferentes sistemas constructivos que emplean tierra cruda , es la confección de parte de los mismos con los alumnos / as .

Es preciso planificar la ejecución de estos componentes de forma de evitar la improvisación y ayudar a entender el cómo se realizan .

En este sentido se deben considerar las actividades siguientes :

8.1. Diseño del elemento a construir . Se deben considerar los aspectos siguientes :

8.1.1. Dimensionamiento de esfuerzo físico a desarrollar .

8.1.2. Local en que se ejecutará .

8.1.3. Equipamiento de herramientas y laboratorio con que la Facultad cuenta. Es posible utilizar buena parte del equipamiento del laboratorio tradicional de hormigones (tamices, hornos de secado, balanzas , prensas , máquinas de medición de esfuerzos físicos mecánicos y otros)

8.2. Organización de las " cuadrillas " de estudiantes . Un método interactivo interesante es desarrollar en forma paralela a lo menos tres técnicas . Estas pueden ser adobe, tapial y técnica mixta tierra - madera . (Confección de bloques de porción de muro de tapial aprovechando murete de jardinera existente como sobrecimiento por alumnos del curso de la Universidad Central de Chile en el campus San Bernardo de la misma ) .

8.3. Incentivar la participación activa de las alumnas , las que naturalmente propenden a tomar una posición de observación del trabajo físico - constructivo que desarrollan los alumnos .

8.4. Cuidado del registro de las prácticas desarrolladas a través de diferentes métodos . La condición de entregar un informe de cada práctica es muy relevante . En este contexto , las principales variables de dichos informes son :

8.4.1. Descripción de las faenas desarrolladas .

8.4.2. Análisis de los fenómenos que se presentan .

8.4.3. Medición de los distintos aspectos involucrados en dichas prácticas

( medidas de volumen , superficie , longitud , tiempo ) .

## **9. Creación arquitectónica :**

De gran relevancia pedagógica resulta integrar los conocimientos tecnológicos adquiridos en la proyectación de un objeto arquitectónico . Aquí cobra especial importancia el ubicar los proyectos en diferentes zonas climáticas . Chile , con una longitud de cerca de 4.500.Kms. y por su posición geográfica en el orbe , presenta importantes variaciones climáticas . Es as' como nuestro país posee las siguientes nueve zonas climáticas :

- 1 ) Norte litoral
- 2 ) Norte desértico
- 3 ) Norte valle central
- 4 ) Central litoral
- 5 ) Central interior
- 6 ) Sur litoral
- 7 ) Sur interior
- 8 ) Sur extremo
- 9 ) Andina

Se podría agregar las zonas siguientes :

- 10 ) Rapa - Nui ( Isla de Pascua ) inmersa en el Océano Pacífico presenta clima sub - tropical.
- 11 ) Antártica

Lo anterior redunda en una diversidad de condiciones climatológicas que determinan diferentes expresiones en la arquitectura de tierra. Entre estas destacan :

- Oscilación de temperatura
- Insolación
- Humedad relativa
- Precipitación
- Vientos predominantes
- Altura

( Fuente Norma chilena ( I.N.N. ) NCH 1079 , en Revista del Colegio de constructores civiles de Chile Nº 52 de Junio de 1980 ) .

## 10. Conclusiones :

Los cursos de arquitectura en tierra realizados en el marco anteriormente descrito se caracterizan por lo siguiente :

10.1. Despertar interés en las jóvenes generaciones de estudiantes por ésta tecnología constructiva debido a una positiva relación con el medio ambiente natural .

10.2 . Contribuir a reforzar la idea de que la arquitectura en tierra cruda es posible. Que los edificios construidos en tierra constituyen edificaciones estables y de alto estándar físico ambiental .

10.3 . Conocer el patrimonio arquitectónico mundial y nacional construido en base a éste material lo que entrega una importante base de conocimientos de entendimiento del arte de la arquitectura desde un punto de vista histórico .

10.4. Incentivar la creación del conocimiento científico del material tierra a través de los cursos impartidos .

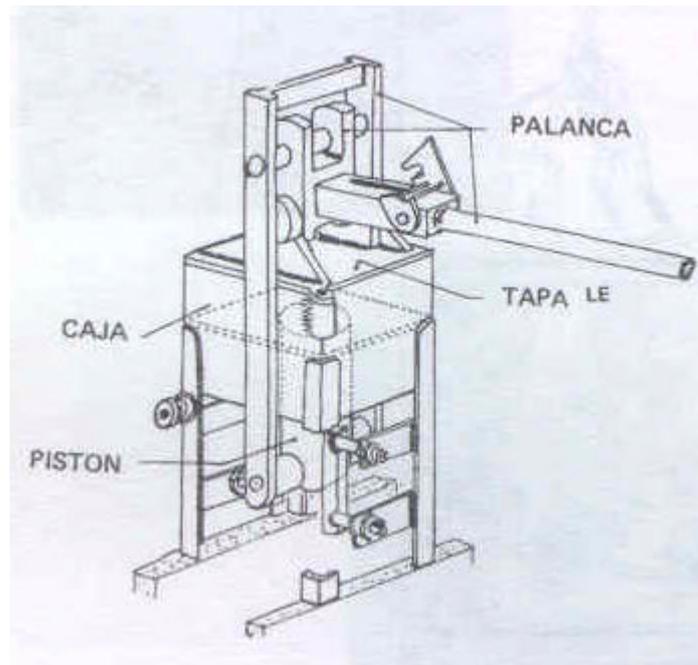


Imagen Nº 1 Esquema prensa manual Cinvaram

**Planos**, proyecto de vivienda social en tapial , alumno Mauricio Galarze , curso Arquitectura en tierra , Universidad Central de Chile

