



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

SISTEMA DE PANELERIA SUSTENTABLE CASO PARA LA CIUDAD DE LOJA

TESIS QUE PRESENTA
ARQ. FERNANDO JARAMILLO PALACIOS.
*PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA
EN EL CAMPO DE TECNOLOGÍA*

Tutor: Dra. Gemma Verduzco Chirino.



PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Directora de tesis:

Dra. Gemma Verduzco Chirino

Sinodales:

Dr. Jesús Aguirre Cárdenas
Mtro. en Arq. Francisco Reyna Gómez
Dra. Ana Dolores Flores Sandoval
Mtro. en Arq. Carlos Bigurra Alzati



AGRADECIMIENTO

A Dios padre diseñador y creador de todo lo que nos rodea.

Mi reconocimiento y sinceros agradecimientos a los directivos del programa de maestría y doctorado en arquitectura de la UNAM (Universidad Autónoma de México), así como también a las autoridades de la UTPL (Universidad Técnica Particular de Loja), quienes me han brindado la oportunidad de continuar con mi preparación y superación académica profesional.

A mi directora de tesis Dra. Gemma Verduzco Chirino, quien con sus acertadas enseñanzas ha sabido guiar de la mejor manera todo el proceso de investigación.

DEDICATORIA

A Dios

A mi esposa Verito y a mis hijos: Julián Fernando y Sofía Elizabeth por todo su amor y comprensión,

A mis padres Erasmo y Rosita por su cariño y apoyo incondicional

A Luchito y Julita por su cariño sincero y

A toda mi familia por estar siempre conmigo.



1.4.2.3.1.5. Distribución y transporte:	24
1.4.2.3.1.6. Proceso de instalación:	24
1.4.2.3.1.7. Reparación.-.....	25
1.4.2.3.1.8. Ventajas:.....	25
1.4.2.3.1.9. Relación costo-beneficio:.....	26
1.4.2.3.1.10. Problemática generada por los paneles de yeso.	26
1.4.2.3.2. TABLERO “OSB”	32
1.4.2.3.2.1. Elementos del sistema:.....	33
1.4.2.3.2.2. Fabricación del producto:	33
1.4.2.3.2.3. Cualidades:	34
1.4.2.3.2.4. Características:.....	34
1.4.2.3.2.5. Proceso de instalación:	35
1.4.2.3.2.6. Normas de certificación:.....	37
1.4.2.3.2.7. Ventajas y desventajas:	37
1.4.2.3.2.8. Relación costo-beneficio:.....	38
1.4.2.3.2.9. Problemática generada por los paneles de OSB.	38
1.4.2.3.3. TABLERO “ETERBOARD”	39
1.4.2.3.3.1. Elementos del sistema Eterboard:.....	39
1.4.2.3.3.2. Fabricación:	39
1.4.2.3.3.3. Cualidades:	40
1.4.2.3.3.4. Características:.....	40
1.4.2.3.3.5. Proceso de instalación:	41
1.4.2.3.3.6. Normas de certificación:.....	41
1.4.2.3.3.7. Problemática generada por los paneles de fibrocemento.....	41
1.4.2.4. Cuadros comparativos de los productos:	45
1.4.2.4.1. Cuadro de Características de los tableros analizados:	45
1.4.2.4.2. Cuadro de Usos de los tableros analizados:	46
1.4.2.4.3. Cuadro de Cualidades de los tableros analizados:..	46
1.4.2.4.3. Cuadro de Costos en dólares de los tableros analizados:	47



CAPÍTULO II	48
METODOLOGÍA DE ECODISEÑO Y ECO-FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	48
1. Desarrollo Sustentable.....	48
1.1. Ecodiseño	49
1.2. Ecología industrial.....	49
1.3. Ecoeficiencia	51
1.3.1. Factores	52
1.3.2. Ecuación de la ecoeficiencia.....	52
1.4. Ingeniería concurrente	53
1.5. Relación entre Diseño y Fabricación	54
1.6. Diseño para la refabricabilidad.....	54
1.7. Cuadro para la refabricabilidad.-.....	55
1.8. Diseño para el reciclaje	56
2. Aplicación de la técnica justo a tiempo.....	57
 CAPÍTULO III	 61
ANÁLISIS GENERAL DEL MERCADO PARA LA COMPETENCIA DEL NUEVO PRODUCTO.	61
1. Tendencias en el uso de los tableros	61
2. Perfil de usuario.-.....	62
3. Perfil de espacios.-	62
4. Relación Costo-Beneficio.	63
 CAPÍTULO IV	 64
ANÁLISIS DE RECURSOS DISPONIBLES PARA LA FABRICACION DE PANELES A BASE DE TIERRA.	65
1. Recursos naturales.....	65
1.1. Tierras arcillosas.-	65
1.1.1. Prospección.....	65
1.1.2. Carta Topográfica de la cuenca de Loja.	67
1.1.3. Muestreo	67
1.1.4. Reporte de calicatas muestreadas	67
1.1.5. Análisis Químicos:	68
1.1.6. Número Calicata: 3.....	69
1.1.6.1. CODIGO: TBB-18801-C04	69
1.1.6.2. Límites de plasticidad	70



1.1.6.3. Granulometría.....	73
1.1.6.4. Resultados	74
1.2. La cal.-.....	75
1.3. Fibras naturales.-	77
1.3.1. Fibras minerales.-.....	77
1.3. Resinas e impermeabilizantes naturales.-.....	78
2. Recursos Humanos.-.....	78
3. Recursos para la industria local.-	79

PROPUESTA TEÓRICA DEL PRODUCTO Y SUS COMPONENTES..... 79

“Panelería sustentable a base de tierra arcillosa.” 79

1. Prototipo teórico.....	80
2. Enfoque del sistema constructivo.-	81
2.1. Panelería sustentable	81
2.2. Elementos del sistema de panelería ligera.-.....	83
2.3. Elementos del sistema de Panelería:	83
2.4. Análisis previos de diseño:.....	85
2.5. Tipos de estructura de soporte para la construcción con panelería de tierra.....	88
2.6. Características del panel y sistema de panelería sustentable propuesto:	89

CONCLUSIONES GENERALES: 103

Preguntas para futuras investigaciones:..... 105

REFERENCIAS:..... 106



PRÓLOGO

Uno de los campos que siempre me han llamado la atención a mi personalmente, es el avance del diseño y la tecnología en la búsqueda de nuevos materiales y sistemas de construcción rápida, que permitan minimizar los impactos producidos a la hora de remodelar ambientes interiores habitables, espacios que son fruto de las necesidades actuales del hombre contemporáneo, con el propósito de desarrollar actividades que son cada vez mas cambiantes y que se apoyan y sustentan completamente en espacios flexibles que favorezcan la interacción y adaptación **hombre-actividad-ambiente**, de manera efectiva.

Por tanto a mi forma de ver las cosas, considero urgente la búsqueda de sistemas constructivos que cumplan de manera eficiente no solo en el campo funcional, tecnológico y formal, sino también en el campo económico y social de manera sustentable, ya que nuestro planeta esta siendo exterminado por nosotros mismos, si seguimos con nuestros proceder caducos producto de una mentalidad depredadora y consumista, que lo único que busca es la extracción de recursos, fabricación y uso de productos muchas veces innecesarios y otras veces demasiado dañinos para el hombre, ya que no contemplan criterios ni procesos controlados, planificados, y diseñados bajo parámetros de sustentabilidad.



INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito principal, proponer una solución alterna mas eficiente, para la creación de espacios arquitectónicos internos, con base en el uso de paneles contruidos con tierra arcillosa.

Este conocimiento se basa en el estudio de tres componentes fundamentales: **los antecedentes de contextualización, la industrialización sostenible y con calidad y el mercado de competencias locales**, todos y cada uno de estos campos son abordados en los tres primeros capítulos de la investigación.

En la primera parte analizo lo que se conoce sobre los sistemas de **panelerías ligeras**, su introducción en nuestro medio, sus propiedades y características técnicas, sus usos y aplicaciones, sus costos, ventajas, desventajas, efectos nocivos, etc, para tener parámetros que permitan evaluar la eficiencia del sistema propuesto, además simultáneamente, realizo un estudio concreto de una técnica de construcción ligera, tradicional y nuestra, que se está perdiendo y que servirá como base sobre la que se sustentará el sistema propuesto de panelería ligera, tecnificado a la actualidad, al hablar de técnica de construcción tradicional me refiero a construcción con tierra arcillosa.

Por otro lado en el segundo capítulo se procura contextualizar el marco metodológico dentro del cual se deben manejar todos los procesos de industrialización en general, basados en un respeto al medio ambiente, puesto que tanto la utilización y aprovechamiento de los recursos naturales por parte del ser humano y su impacto en el cambio climático en general, debe ser motivo de preocupación latente en toda la industria que intenta denominarse “**Industria Limpia**” desde la mas pequeña localmente, hasta la mas compleja de entorno global.

Luego en función de todo esto, en el capítulo tercero creo pertinente y prioritario analizar lo que está sucediendo en el nuestro medio, en cuanto a la **aceptación o rechazo del cliente** como usuario particular y como sociedad en general, para hacer propias estas nuevas tecnologías de construcción que si bien es cierto son parte de la evolución normal del ser humano, deben ser lo mas adaptadas y apropiadas a sus formas de vida, necesidades y expectativas contemporáneas.

Es por todas estas razones citadas anteriormente, que se plantea la revalorización del material como tal y **se propone su industrialización como elementos prefabricados**



bajo parámetros de sustentabilidad, para la elaboración de un sistema de construcción ligera, flexible y modular que sirva como división interior de espacios en una edificación.

Para lograr el objetivo fue necesario redescubrir las posibilidades de uso y aplicación del material bajo distintas condiciones y parámetros poniendo a prueba diferentes composiciones, que fueron sometidas a varios esfuerzos necesarios, para que cumpla con las características básicas: resistencia adecuada, ligereza, flexibilidad y reciclaje, además con las propiedades: térmicas, acústicas y de incombustibilidad, todo esto apoyado y sustentado con la experiencia antigua y el mejoramiento constante en los procesos de la tecnología contemporánea; luego de los ensayos a los primeros prototipos a escala construídos en el laboratorio, se obtuvo algunas conclusiones de tipo general, en donde, se observa que si es factible construir el panel o tablero de arcilla y que además ofrece muchas posibilidades técnicas de diseño y elaboración, así como también abre un abanico de posibilidades para futuras investigaciones relacionadas con el tema.



OBJETIVOS

Objetivo General

- Brindar una solución alterna mas eficiente, para la creación de espacios arquitectónicos internos, con base en el uso de paneles construidos con tierra.
- Revalorizar y tecnificar un sistema constructivo tradicional ligero a base de tierra arcillosa, muy utilizado en nuestra región, adaptándolo a las condiciones y expectativas de vida actual y futura.

HIPÓTESIS

Los paneles sustentables de tierra arcillosa pueden competir con los otros tipos de paneles que se encuentran en el mercado local, por costos, procesos de fabricación y problemas de salud originados a los usuarios de los mismos.



CAPÍTULO I

I. ANTECEDENTES

El propósito de este primer capítulo tiene como finalidad contextualizar los antecedentes tanto geográficos como históricos y conceptuales que delimitan el área de investigación con el objetivo de clarificar el estado del conocimiento en nuestra región a cerca del tema propuesto para investigar, para ello se aborda principalmente dos campos: un breve análisis de la técnica tradicional constructiva que servirá de base para la propuesta de actualización tecnológica como sistema de división ligera, y por otro lado lo que esta sucediendo actualmente en la región, con la introducción y puesta en obra de paneles prefabricados para división de ambientes interiores, los mismos que presentan una serie de inconvenientes a la hora de usarlos.

1.1. Ubicación geográfica del proyecto de investigación.

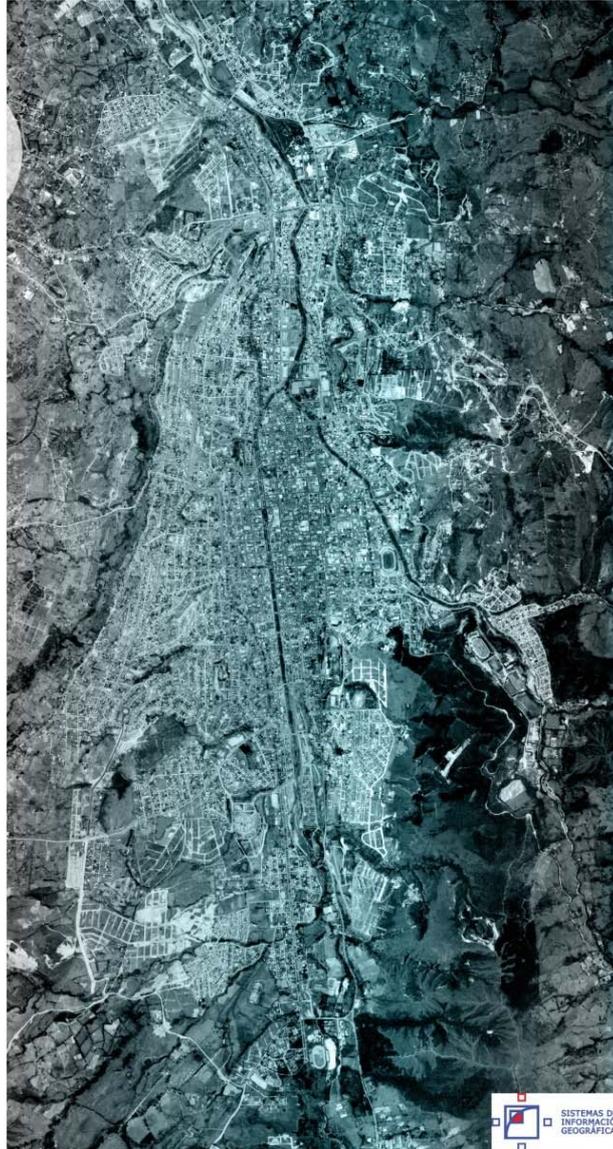
La ciudad de Loja ubicada en la provincia del mismo nombre, en el callejón interandino al sur del Ecuador, esta rodeada de elevaciones y valles que conforman su relieve y topografía característica, esta situación geográfica la hace única y diferente al resto del país y del mundo, lo cual se puede observar en la composición química del suelo arcilloso, lo que permite que sea muy apropiado para usarlo como materia prima en la construcción arquitectónica.



Microsoft © Encarta © 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.



1.1.1. Imagen satelital de la cuenca de la ciudad de Loja:



Fuente: SIG. "Sistemas de Información Geográfica" Utl.

- Latitud Sur : 4` grados
- Longitud Este: 79` grados
- Altitud: 2.100 m.s.n.m.

1.2. La construcción tradicional en Loja.-

El material tradicional de construcción en Loja “fue es y será **la tierra**”, desde sus inicios, la construcción de las casas tanto en el área urbana como en los sectores rurales a sido a base de tierra arcillosa y madera generalmente, también se usaba la piedra pero



en menores proporciones, esto se debe a que en la región sur del país, existen grandes canteras de tierras y arcillas con cualidades y características propias para el campo de la construcción, las mismas que fueron manipuladas y trabajadas por los primeros pobladores de la región, quienes fueron aprovechando estas propiedades, en varios usos y aplicaciones.

El Tapial, el Adobe y el Bahareque lojano son las principales técnicas constructivas utilizadas en la región, todas estas técnicas emplean como material principal la tierra arcillosa, recurso que es abundante en la zona y que por años se ha mantenido formando parte de estos procesos tradicionales.

Desde hace unos cincuenta años aproximadamente, el boom del concreto armado (Hormigón Armado), tabique (ladrillo), block, y otros materiales introducidos, disminuyeron notablemente los procesos de construcción con tierra arcillosa, dejando reducida su utilización simplemente hacia las áreas rurales, lo cual fue en detrimento de una posible tecnificación de nuestra construcción ancestral,.

En la actualidad, la inclusión en nuestro quehacer constructivo, de nuevos materiales y sistemas prefabricados importados, a base de elementos ligeros, y con características de: rapidez de construcción, facilidad de acabados, flexibilidad, reutilización y reciclaje, etc. Han abierto otras expectativas para el usuario final, que quiere estar a la vanguardia en el uso y aprovechamiento de estos sistemas actuales de construcción ligera y que de hecho ya se han ganado un espacio especialmente en las áreas del campo laboral y comercial. Además aunque exista una idea errónea a considerar a la tierra como un material de bajas prestaciones, actualmente, constituye una interesante alternativa de estudio y experimentación para el desarrollo de nuevas y mejores aplicaciones en el campo constructivo, motivo central de estudio en mi tema de investigación.

La necesidad de rescate de una técnica tradicional y el desarrollo tecnificado de la misma en nuevas y mejores aplicaciones, hace necesario un esfuerzo de investigación y constante experimentación de soluciones constructivas tanto a nivel interior como exterior de la edificación. Así mismo, la aparición de bloques comprimidos de características mecánicas apreciables y los estudios realizados sobre estabilización de la tierra, deben suponer un avance hacia la **incorporación definitiva** del material al ámbito de la construcción, Además es parte de nuestra obligación el desarrollo de sistemas constructivos con materiales propios y adaptados a las necesidades actuales de nuestras poblaciones.



1.2.1. Técnica tradicional de construcción ligera.

La técnica tradicional de construcción que se ha tomado como base para la propuesta de rescate y tecnificación como industria limpia local, es el bahareque lojano, que es una de los tres procedimientos constructivos mencionados anteriormente y que por su uso aplicación y características particulares es el mas cercano a ser revalorizado y tecnificado para continuar aprovechando sus bondades y su relación como técnica ancestral de la región.



Fuente: construcciones de tierra provincia de Loja.

El bahareque lojano fue una técnica constructiva desarrollada por varios años, lo cual le proporcionó algunas características entre las que se destacan los espesores ligeros, a pesar de tratarse de paredes divisorias de ambientes interiores e inclusive exteriormente, esta ligereza de sus espesores tenía que competir en aquellas épocas con los grandes espesores de las construcciones de tapial y adobe, que también eran a base de tierra arcillosa.

1.2.1.1. Bahareque lojano.



Fuente: construcciones de tierra provincia de Loja.

Actualmente, la investigación para hacer de la construcción a base de elementos con tierra, una práctica contemporánea, competitiva y que brinde los mejores resultados para satisfacer las demandas del mercado, se centra en el estudio experimental de



la adaptación tecnológica y mejoramiento de sistemas que ya fueron utilizados tradicionalmente por muchos años como por ejemplo en nuestro país la quincha.

1.2.1.2. Por que actualizar una técnica constructiva ya casi desaparecida?

En primer lugar considero parte de nuestro valor de cultura ancestral el revalorizar una técnica constructiva que en su momento fue muy desarrollada y valorada por satisfacer de manera efectiva las necesidades de habitación de mucha de la población de nuestras regiones en épocas anteriores, y por otro lado la ausencia casi completa de mano de obra que pueda construir no solo con esta técnica, sino con todas las técnicas de construcción ancestral, por estas razones creo urgente el pensar, proponer y desarrollar una técnica de construcción ligera basada en el principio técnico y funcional de la técnica antigua tomada como base, para producir tecnología local basada en conocimientos y mano de obra nuestros, y así generar recursos de toda índole para el progreso local y nacional.

“La técnica del bahareque, que en algunos países de Latinoamérica incluido el Ecuador, se la denomina **Quincha**, y que consiste en elementos verticales y horizontales formando una malla doble, crea un espacio interior, que posteriormente se rellena con barro, estos elementos verticales usualmente están compuestos por troncos de arboles, lo que es de mucha importancia analizar en el sistema propuesto ya que deberán reemplazárselos con algún tipo de elementos aglomerados o galvanizados, para salvaguardar los bosques de nuestro planeta contribuyendo al planeta, por otro lado los elementos horizontales son



Fuente: Edificación de bahareque tradicional, Venezuela (Minke 2001)

de caña de bambú, caña brava, carrizo o ramas. Este sistema tiene la ventaja de ser dúctil (flexible) lo que lo hace resistente a los impactos de los sismos, pero también la desventaja es que frecuentemente aparecen grietas debido a los espesores de la capa de revoque sobre los elementos de madera.”¹

Para garantizar la resistencia y durabilidad de este tipo de construcciones, es indispensable contar con una buena base (cimentación y un zócalo de mínimo 50 cm.

¹ Muros de Bahareque (Quincha)



de altura que ocupe todo el ancho del muro) y una cubierta que minimice el contacto con el agua, lo cual en nuestro caso de estudio no es tan necesario ya que los elementos prefabricados propuestos a base de tierra arcillosa funcionarían en primera instancia solo como sistemas divisorios de espacio interiores, Además también es recomendable un posible revestimiento de cal que proteja los paramentos.

Al tecnificar el sistema tomando como base la antigua técnica de la **Quincha** se puede mejorar la resistencia a la flexión y la tracción de este material. En el caso nuestro de la tierra cruda prensada, se pueden potenciar la estructura interna con refuerzos verticales y horizontales de otros materiales, como por ejemplo los elementos aglomerados de madera.

1.3. La tierra como material de construcción.-

“En casi todos los climas cálido-secos y templados del mundo, la tierra ha sido el material de construcción predominante. Aun en la actualidad un tercio de la humanidad vive en viviendas de tierra y en países en vías de desarrollo esto representa más de la mitad. Por tanto la tierra es el material natural de construcción más importante y abundante en la mayoría de las regiones en el planeta”²

Según Gernot Minke, “*las necesidades de hábitat en los países en vías de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales y técnicas de construcción locales*”; Si consideramos a la tierra como el material rey del planeta, podemos deducir que la respuesta está en nuestras propias manos, para asumir el reto de la búsqueda y desarrollo innovador de mejores aplicaciones de la tierra en el campo de la construcción, tomando en cuenta sus propiedades específicas y la posibilidad de optimizarlas para beneficio de la población.

A nivel mundial las construcciones con tierra se consideran más cómodas por sus valores de aislación y confort térmico.

Según Paul Graham Mchenry, Jr, las temperaturas del suelo medidas entre 1 y 1.5 metros por debajo de la superficie, variarían de 10 a 12.78°C o (50 a 55 °F) para una gran parte del planeta.³

² Minke Gernot, MANUAL DE CONSTRUCCION EN TIERRA.

³ Paul Graham Mchenry, Jr, ADOBE, como construir fácilmente, pag. 165



1.3.1. Valores U para muros de tierra:

Los valores aislantes establecidos para muros de tierra por la American Society of Heating and Air Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción y Aire Acondicionado) (ASHRAE 90-75) se determinan bajo condiciones de laboratorio en forma pura, es decir, sin tener en cuenta otros factores ambientales.

Estas pruebas han sido ensayadas en dos tipos de muros de adobe:

- Para un muro de adobe de 25 cm. de espesor con estuco de 2 cm. de espesor en el exterior y empaste de yeso de 1.3 cm. en el interior = 0.263 Btu/por pie²/por hora/°F.
- Para un muro de adobe de 35 cm. de espesor con estuco de 2 cm. de espesor en el exterior y empaste de yeso de 1.3 cm. en el interior = 0.203 Btu/por pie²/por hora/°F.⁴

Se puede observar que estos factores son relativamente bajos, que el aislamiento es aparentemente pobre en estos muros de tierra, pero es importante tomar en cuenta varios factores adicionales, como por ejemplo el factor “M” (por masa).

En 1975, en la Universidad de Nuevo México, el Dr. Francis Wessling emprendió un estudio titulado “Respuesta transitoria térmica del adobe”⁵ en donde concluyo de que el espesor óptimo de un muro para cuestiones de efecto de masa térmica, seria entre los 30 y los 36 cm.

Estos espesores analizados por Wessling anteriormente, deberán tomarse muy en cuenta en la propuesta, ya que lo que esta por proponerse son elementos ligeros, tipo placa o tablero de tierra arcillosa prensada, por ende sus espesores serán los mínimos admisibles, para que el elemento pueda funcionar eficientemente.

Luego un estudio realizado por Van der Meer y Bickle en la Universidad de Nuevo México, en mayo de 1978, titulado “Effective U Values-a New Method for Predicting Average Energy Consumption For Heating Buildings” reconoció el efecto de la

⁴ Paul Graham Mchenry, Jr, ADOBE, como construir fácilmente, pag. 166

⁵ Francis Wessling. TRANSIENT THERMAL RESPONSE OF ADOBE” en adobe news, #6, Albuquerque, Nuevo México, 1975.



orientación, los factores climáticos locales, y la absorción de calor según el color de la superficie del muro⁶

La masa térmica de los muros capta, almacena y desprende calor, creando una diferencia entre las temperaturas interna y externa. La fluctuación dentro del ambiente estará influenciada por el espesor del muro o de su masa térmica, y tiende a alcanzar su estabilidad térmica mas o menos en los 30 cm. de espesor.

Es importante también destacar el hecho de que para aumentar el valor aislante de los muros de tierra es necesario utilizar un espacio hueco interior, es decir un **doblo muro**, el cual tan solo con la presencia de este espacio vacío interno mejora su aislamiento, y mucho más todavía si se coloca algún tipo de fibra interna que aumente su poder aislante, este aspecto será considerado en la propuesta ya que al tratarse de un sistema ligero compuesto de tableros fijados a una estructura interna se generara un espacio interior vacío el cual contribuirá de alguna manera a su valor aislante.

1.3.2. Ventajas y Desventajas como material:

Cuando hablamos de materiales de construcción a la mezcla de tierra arcillosa con arena fina, limo y otros elementos más, en nuestro medio se le ha asignado diversos nombres como: barro, tapial, adobe, ladrillo crudo, bahareque, quincha, etc; estas técnicas constructivas a base de tierra tienen algunas ventajas y desventajas que a continuación las vamos a enunciar:

Ventajas:

- **Regula la humedad ambiental.**- es decir absorbe y elimina humedad más rápido y en mayor cantidad que otros materiales de construcción.
- **Almacena calor.**- el material puede balancear la temperatura interior, dependiendo del clima en la zona.
- **Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental.**- el material no contamina el ambiente, y en relación a otros materiales, si se lo produce in situ, gasta el 1% de la energía que requiere la fabricación del hormigón armado.⁷

⁶ L. W. Bickle y W. J. Van der Meer y "EFFECTIVE U VALUES-A NEW METHOD FOR PREDICTING AVERAGE ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING BUILDINGS, Albuquerque, Nuevo México, mayo 1978.

⁷ Minke Gernot, MANUAL DE CONSTRUCCION EN TIERRA.



- **Es reutilizable.**- el material crudo se lo puede volver a utilizar ilimitadamente, si lo comparamos con el hormigón luego de su vida útil, este siempre será escombros que contamina.
- **Es materia prima local.**- se encuentra en la región y solo es necesario analizar su composición para utilizarlo.
- **Preserva la madera y otros materiales orgánicos.**- la tierra mantiene seca a la madera minimizando el ataque de insectos y hongos.
- **Absorbe contaminantes.**- el material es considerado como saludable ya que absorbe contaminantes del ambiente, inclusive se dice que contribuye a la purificación del aire, lo cual no ha sido científicamente comprobado.

Desventajas:

- **No es un material estandarizado.**- es decir depende del lugar de donde se extrae la materia prima que cuenta con características propias, que pueden variar de un sitio a otro.
- **Cuando se seca se contrae.**- al evaporarse el agua de amasado el material se contrae y se fisura, lo cual es un problema a considerar, esto lo podemos observar en las técnicas tradicionales, adobe, tapial, etc.
- **No es impermeable.**- es muy importante que el material sea protegido contra lluvias y heladas para que no sufra deformaciones en su composición, **lo cual para el desarrollo de mi investigación no será un condicionante, ya que la disposición y utilización del sistema propuesto será concretamente para áreas interiores.**
- El concepto equivocado que tiene la población, respecto a la construcción con tierra, y la falta de una reglamentación adecuada para acceder a créditos basados en hipotecas de casas construidas con tierra.
- **Presenta baja popularidad en el campo industrial**, por la misma razón anterior y además por el criterio errado de considerar que la tierra es un material del cual ya se ha descubierto y se ha obtenido todo, ... lo cual considero que no es así.



1.3.3. Las potencialidades de la tierra en la construcción:

- Confiere mayor confort térmico (genera calor en el frío y frescura en el calor)
- Confiere mayor confort acústico.
- Presenta una mayor resistencia sísmica.
- Fácil integración en el paisaje (Bajo impacto visual y armonía con su entorno natural).
- Puede reincorporarse como material.
- Es biodegradable, Carácter reciclable del material, pues se reduce fácilmente a su estado original tras el derribo del edificio, sin producir residuos ni escombros.
- Es accesible a toda economía, además es ideal para autoconstrucción.
- La trabajabilidad del material presenta muchas posibilidades y su costo de fabricación es relativamente bajo.
- La construcción con tierra tiene características de sustentabilidad.

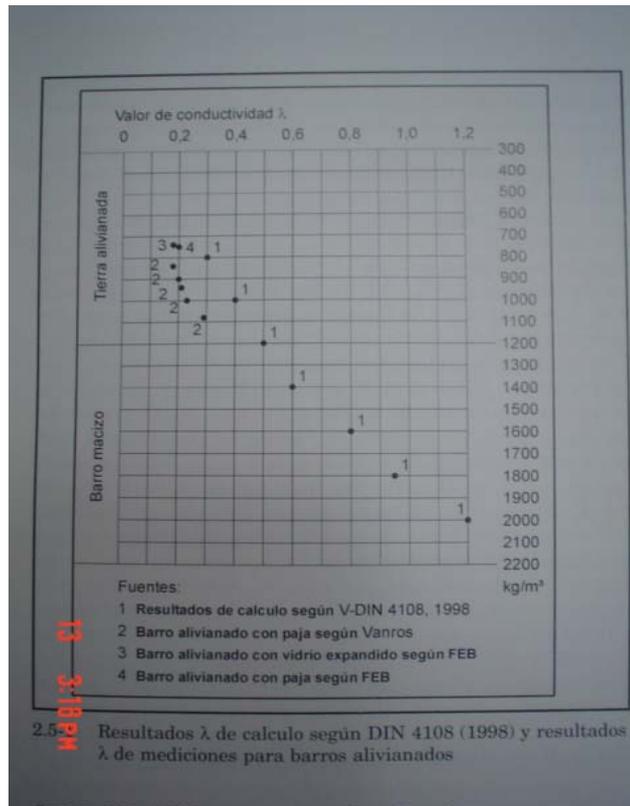
1.3.4. Propiedades de la tierra.

Conductividad térmica de la tierra compactada, del adobe y de otros materiales de construcción.

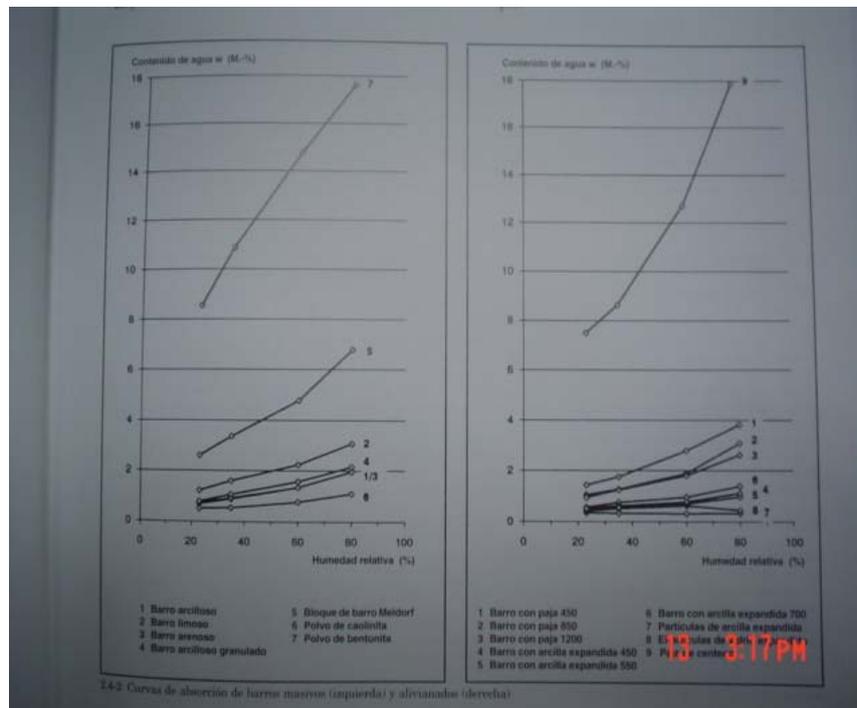
MATERIAL	Conductividad térmica
Adobe (densidad: 750 kg/m ³)	0.25 W/m ² °C
Bloque de tierra compactada típico	0.34 W/m ² °C
Ladrillo	0.85 W/m ² °C
Hormigón en masa	1,50 W/m ² °C



Valor de conductividad.



Curvas de absorción de barros macizos (izquierda) y aliviados (derecha).





1.4. La construcción actual en Loja.-

En Loja a partir de los años 60's con el boom del hormigón armado y la introducción constante de nuevos materiales, se disminuye notablemente la practica del quehacer arquitectónico con tierra arcillosa y cambia radicalmente las formas de vida y de hacer arquitectura en la ciudad, lo cual marca una época bien definida, posteriormente en los 90's con la inclusión de sistemas prefabricados de construcción, se abre una nueva expectativa de materiales y sistemas modulares ligeros de fácil ensamblaje y rapidez de construcción, efecto que genera nuevas formas de reorganización y optimización de espacios especialmente en edificios que albergan áreas laborales y comerciales.

Esta visión actual tanto de profesionales de la construcción, investigadores e inversionistas, así como también de usuarios finales, de estar a la vanguardia en materiales y sistemas constructivos acordes a las necesidades físico espaciales de la actualidad, genera una profunda preocupación por el estudio y desarrollo investigativo e industrial a menor y gran escala de este nuevo concepto de construcción del espacio: ligero, flexible, rápido, accesible, adaptable, reutilizable, reciclable, mucho mas abierto, menos complejo y contaminante en su reorganización, que se adapte y acomode de manera casi sutil a los constantes cambios en la evolución de las actividades del ser humano.

Según Ernesto Ocampo Ruiz, “la arquitectura está acostumbrada a tomar en su mayoría los productos que naturalmente nos da nuestro planeta.”....., hoy es nuestra obligación pensar y manipular con criterios de sustentabilidad los recursos naturales, considerando que pueden ser controlados en todo su ciclo de vida, de acuerdo con nuestras necesidades actuales y sin deterioro del medio ambiente que nos rodea.⁸

Si la población mundial pasa de los 6000 millones actuales a 10000 millones antes del año 2050, como esta previsto, la raza humana causara un impacto ambiental ocho veces superior al actual.⁹

Es por esta razón la urgente necesidad de buscar y desarrollar materiales y sistemas constructivos innovadores, que permitan esta interrelación reciproca entre el hombre y los recursos del planeta, camino que aun no ha sido muy explorado y que debe ser recorrido en pos de una cultura de manejo sustentable.

⁸ Ocampo Ruiz Ernesto, LOS MATERIALES DEL SIGLO XXI.

⁹ Edwards Brian, Hyett Paul, Guia Basica de la Sostenibilidad. Pag. 67



1.4.1. Introducción de sistemas ligeros.-

Los elementos ligeros de construcción especialmente para cubiertas como son las placas de asbesto y fibro-cemento, y las divisiones de espacios interiores a base de planchas de plywood, se introdujeron y utilizaron ya, desde hace unos 30 o 40 años atrás, mientras que, **Los sistemas ligeros** de distribución y organización espacial aparecen aproximadamente desde hace unos 10 años en nuestro medio urbano regional, por influencia tanto de profesionales y constructores especializados en otras partes del mundo, quienes vinieron con una nueva mentalidad de construcción a base de elementos y sistemas prefabricados mucho mas rápidos y ligeros, que ofrecían diversas posibilidades de uso y aplicación en muchas áreas de la construcción. Este fue el inicio en nuestro medio, de lo que, en la cultura anglo-sajona tiene algunos años de vigencia y que se nombra como sistema “Drywall” o Pared seca, que es un componente general de lo que se denomina construcción seca, en donde ya no se depende de elementos elaborados en obra sino que son prefabricados y adquiridos en el mercado, para ser instalados y ensamblados directamente en la construcción.

1.4.1.1. Construcción seca.-

Según algunas definiciones la construcción seca, sistema del siglo XXI, es un conjunto de técnicas constructivas de vanguardia, ampliamente utilizadas en muchos países, que permiten ejecutar cualquier tipo de construcción en forma mucho más rápida, económica,



segura y confortable, obteniendo calidades y costos finales, comparables a la mejor construcción tradicional.

Estructura: acero galvanizado
Tabiquería: placas de fibro-cemento, yeso
Revestimientos: madera, piedra.

1.4.1.2. Objetivos de la construcción seca.-

La construcción seca, tiene por objeto sustituir por elementos prefabricados, la mayor cantidad de componentes húmedos que tradicionalmente forman parte de una obra, como son: el hormigón armado (concreto armado), los morteros de cal, de cemento, de



yeso, las mamposterías de ladrillo, de bloque, etc. y todo material que condicione con su tiempo de fraguado, el rápido avance de la obra.

Este tipo de construcción, procura dar respuesta a los requerimientos espaciales de hoy, para el diseño y construcción de edificios contemporáneos, así como también para la re-arquitectura de edificios cuyos usos y reorganización espacial cambia constantemente, recibiendo una amplia aceptación en arquitectura laboral, comercial, industrial, hospitalaria, educacional, propiedad horizontal, vivienda individual y colectiva, minimizando la cantidad de material desperdiciado (escombros), así como también los niveles de contaminación ambiental.



Fuente: edificio en reconstrucción Utpl. Loja

Un edificio construido se convierte en un activo fijo, su construcción supone un gran gasto en recursos e inversiones que las futuras generaciones deberían poder reutilizar y adaptar a nuevos usos. La reutilización del edificio o parte de el, es preferible a la demolición.¹⁰

Aquí cabe hacer una reflexión, si consideramos que la energía incorporada en un ladrillo equivale a la energía consumida por un automóvil en un trayecto de 11 km, las consecuencias son enormes si consideramos los millones de ladrillos que cada año se fabrican y se destruyen.

¹⁰ Edwards Brian, Hyett Paul, Guía Básica de la Sostenibilidad. Pág. 68



1.4.2. Paneles de construcción.-



Fuente: Panelerías divisorias, edificio de oficinas en Utpl. Loja.

Los paneles son elementos secos, aislantes y auto-portantes, cuyas principales características son: su ligereza, su resistencia a diversos esfuerzos, su poder de aislamiento, su sencillez de ensamblaje, la ausencia de clavos y tornillos vistosos, la estética de su diseño, su facilidad de acabados, etc.

1.4.2.1. Composición de los paneles.-

Los paneles están formados por diversos materiales principales y secundarios, entre los materiales principales, los mas conocidos en nuestro medio son: yeso, fibro-cemento, asbesto, madera, metal, etc. con el acabado adecuado a cada necesidad; Cabe destacar la ausencia completa de paneles a base de tierra estabilizada, al menos en Latinoamérica, lo que hace muy agradable y fascinante el estudio y desarrollo tecnológico de un tipo de panel sustentable a base de tierra como material principal de conformación.

1.4.2.2. Características generales de los sistemas de panelería.-

El conjunto de paneles, estructura, elementos de fijación y acabados, conforman lo que seria un sistema constructivo seco o panelería interior, **cuyo objetivo principal es el de dividir espacios**, y que además de dividir espacios sirvan como **aislante térmico** principalmente **y acústico** en la medida que sea necesario, bajo niveles adecuados para el efecto en las diferentes áreas habitables, estas panelerías así formadas, podrán llevar o no un material de relleno para mejorar aun mas sus propiedades de aislamiento, por ejemplo: la lana de vidrio, en sus diferentes espesores y densidades, también puede utilizarse lana mineral, poliestireno o poliuretano expandido, etc. En el caso de los materiales aislantes que no son rígidos y vienen en rollos, se aconseja que el espesor de estos ocupe el ancho integro de la cámara, evitando su asentamiento a través de los años.



Para la **estructuración** de los sistemas de panelerías, se usan elementos tanto de madera como de acero, aluminio, etc. en vez del tradicional hormigón armado. Lo cual le brinda una completa versatilidad y rapidez de construcción, además los elementos comunes de **fijación** que son clavos y tornillos se aseguran perfectamente a estos tipos de estructuras, para ofrecer en general un elemento constructivo ligero y resistente que se adapta a una diversidad de condiciones de espacios habitables.

Por otro lado al contar con un sistema ligero y modular de división espacial, el diseño, **colocación y reparación de instalaciones** básicas no aparentes tanto de agua potable, aguas servidas, energía eléctrica, gas metano, telefonía y defensa contra incendios, así como también instalaciones especiales de voz, datos, monitoreo y seguridad. Resulta mucho mas eficiente y rápido, lo cual contribuye de manera notable al mantenimiento evitando el deterioro que pueda sufrir la edificación.

Además es conveniente destacar la **versatilidad** que tienen estos paneles para conformar espacios que puedan ser fácilmente readecuados sin mayores pérdidas tanto de tiempo como de dinero, considerando que el éxito de estos sistemas secos, es el alto porcentaje de **reutilización** del material luego de ser retirado en una reorganización espacial.

1.4.2.3. Paneles que ofrece el mercado local

Nuestros proveedores de materiales ligeros ofrecen varias alternativas de paneles a base de: yeso, laminados de madera, placas de fibrocemento, etc. De los cuales analizaré las características y la problemática que presenta su utilización en la construcción local.

1.4.2.3.1. TABLERO “GYPSUM”¹¹ o TABLA ROCA



¹¹ El panel de yeso tabla roca, es un material de construcción prefabricado que se presenta en placas de dimensiones moduladas de 1.22 m X 2.44 m y con espesores variables. Es un material muy usado en interiores de edificios para la construcción de paredes divisorias, así como para la construcción de cielorrasos.



Comúnmente conocido en nuestro medio como “Gypsum” o “Drywall”, por su origen norteamericano que significa “yeso” o “pared seca”, ya que los materiales que lo componen no requieren mezclas húmedas. Es un sistema multifuncional no convencional de paneles ligeros, modulados con ejes de fácil estructuración e instalación que está siendo muy utilizado en nuestro medio tanto para ambientes interiores en elementos como muros divisorios, cielorrasos, etc., como en áreas exteriores en ciertos casos.

1.4.2.3.1.1. Elementos del sistema:

Los principales materiales que componen el sistema son:

- Placas de yeso “Gypsum”.
- Estructura de madera o también perfilaría de acero galvanizado.
- Sujeción con tornillería auto-perforante y clavo de acero.
- Cinta de malla o de papel para cubrir juntas.
- Empaste para resanar juntas y alisar la panelería.

1.4.2.3.1.2. Fabricación del producto:

Las placas de yeso se producen en su propia fábrica, en **línea continua de producción**, proceso que comprende desde la molienda y calcinación del yeso hasta el corte de las placas en dimensiones estandarizadas y su embalaje para distribución a los proveedores.

1.4.2.3.1.3. Cualidades:

Térmico.- El **drywall** permite mantener cada ambiente con su propia temperatura, evitando pérdidas de energía en lugares con aire acondicionado o calefacción gracias a su conductibilidad térmica de 0.38 Kcal/mh°C. Con la incorporación de aislantes térmicos como lana de vidrio u otros, en paredes divisorias, cielorrasos y revestimientos de paramentos, se cumplen las más variables exigencias desde el punto de vista térmico.

Acústico.- La ASTM en su proceso E90-75 califica al **drywall** como un sistema de construcción altamente acústico. El control del ruido es lo primero para lograr un ambiente satisfactoriamente acústico, este puede ser controlado por absorción y por



aislación del mismo, La aislación propiamente dicha, es función de los elementos separadores, es aquí donde las paneles muestran un su nivel acústico, teniendo en cuenta su reducido peso. La incorporación de aislantes como lana de vidrio o láminas de plomo, permite obtener las variantes de reducción acústica que se desean.

Antisísmico.- El sistema ofrece mayor seguridad a la presencia sísmica, especialmente cuando es montado sobre estructura de acero, Tiene mejor comportamiento sismo – resistente que otros sistemas. La estructura de acero puede ser diseñada para resistir las fuerzas sísmicas más estrictas de los códigos.

Incombustible.- Las placas de yeso están compuestas por un 20% de agua cristalizada que al entrar en contacto con el fuego, liberan el líquido evitando así su propagación, su núcleo de yeso bihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), retarda la acción del fuego a causa de las dos moléculas de agua de su composición cristalográfica.

Durante el proceso de evaporación, que se verifica del lado opuesto a la llama, se mantiene una baja temperatura.

Los ensayos de resistencia al fuego realizados por el Laboratorium voor Anwenning der Brandstoffen de la empresa Gyproc Benelux, en Warmte-Overdracht de Gent, Bélgica, bajo norma NBN 713.020 (equivalente a la Norma ISO 834), han sido homologadas por el título Nacional de Tecnología Industrial (I.N.T.I.), en los cuales se obtienen resistencias de 1 hora. 2 horas y aún mayores, con respecto al fuego.

1.4.2.3.1.4. Características:

Resistencia.- Según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (I.N.T.I.) La dureza del panel de yeso o gypsum, unida a la resistencia de la celulosa de las láminas de recubrimiento, confiere a las placas una particular solidez, esta afirmación se basa en los ensayos realizados, tanto al impacto sobre probeta vertical (Norma IRAM 11.596), como también la resistencia al impacto de la bola de acero (Norma IRAM 11 595).

Existe una placa especial, con mayor resistencia a la humedad que las normales, ya que en su mezcla de yeso contiene elementos hidrofugantes. Su utilización está indicada en ambientes con alto grado hidrométrico. Esta placa es fácilmente reconocible por su color verde de recubrimiento. Ofrece una excelente base para la aplicación de



cerámica, azulejos y revestimientos plásticos. Se aconseja el uso de placas resistentes a la humedad en locales húmedos como cocinas o baños, etc.

Duración.-

- El sistema es dimensionalmente estable. No se expande ni contrae con los cambios de humedad y temperatura.
- Es inmune a hongos, plagas y roedores.
- La estructura es galvanizada, no se oxida. Su superficie viene con un recubrimiento protector de zinc que garantiza una larga vida.

Peso.-

- Su peso es de **22 a 25 Kg/m² aprox.**

Medidas.-

- La placa de gypsum es de (1.22 m. x 2.44 m.) y tiene una superficie total de (2.98 metros cuadrados) (1.22 x 2.44=2.98).

Datos técnicos:

- Densidad: 800-1000 kgs/m³
- Coeficiente de dilatación lineal: 15×10^{-6} m/m °C
- Resistencia al choque: sometida la cara de la placa a un impacto de 2,5 julios, no presenta rotura ni fisuración, ni huella de diámetro superior a 20 mm (según UNE 102.023)
- Radio de curvatura: $r > 1500$ mm.
- Reacción al fuego: material M1 no inflamable (según norma UNE 23-727-90)

Versatilidad.- El producto permite desarrollar cualquier tipo de proyecto arquitectónico, ya sea volúmenes especiales, divisiones ligeras o cielorrasos.

- El Sistema Drywall es utilizado en toda clase de proyectos, tanto residenciales, como comerciales, industriales e institucionales, ya sea en obras nuevas o en remodelación.



- Dependiendo del calibre de la estructura y del tipo de placa a utilizar, el sistema es adecuado para cielos, divisiones interiores y exteriores, enchapes, fachadas flotantes, aleros y ductos para tuberías.
- Proporciona gran flexibilidad al diseñador en cuanto a formas y diseños. Se adapta a cualquier dimensión.

1.4.2.3.1.5. Distribución y transporte:

Por ser un producto liviano, la distribución se la realiza por medio de transporte terrestre hasta los centros de abasto y luego manualmente en obra empleando el mínimo de dos operarios para su manipulación.

1.4.2.3.1.6. Proceso de instalación:

Se arma el soporte estructural que puede ser a base de madera o de metal galvanizado, luego se colocan las placas de yeso que son atornilladas una a una con tornillos autoperforantes los cuales fijan las placas a la estructura, seguidamente se coloca cinta de malla o de papel en las juntas entre placa y placa para luego ser empastada toda la pared divisoria.

Mano de obra:

Es importante destacar que el personal de instalación, es un grupo humano capacitado para el manejo de las herramientas así como de estos elementos prefabricados los mismos que son manipulados e instalados con un mayor control de calidad y cuidado en su proceso constructivo.

Características de instalación:

Rapidez.- Gracias al corto tiempo de instalación, los costos administrativos y financieros se reducen un 40% en comparación con sistemas de construcción tradicional. Esta solución permite lograr una valiosa reducción de tiempos en la ejecución.

Fijación.- Las placas se fijan a la estructura por medio de tornillos autoperforantes, que permiten hacer el orificio de un diámetro mayor que el del perno del tornillo, dejando un mínimo de movimiento a la placa, por dilatación.



Facilidad.- Con el sistema drywall, las instalaciones (sanitarias, eléctricas, telefónicas, especiales, etc.) van empotradas y se arman simultáneamente con las placas.

Acabados.- De perfecta terminación, el sistema se adapta a los mas variados diseños arquitectónicos. El gypsum puede revestirse, con cerámica, tela, papel o simplemente pintura, lográndose superficies perfectas (Planas o Curvas). También se fabrican placas con una cara imitando la “textura” de la madera

Las juntas se toman con cinta y masilla, lográndose superficies de perfecta terminación.

1.4.2.3.1.7. Reparación.-

Recuperación.- Por las características de construcción, el sistema drywall es recuperable en casi un 70% del material para ser empleado nuevamente.

Control de calidad.- los productos pre elaborados con procesos eco industriales, aseguran el mayor grado de sustentabilidad

1.4.2.3.1.8. Ventajas:

- Es más limpio que otros sistemas constructivos. Por tratarse de un sistema seco, no hay aporte de humedad durante la construcción.
- Por su velocidad de ejecución y limpieza, es ideal para proyectos de remodelación.
- Es de fácil instalación. No requiere de herramientas sofisticadas.
- Las instalaciones eléctricas e hidráulicas son más fáciles y rápidas que en las mamposterías tradicionales.
- Las superficies de cielorrasos y paredes aceptan una gran variedad de acabados y revestimientos.
- Los materiales son más fácil de transportar y manipular que los convencionales.
- La ocupación del espacio público durante la ejecución de la obra es mínima.



1.4.2.3.1.9. Relación costo-beneficio:

- Al ser liviano el sistema, reduce el tamaño de la cimentación y de la estructura.
- Su rapidez y menor tiempo de ejecución se traduce en menor costo financiero.
- Produce muy poco desperdicio lo que representa un ahorro substancial en retiro de escombros y limpieza de obra.
- El acero de la estructura es 100% reciclable
- Minimiza los problemas de posventa y los altos costos asociados con esta actividad.

1.4.2.3.1.10. Problemática generada por los paneles de yeso.

En primer lugar toda la **contaminación generada por la fabricación y ciclo de vida no sustentable de los tableros de yeso**, desde la extracción misma de las materias primas, sus procesos de fabricación y distribución, así como también las **fuertes emisiones contaminantes emanadas**, luego de su aplicación y uso en las áreas interiores de los edificios, y por ende su difusión al medio ambiente en general.

Al respecto de esto, se ha realizado un estudio que presenta una evaluación de las emisiones específicamente de los tableros de yeso que se instalan normalmente como muros de división y plafones en cielorrasos, al interior de un edificio y que originan problemas de salud a corto, mediano y largo plazo a los usuarios de los mismos, debido a las sustancias químicas que estos materiales emiten en situaciones cotidianas de operación, más no en casos de incendios u otros.

“El protocolo de pruebas usado en este estudio se basó en las especificaciones del SER (Special Environmental Requirements) o Requerimientos Especiales para el Medio Ambiente, sección 01350 del CIWM (Manejo Integral de Desechos del Estado de California, Comisión de Energía de California, CEC, EUA, 2001), las cuales no tienen equivalencia en México, es decir, no existen normas mexicanas para el estudio de emisiones específicamente de materiales de construcción, por lo que se decidió usar las normas de estado de California, que inclusive es uno de los pocos estados en Estados Unidos que tienen esta norma; la norma oficial mexicana NOM-085-ECOL-1994, solo señala las emisiones a la atmósfera en relación a los contaminantes que calientan la tierra y que dañan a la salud pública, pero no se especifican procedimientos para saber



las emisiones de contaminantes por materiales de construcción. Estas especificaciones (de California) incluyen procedimientos de pruebas de emisiones y requerimientos para la certificación de materiales reciclados. Esta sección 01350 ha sido re- editada y revisada para usarse en proyectos de edificios en los Estados Unidos, en instituciones como la CHPS (Colaboración para el Mejoramiento de Construcción de Escuelas), quienes han publicado un manual para prácticas alternativas (Best Practices Manual, 2002).”¹²

Los factores de emisión se fueron determinando mediante pruebas de laboratorio en un cuarto que simula el ambiente al interior del edificio. Estos factores de emisión pueden ser usados para estimar concentraciones de COV (compuestos orgánicos volátiles) en construcciones tanto nuevas como renovadas (CHSC, 2005:125). Para el presente estudio el tamaño del CPE (cuarto de pruebas de emisiones) se utilizó dimensiones de 3.05 m X 3.66 m X 2.74 m (30.58 m³), con una ventilación de 0.9 cambios de aire por hora (cah), por favor véase la tabla siguiente en donde se resumen las características y dimensiones del cuarto de simulación. El material de construcción fue evaluado, (tablero de yeso), mediante la comparación de las concentraciones pronosticadas

Resumen de las dimensiones usadas en el cuarto o cámara de pruebas de la oficina (estación de trabajo)
Dimensiones del cuarto Longitud: 3.05 m; ancho: 3.66 m; altura: 2.74 m
Dimensiones de ventana y puerta Puerta: 0.90 m X 2.10 m Ventana: 1.20 m X 1.20 m
Factores usados en el cálculo de la concentración de aire Volumen del cuarto: 30.58 m ³ , menos un 10 % para el mobiliario= 27.53 m ³ Velocidad de ventilación: 0.9 cambios de aire por hora (cah)
Superficies interiores En pisos: 11.16 m ² En techos: 11.16 m ² En paredes: 36.76 m ² - 2.72= 34.04 m ² Ventana: 1.44 m ² Puerta: 1.89 m ²

Tabla 1. Dimensiones usadas en el cuarto o cámara de pruebas (CPE)

¹² Pruebas y resultados de emanaciones del producto. Dictamen



Nota técnica de resultados: No se detectaron esporas de moho en ningún caso, usando el microscopio electrónico de barrido.

Material probado	Excedió la sección 01350	No excedió la sección 01350
Tablero de yeso	Material tradicional (yeso y cartón sin contenido reciclado)	Material alternativo (contenido reciclado de yeso del 5 % y del cartón del 100 %)

Tabla 2. Cumplimiento con la sección 01350

La tabla 3.- muestra el número de sustancias químicas que se excedieron en los límites de concentración, a los NMC y ESAC, según el criterio de la norma de la sección 01350.

Nótese que en la tabla 3 se especifica la sustancia química que está rebasando o excediendo el límite de concentración para la prueba de 96 hr de emisión de compuestos químicos, que para este caso es el formaldehído.¹³

Material probado	Tipo de material	Límites de concentración según la sección 01350	De los NMC	De los ESAC	Valores para el umbral del olor	Límites parciales de concentración
Tablero de yeso	Tradicional	1 (formaldehído)	0	1 (formaldehído)	-	-
	Alternativo	0	0	0	-	-

Tabla 3. Número de sustancias químicas que se excedieron en los límites de concentración y otros criterios referidos

La tabla 4.- muestra un estudio de los metales desprendidos, que no rebasan, y que se encuentran dentro de los límites de concentración de la sección 01350, resultados obtenidos mediante la prueba de análisis de espectroscopia de energía dispersa mediante el microscopio electrónico de barrido.

Cabe señalar que no se encontraron muchas diferencias en estas sustancias entre el tablero de yeso tradicional y el de contenido reciclado o alternativo. Se dedujo que las fibras de celulosa encontradas en el material tradicional, pueden ser muestra de posible contaminación en el proceso de producción del material.

¹³ Compuesto orgánico ternario que se forma como primer producto de la oxidación de ciertos alcoholes; particularmente es un gas incoloro de olor picante, resultante de la oxidación del alcohol metílico.



Por otro lado no se encontraron rastros o partículas de esporas de moho en ninguno de los dos tipos de material (tanto en el reciclado como en el tradicional).

Prueba sobre el tablero de yeso	Metales encontrados	Otras partículas
Prueba de análisis de espectroscopia de energía dispersa	Estroncio, cobre, zirconio, zinc, manganeso, uranio, cromo, níquel, estaño, plomo y cobalto.	Fibras de celulosa.

Tabla 4. Otras sustancias como metales y fibras encontrados en los rastros de las prueba de límite de concentraciones para el tablero de yeso, que no exceden la sección 01350

La **tabla 5.-** muestra los factores de emisión en $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ hr}$ a 96 hr, de las sustancias químicas desprendidas de los tableros de yeso (tradicional y alternativo). Nótese que también se emiten sustancias como acetona y nonanal, los cuales no exceden los límites de la sección 01350.

Sustancia química emitida	Tablero de yeso tradicional	Tablero de yeso alternativo
Acetona	35	0
Nonanal	2.7	2.1
Formaldehído	19 (excede la norma)	0

Tabla 5. Factores de emisión en $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ hr}$ de las sustancias químicas emitidas por los dos tipos de tablero de yeso a 96 horas

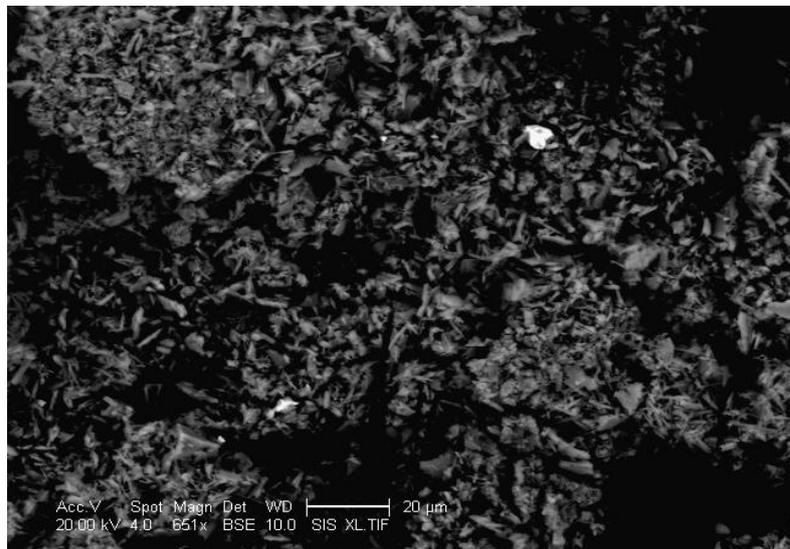


Figura 1. Partícula de estroncio (metal) embebido en el yeso del material de estudio (punto que brilla en la parte de arriba y ligeramente a la derecha)

La figura 1 muestra una foto tomada con un microscopio electrónico de barrido, de una muestra del material de yeso del tablero en donde se encontraron partículas de



estroncio (como la que brilla en la figura en la parte de arriba ligeramente a la derecha) y que aunque se presenta embebido en el material, este no representa daño alguno, ya que no excede los límites de concentración de la sección 01350 para este tipo de partículas y sustancias químicas.

En este estudio no se mencionan especificaciones técnicas de los tableros de yeso ni los fabricantes, ni las marcas, por obvias razones; además los resultados no deben ser usados para fines de recomendaciones en la selección de materiales y productos de manera aislada. El estudio solo se centra en las emisiones de sustancias peligrosas derivadas exclusivamente de la materia prima empleada solamente del panel de yeso; la norma técnica recomienda realizar por separado la evaluación de los materiales en el caso que se requiera conocer las emisiones de los acabados del panel.

Este estudio y resultados dependen también, de las medidas del cuarto en donde se realicen las pruebas, asimismo de las superficies de los interiores, del equipo de laboratorio usado, de los métodos particulares empleados, de las variaciones mismas en que algunas sustancias químicas se manifiestan, de las pruebas y análisis experimental empleados, de tipo de acabados en el mobiliario, ventilación, temperatura, humedad, tipo de producto, marca y origen.

Como conclusiones de las pruebas tenemos¹⁴:

- El tablero de yeso de tipo alternativo o sustentable, hecho con materiales reciclables presenta menores emisiones de contaminantes que los tableros de yeso tradicionales.
- El tablero de yeso tradicional emite sustancias químicas nocivas al medio ambiente y al interior de los edificios, y particularmente excede los límites de concentración en el aire de la sección 01350 de una sustancia, el formaldehído.
- Los fabricantes deben mejorar sus productos para minimizar las emisiones sobre todo en sustancias como: formaldehídos, naftaleno y acetaldehído.
- Se obtienen mejores resultados sí se aplican los mismos métodos de análisis para ambos productos (tableros de yeso tanto tradicional como alternativo).
- Las pruebas deben ser, sin embargo, analizadas por varios laboratorios calificados para encontrar mejores resultados.

¹⁴ Pruebas y resultados de emanaciones del producto. Dictamen



- Las pruebas pueden variar dependiendo de las condiciones físicas del entorno y químicas de los productos. De hecho si las condiciones físicas varían bruscamente, si puede haber emisiones más aceleradas respecto a las sustancias que se desprenden, por ejemplo, las condiciones donde mayor variación se pueden presentar son respecto a la humedad, seguida de la temperatura. Cabe señalar que las sustancias emitidas, seguirían siendo las mismas, por supuesto, solo va a variar el grado de emisión en $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ hr}$; por ejemplo para el caso específico del formaldehído a 24 hrs, se emitiría una cantidad de $4.75 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ hr}$, en dado caso que la temperatura, aumentara de 22° a 27° , es decir, 5° , los cuales ya son significativos. Cabe señalar que la emisión de estas sustancias nocivas son a mediano y largo plazo y que la cantidad emitida finalmente solo se retrasa o adelanta según las condiciones de físicas del lugar, pero la cantidad al final será la misma.
- Las emisiones de los materiales también puede variar de acuerdo con el periodo de fecha de fabricación del material o producto hasta la ejecución de las pruebas, asimismo por su empaquetado y almacenado; de ahí que para el caso de estudio, los productos se mantuvieron 10 días antes del inicio de las pruebas de 96 hr. Aún así hubo pequeñas diferencias entre unos y otros productos.
- La sección 01350 de la norma del CIWM (Manejo Integral de Desechos del Estado de California) puede ser usada también en México, para el estudio de este tipo de emisiones en materiales similares, ya que los productos están elaborados bajo las mismas normas internacionales de calidad y certificación.
- Este estudio no aborda criterios de sustentabilidad de los materiales más que el contenido de reciclados en los materiales alternativos y las emisiones de VOC en los materiales instalados y probados; por ejemplo, este estudio no reporta emisiones generadas durante la fabricación de los materiales, ni su transporte al mercado, ni su empaquetado ni tampoco el factor de contaminación microbiano.
- Por tanto se recomienda el uso de materiales ecológicos y de origen reciclado para disminuir las emisiones de contaminantes tanto al interior de los edificios como a la atmósfera.

Por otro lado, el simple hecho de tratarse de un producto importado para nuestra región, ya genera una serie de inconvenientes y desventajas como por ejemplo:



- Altos costos de importación
- Especulación de precios en distribuidores.
- Desabastecimiento de material (esperar las próximas importaciones)
- Dependier de mano de obra calificada en el extranjero para ese tipo de panelerías, esto concretamente en la etapa inicial cuando se conoció el sistema.
- Tener una modulación no acorde a nuestro sistema de medidas.

1.4.2.3.2. TABLERO “OSB”



Conocido con el nombre de tablero estructural de tiras de madera orientadas perpendicularmente, Los tableros OSB entraron al mercado en 1981, desplazando al antiguo tablero de obleas. La industria de productos OSB está bien establecida y crece velozmente. Para finales de 2005, la industria mundial habrá llegado a 77 aserraderos (39 en EE. UU., 25 en Canadá y 13 en otros países), con una producción combinada de 27 millones de metros cúbicos. Se espera que, para 2008, existan más de 85 aserraderos en todo el mundo.



Con siglas OSB (Oriented Strand Board), es un producto de muy buenas características físico-mecánicas, son tableros estructurales adecuados para una gran variedad de trabajos de construcción y usos industriales.

1.4.2.3.2.1. Elementos del sistema:

Los principales materiales que componen el sistema son:

- Tablero de tiras de madera.
- Estructura de madera o también perfiles de acero.
- Tornillería adecuada.

1.4.2.3.2.2. Fabricación del producto:

Están formados por bandas, hechos de tiras cortadas longitudinalmente, provenientes de leños de árboles de poco diámetro y de crecimiento rápido, aglutinadas bajo determinada temperatura y presión con un adhesivo externo. A través de este proceso de ingeniería altamente automatizado, los tableros son controlados y probados permanentemente para verificar sus niveles de acuerdo con las normas de calidad establecidas.



Los tableros OSB se hacen de álamo temblón, álamos, pino amarillo del sur o de una mezcla de maderas duras con maderas suaves. Los leños se descortezan y cortan en trozos más pequeños, antes de pasar por el cortador en tiras. Los desechos y la corteza alimentan el sistema de generación de energía del aserradero. El cortador troza los leños en tiras orientadas longitudinalmente en el sentido del grano de la madera. El tamaño de las tiras se fija según el proceso, y éstas tienen un grosor uniforme. La mayoría de los aserraderos de la asociación usan una combinación de tiras que miden desde 90 hasta 150 mm de largo y aproximadamente 25 mm de ancho. Luego, las tiras se ponen a secar y se clasifican. Antes de formar el tablero, las tiras se mezclan con cera y un adhesivo externo a prueba de agua (por lo general es un adhesivo de resina fenólica o de isocianato). Estos adhesivos a prueba de agua y de hervor permiten que el tablero tenga resistencia interna, rigidez y resistencia a la humedad.



En el proceso de formación, las tiras se orientan en capas. Por lo general, las tiras de la superficie del tablero se orientan a lo largo del mismo, para mayor resistencia a la torsión y rigidez en esta dirección (vea la figura 2). Las dos o tres capas internas por lo general van en sentido perpendicular a la capa superior, como la madera contrachapada.

Después de formar la banda de tiras, esta se somete a presión y a altas temperaturas, para formar un tablero estructural rígido y denso, luego los tableros se dejan enfriar, se cortan al tamaño correcto, se rotulan con su grado, se apilan y se recubren sus bordes para su embarque.

1.4.2.3.2.3. Cualidades:

Térmico.- La resistencia térmica de un material es la medida de la resistencia que ofrece a la transmisión de calor a una velocidad fija. Es proporcional a la densidad y al grosor del material. La Tabla 4 indica los valores de resistencia térmica de productos OSB de varios grosores.

Incombustible.- Tanto SBA como APA han sometido los tableros OSB a pruebas para determinar su resistencia al fuego y el nivel de dispersión de las llamas. Estas pruebas han sido efectuadas, en laboratorios de pruebas de incendio reconocidos. Los resultados indican que los tableros OSB, como la madera contrachapada, se pueden emplear como cubiertas externas para las paredes exteriores que deban cumplir con los códigos sobre incendios. Sin embargo, las autoridades que aplican esos códigos pueden exigir que los espacios entre los pies derechos y los tableros estructurales de madera que se usen en las paredes, se llenen con aislantes ignífugos, como la lana mineral. Los tableros estructurales de madera pueden instalarse entre la armazón y las cubiertas ignífugas de las paredes, siempre que a la longitud del clavo o tornillo que se use para fijar la protección ignífuga se le sume la medida del grosor del tablero.

1.4.2.3.2.4. Características:

Resistencia.- Los tableros OSB tienen gran resistencia a la torsión, gracias al entretrejo continuo de fibras largas y a la orientación de las fibras de las capas externas.

Resistencia a la humedad.- Como con todos los productos de madera, los tableros OSB reaccionan a los cambios y a las condiciones de humedad. Según las normas



de Norteamérica, los productos de OSB deben mantener su fortaleza y rigidez en condiciones normales de humedad, conocidas como “condiciones estándar” que vienen a ser una temperatura de 20 grados centígrados y un 65 por ciento de humedad relativa. Ésta es la condición típica de las construcciones resguardadas. Además, se exige que los productos de OSB mantengan su fortaleza y rigidez cuando se vean expuestos a los elementos durante los largos períodos de inactividad en la construcción.

Peso.- El peso aproximado de los tableros OSB se puede calcular en base a los valores de la Tabla 4. Dichos valores se basan en una densidad de 640kg/m³ (40 lb./pie³). La densidad puede variar según el fabricante y las condiciones de humedad al momento del embarque.

Medidas.- Los tableros de OSB, de rendimiento calibrado, están diseñados específicamente para cubiertas de pisos, techos y paredes en construcciones con armazones de madera. Vienen en hojas de 1220 x 2440 mm (4' x 8') o cortados al tamaño deseado. Existen tableros hasta de 2440 x 7320 mm (8' x 24') para usos industriales, disponibles por pedido. Algunos aserraderos nuevos fabrican tableros maestros hasta de 3660 x 7320 mm (12' x 24') o de otros tamaños especiales.

Versatilidad.-

Grosor nominal del tablero (mm)	Peso (N/m ²)	Resistencia térmica (m ² °C/w)	Permeabilidad al vapor (ng/(Pa•s•m ²))	Grado de difusión de las llamas ¹	Índice de emisión de del humo ¹
9.5	60	0.08	145	148	137
11.0	69	0.09	120	148	137
12.5	79	0.11	85	148	137
15.5	97	0.13	65	148	137
18.5	116	0.16	652	148	137

Tabla 6. Propiedades físicas del tablero OSB

1.4.2.3.2.5. Proceso de instalación:

Rapidez.- Su instalación es fácil y rápida, lo cual reduce los costos en función del tiempo, también evita los revoques logrando acabados mucho más rápidos.



Fijación.- Los tableros OSB, también se fijan a la estructura por medio de tornillos autopercutoras, o inclusive clavos si es que esta, es decir la estructura es de madera.

Acabados.- Al tablero de OSB se le puede dar un acabado con cualquier pintura de buena calidad, que sirva para madera. Para un mejor resultado, se debe preparar o sellar la superficie antes de pintarla. Para los trabajos en exteriores, el mejor acabado es un sistema de pintura para madera, para exteriores, de buena calidad (base y capa superior), que se aplique según las instrucciones del fabricante. Las pinturas monocromáticas protegen mejor al tablero contra los elementos, y la textura de las tiras crea un hermoso efecto visual. Se recomienda usar una pintura de látex acrílico para exteriores, de buena calidad, con la base que le corresponda, que el fabricante indique que resisten a las manchas o que las bloquean.

El tablero OSB también acepta todo tipo de tintes de acabado. Sin embargo, los tintes no protegen bien a la superficie contra los elementos, en comparación con la pintura, por lo que a veces se pueden levantar las tiras del tablero. Los tintes son más adecuados para cercas, casas de veraneo y otros trabajos que acepten una apariencia rústica. Los tableros lijados tienen una apariencia parecida al mármol y tienen menos textura que los tableros sin lijar. Puesto que los barnices, los tintes y las pinturas penetran más rápido en los tableros lijados, se recomienda aplicar dos manos de pintura de base o de sellador antes de aplicar el acabado. Cuando aplique la pintura o el barniz, lije las superficies ligeramente entre capa y capa; no lije la superficie a la que haya aplicado tinte.

Control de calidad.- Cada productor es responsable de la calidad del tablero OSB que fabrica. Cada aserradero, cuenta con un programa interno de control de calidad para asegurarse de que el producto final cumpla o supere el grado requerido según la norma correspondiente y las especificaciones del aserradero. Los programas del aserradero cuentan con el respaldo de programas de control de calidad y de auditoría realizados por terceros. Se adopta el concepto de “Calidad Total”. El mismo comienza desde que se cortan los árboles en el bosque, hasta que el aserradero envía el producto terminado, a la satisfacción del cliente. El equipo de control computarizado, de avanzada, resulta muy valioso a la hora de efectuar procesos de control de calidad internos, ya que supervisa y ajusta las variables del proceso en forma constante.

El personal de control de calidad de la planta supervisa el proceso y presta atención a la selección de los leños según su especie, tamaño y contenido de humedad; según



la geometría y el grosor de la tira; según el contenido de humedad de la tira después del secado; a la mezcla uniforme de las tiras, la adición de aglomerantes de resina y la cera; y al formado uniforme de la banda que entra a la prensa, así como la temperatura, presión, velocidad de cierre, densidad y control del grosor de la prensa.

El personal de control de calidad inspecciona regularmente las caras, los bordes y las dimensiones del tablero después de cortarlo, así como su apariencia física. También realiza análisis físicos de los tableros según los procedimientos de prueba normalizados, según se requiera, para verificar que la producción se ajuste a la norma aplicable y a las especificaciones del aserradero. Además de los procesos de la empresa y del control de calidad, los fabricantes que producen productos regulados por la norma O325 de CSA o que desean exportarlos a los Estados Unidos, deben haber realizado inspecciones y pruebas según O325.1 de CSA y/o la norma de rendimiento PS 2 de EE. UU. por terceros, y contar con un certificado de calidad emitido por una agencia autorizada.

1.4.2.3.2.6. Normas de certificación:

Los OSB están regulados por la norma O437.0 de CSA, aparecen en el Código Nacional de Construcción Civil de Canadá (National Building Code of Canada, o NBCC) y en todos los códigos provinciales. El NBCC considera al tablero OSB de grado O-2 como un elemento estructuralmente equivalente a la madera contrachapada, cuando se usa como cubierta para techos, paredes y pisos. Esta entidad también certifica que las cubiertas para la construcción cumplen con la norma O325.0 de CSA. El funcionamiento de estos tableros como bajo-piso, cubierta para techos y para paredes se somete a pruebas de desempeño. Aunque para hacer cubiertas de construcción se puede usar cualquier material de madera, por lo general los tableros OSB se certifican según CSA O325.0

1.4.2.3.2.7. Ventajas y desventajas:

Dentro de las ventajas podemos citar algunas de las que ya observamos con los paneles de yeso:

- El acabado es más limpio que otros sistemas
- Velocidad de ejecución.
- Es de fácil instalación.



- Facilidad en instalaciones eléctricas e hidráulicas.
- Se usa en cielorrasos y paredes
- Estos tableros también son fáciles de transportar y manipular.

A si mismo como desventajas podemos acotar algunas:

- Elevados costos por su importación
- Dimensiones que obedecen a una modulación estadounidense.
- Problemas de desabastecimientos repentinos.
- También la especulación en los precios. Etc.etc.

1.4.2.3.2.8. Relación costo-beneficio:

- Su rapidez y menor tiempo de ejecución se traduce en menores costos
- Evita el desperdicio lo que representa también ahorro en la obra.
- La estructura para el conformado del sistema o muro divisorio también es reciclable y reutilizable

1.4.2.3.2.9. Problemática generada por los paneles de OSB.

Personalmente considero que uno de los principales problemas es el uso de los arboles y los bosques en general como materia prima para la elaboración de los tableros, que si bien es cierto son especies de crecimiento rápido propias para el efecto, y que además las empresas productoras siguen ciertas normas de sustentabilidad para el cultivo y manejo del recurso, es importante acotar también que el sistema de mono cultivo afecta al suelo y por ende al medio ambiente que lo rodea.

Por otro lado en el tema seguridad especialmente en el caso de incendios, el tablero OSB, puede tener su efecto ligeramente retardante, pero esto no será suficiente para evitar que el material se llegue a desintegrar poniendo en riesgo a los ocupantes de la edificación.



1.4.2.3.3. TABLERO “ETERBOARD”



Fuente: muros con placas de fibrocemento¹⁵

PLACA PLANA ETERBOARD.- Es un tablero de fibrocemento fabricado con alta tecnología a base de cemento portland, fibras naturales y aditivos, presenta un color gris claro con una cara de textura lisa y la otra cara de textura rugosa. ¹⁶

1.4.2.3.3.1. Elementos del sistema Eterboard:

Los principales materiales que componen el sistema son:

- Cemento portland
- Sílice
- Fibras naturales
- Aditivos.
- Estructura de perfiles de acero galvanizado.
- Tornillería adecuada.

1.4.2.3.3.2. Fabricación:

Es un tablero multiuso de fibrocemento, sílice y fibras, los cuales mediante un proceso de autoclavado se someten a altas presiones y temperaturas, obteniéndose un producto con un nivel de estabilidad dimensional y resistencia adecuada.

¹⁵ Eternit Ecuatoriana javier_flores@eternit.com.ec

¹⁶ <http://www.eternit.com.ec> - Eternit Ecuatoriana Powered by Mambo Generated: 5 December, 2007.



1.4.2.3.3.3. Cualidades:

- Resiste al fuego y humedad.
- Inmune a polillas y plagas.
- Excelente aislante térmico y acústico.
- Fácil y rápido de instalar.
- Liviano

1.4.2.3.3.4. Características:

Resistencia.- Los tableros.

Peso.- El peso del tablero es de

Dimensiones.- Sus dimensiones son estándar de 1.22 x 2.44 m. permitiendo modulaciones compatibles con otros elementos de construcción.

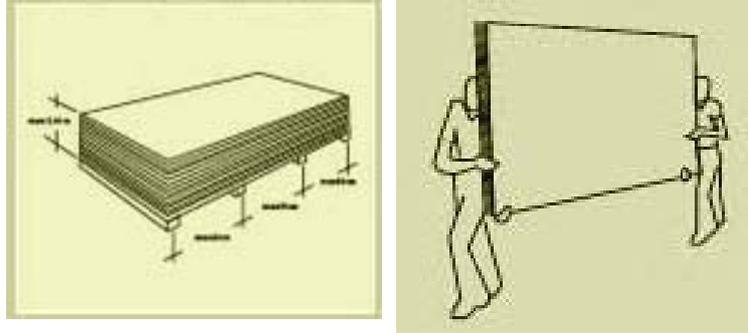
Espesores y aplicaciones.- Por sus características, las placas ETERBOARD pueden ser usadas en elementos constructivos interiores y exteriores, en residencias, edificios, locales comerciales, agrícolas, bodegas y todo tipo de edificaciones en general.

ESPESOR mm	FORMATO mm	PESO kg/uni.	Usos recomendados Descripción
4	1214x605	4,12	Cielos rasos suspendidos
4	1220x1220	8,35	Cielos rasos suspendidos ,muebles tableros o puertas
6	2440x1220	26,58	Cielos rasos clavados ,revestimientos interiores, muros curvos.
8	2440x1220	35,44	Muros interiores ,aleros, cielos rasos a junta perdida casetas sanitarias, ductos ,formaletas
10	2440x1220	44,3	Fachadas, bases para techos ,mesones, estanterías, muros en zonas húmedas y alto trafico
14	2440x1220	62,02	Fachadas, entrepisos, bases para techos, Mesones, estanterías.
17	2440x1220	75,31	Entrepisos, estanterías, mesones.
20	2440x1220	88,6	Entrepisos, estanterías, mesones.

Tabla 7. Espesor, tamaño, peso y usos del Eterboard.



Almacenamiento.- Las placas ETERBOARD deben ser almacenadas bajo techo en un lugar fresco y ventilado, además deben estar apiladas en forma horizontal.



Traslado.- el traslado de estas placas, debe hacerse en forma vertical entre dos personas manipulando la placa del lado largo, nunca del lado corto ni de las esquinas.

1.4.2.3.3.5. Proceso de instalación:

Para perforar la placa se debe usar brocas para metal y el diámetro del hueco deberá ser de 1mm mayor que el diámetro del tornillo o calvo a colocarse.

Antes de atornillar o clavar se recomienda perforar la placa, el tablero se fija con 34 tornillos autoperforantes de 1 ¼”.

1.4.2.3.3.6. Normas de certificación:

Los tableros de fibrocemento ETERBOARD están regulados por las normas de certificación internacional:

- ISO 9001:2000
- ISO 14001

1.4.2.3.3.7. Problemática generada por los paneles de fibrocemento.

Primeramente el solo hecho de mantener como elemento de composición principal el cemento portland, sabemos que existe un gran porcentaje de contaminación por los procesos de producción y fabricación del cemento como tal,



Según estudios realizados en el Este de Arabia Saudita sobre los efectos pulmonares dañinos por la exposición al cemento portland, los autores: Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA y colaboradores, sostienen que la constante exposición al polvo de cemento en el lugar de trabajo origina alteraciones crónicas de las vías respiratorias que se manifiestan con tos, disnea y bronquitis crónica. Los registros relacionados con la industria en AS (Arabia Saudita), son escasos y, según los autores, no hay ninguna información acerca de estos efectos dañinos.¹⁷

En la actualidad, añaden, existen en dicho país 10 industrias que lo producen; 3 de ellas están en la provincia oriental; en este estudio transversal se seleccionó aleatoriamente una de ellas. Los objetivos fueron determinar la prevalencia de síntomas respiratorios y de enfermedades así como los cambios radiográficos compatibles con neumoconiosis en los pulmones de los trabajadores expuestos al cemento en las fábricas que lo producen.

Sujetos y métodos de estudio

La cohorte de estudio incluyó 150 hombres expuestos al cemento seleccionados sistemáticamente (1 de cada 5) y un grupo control de 355 trabajadores no expuestos al polvo, en otras empresas. Los autores recuerdan que las mujeres de AS no trabajan en fábricas.

Se aplicó el British Medical Research Council's Questionnaire on Respiratory Symptoms (MRC) con el agregado de preguntas adicionales relevantes para el objetivo del estudio.

La disnea se clasificó en 5 niveles de gravedad según el MRC, desde I (ausencia de disnea) hasta V (disnea en reposo o al vestirse). Las radiografías se analizaron según el sistema International Classification of Pneumoconiosis ILO 1980. Las categorías 0/1 y 1/0 se consideraron como presunta neumoconiosis.

La concentración de polvo respirable se determinó con el método gravimétrico. Los trabajadores expuestos se dividieron por zonas de exposición (zonas hipotéticas en las cuales los empleados realizan tareas similares). El número de muestras obtenido para cada zona de exposición se estableció en proporción al número de trabajadores en el

¹⁷ Efectos pulmonares de la exposición ocupacional al cement Portland, en el Este de Arabia Saudita, autores: Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA y colaboradores.



área. En ocho muestras también se analizó el contenido de polvo de sílice mediante difracción de rayos X.¹⁸

Resultados

La concentración de polvo respirable osciló entre 2.13 mg/m³ en los hornos y 59.52 mg/m³ en el área de las canteras. En 92 de las 97 muestras (94.9%) el nivel excedió la concentración máxima permitida por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), de 5 mg/m³ de aire. La media geométrica de polvo respirable fue dos veces más alta o incluso mayor que el umbral establecido por la ACGIH en tres áreas de la compañía (canteras, molinos y zona de embalaje del cemento).

El contenido de cuarzo osciló de 0 en la bauxita y ladrillo refractario a 3.9% en la arcilla. La concentración de cuarzo en el aire fue de 0.16 mg/m³ en áreas de trituración en canteras a 34.1 mg/m³ en la zona de barrenado.

La quinta parte de los trabajadores expuestos tuvieron disnea de grado II o más grave, en comparación con 13.3% de los controles (diferencia no significativa). Sólo dos sujetos expuestos (1.3%) presentaron disnea de grado IV, respecto de 3.1% de aquellos no expuestos.

Más de la tercera parte de los trabajadores con exposición (35.3%) refirieron episodios de bronquitis aguda y un 10.7% adicional tuvieron antecedente de crisis asmáticas, índices muy superiores a los registrados en sujetos no expuestos (RR 2.67 y 3.16, respectivamente). Además, un número sustancialmente mayor de individuos expuestos refirieron ataques agudos de ambos trastornos respecto de los no expuestos (RR 5.41). Entre los trabajadores con exposición ocupacional y antecedente de episodios previos de bronquitis aguda o asma, 9.4% y 56.3%, respectivamente, reunieron definiciones de patologías respiratorias.

La comparación de los niveles acumulados de polvo de cemento a los cuales los sujetos sintomáticos y asintomáticos estuvieron expuestos mostró valores considerablemente más altos en el primer grupo; sin embargo sólo se registraron diferencias significativas en términos de sibilancias (p 0.0268) y falta de aire (p 0.037). Asimismo, los niveles

¹⁸ Efectos pulmonares de la exposición ocupacional al cement Portland, en el Este de Arabia Saudita, autores: Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA y colaboradores.



acumulados de exposición en pacientes con enfermedades respiratorias fueron más altos que en trabajadores sin estas patologías; en algunas oportunidades, más del doble. Hubo significación estadística en el caso de asma bronquial (p 0.037).

La presencia de tos y expectoración mostró correlaciones positivas con las variables de evolución y hábito de fumar. Las sibilancias, con falta de aire o sin ella, se asociaron significativamente con la concentración de polvo (odds ratio, OR de 1.20 y OR de 1.23, respectivamente). Entre las enfermedades respiratorias investigadas sólo el asma bronquial (no así la bronquitis) se relacionó sustancialmente con la concentración de polvo (OR de 1.23).¹⁹

Discusión

La exposición a polvo ocupacional se sabe que es un importante factor etiológico en la aparición de síntomas de bronquitis. Sin embargo, en adultos de edad avanzada se vio que los efectos aditivos de la exposición al polvo, la edad y el hábito de fumar son inferiores a la suma de dichos factores separadamente.

En este estudio, la prevalencia de disnea al esfuerzo fue de 23.2% entre los trabajadores expuestos y de 13.3% en los no expuestos. La tos y la expectoración surgieron, en el modelo de regresión logística, relacionadas con el hábito de fumar. Los episodios de bronquitis o asma también fueron más prevalentes entre los trabajadores expuestos. Además, aquellos con sibilancias o falta de aire o con diagnóstico de asma tuvieron exposición acumulada promedio mayor al polvo.

Los hallazgos permiten suponer fuertemente que el cemento es la causa de las manifestaciones respiratorias. La prevalencia de neumoconiosis 1/0 fue de 2.6%. Tres de los pacientes estuvieron expuestos a polvo con cristales de sílice en concentración de 8.3 mg/m³ de aire y a niveles acumulados de polvo desde 36.6 a 410 mg/m³.

La incidencia de neumoconiosis declinó notablemente en los países industrializados en virtud de las medidas de control ambiental, pero probablemente hoy sea la enfermedad ocupacional más común en los países en vías de desarrollo. La patología usualmente tiene un período de latencia prolongado pero la exposición

¹⁹ Efectos pulmonares de la exposición ocupacional al cemento Portland, en el Este de Arabia Saudita, autores: Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA y colaboradores.



corta a grandes cantidades de polvo puede ejercer efectos deletéreos en períodos más breves.²⁰

Conclusiones y recomendaciones

Los hallazgos de este estudio confirman un elevado nivel de polvo de cemento en el ambiente laboral, con mayor prevalencia de sibilancias, falta de aire y asma respecto de sujetos no expuestos.

Para mejorar las condiciones de trabajo y promover la salud debe adoptarse un enfoque multidisciplinario que incluye, entre otras, medidas industriales destinadas a reducir el polvo en el ambiente laboral y el monitoreo de los trabajadores expuestos. Aunque cualquier programa de control es costoso, a largo plazo es eficaz, concluyen los expertos.²¹

1.4.2.4. Cuadros comparativos de los productos:

1.4.2.4.1. Cuadro de Características de los tableros analizados:

Características:	TABLA ROCA (Gypsum - Yeso).	OSB (Fibras de madera)	ETERBOAR (Fibro cemento)
Dimensión	1.22 x 2.44 m	1.22 x 2.44 m	1.22 x 2.44 m
Espesor	12,7mm.	12,7mm	10mm.
Área del tablero	2,98 m ²	2,98 m ²	2,98 m ²
Peso del tablero Kg./unid.	22 a 25 kg.	79 N/m ²	44.30 kg.
Peso kg./m ²	7,38 kg/m ²	79 N/m ²	14,87 kg/m ²
Procedencia	Usa, Chile, Colombia.	Usa, Canadá.	Colombia.

Fuente del autor: Cuadro 1.

²⁰ Efectos pulmonares de la exposición ocupacional al cement Portland, en el Este de Arabia Saudita, autores: Ballal SG, Ahmed HO, Ali BA y colaboradores.

²¹ Resumen objetivo elaborado por el comité de Redacción Científica SIIC (Sociedad Iberoamericana de Información Científica) en base al artículo original completo, publicado por la fuente editorial.



Características:	TABLA ROCA (Gypsum - Yeso).	OSB (Fibras de madera)	ETERBOAR (Fibrocemento)
Almacenaje o estiba	Horizontal	Horizontal o vertical	Horizontal
Traslado terrestre	Vehículo de carga	Vehículo de carga	Vehículo de carga
Traslado manual en obra	Vertical entre dos obreros	Vertical entre dos obreros	Vertical entre dos obreros
Normas internacionales:	(Norma IRAM 11595). (Norma IRAM 11 596). UNE 23-727-90)	CSA O325.0 CSA O437.0 (National Building Code of Canada, o NBCC)	ISO 9001:2000 ISO 14001

Fuente del autor: Cuadro 2.

1.4.2.4.2. Cuadro de Usos de los tableros analizados:

Usos:	TABLA ROCA (Gypsum - Yeso).	OSB (Fibras de madera)	ETERBOAR (Fibrocemento)
Pared de división interior	X	X	X
Pared de división exterior		X	X
cielorrasos	X	X	X
pisos		X	
Base de cubiertas		X	X
Detalles decorativos	X	X	X

Fuente del autor: Cuadro 3.

1.4.2.4.3. Cuadro de Cualidades de los tableros analizados:

Cualidades:	TABLA ROCA (Gypsum - Yeso).	OSB (Fibras de madera)	ETERBOAR (Fibrocemento)
Resistencia.	menor	mayor	regular
Flexibilidad.	mayor	menor	regular
incombustibilidad	regular	menor	mayor
Rapidez de instalación	mayor	mayor	mayor
Acabado propio del tablero	No tiene	Si tiene	No tiene
Acabado final en obra	Empaste y pintura	Sellador, laca, Empaste y pintura	Empaste y pintura

Fuente del autor: Cuadro 4.



1.4.2.4.3. Cuadro de Costos en dólares de los tableros analizados:

Costos en dólares:	TABLA ROCA (Gypsum - Yeso).	OSB (Fibras de madera)	ETERBOAR (Fibro cemento)
Tablero de 12mm. de espesor aprox.	\$ 10.00	\$24.50	\$ 18,34
M. O. de Instalación de m2.	\$ 5.00	\$ 4.00	\$

Fuente del autor: Cuadro 5.

Como conclusión de este capítulo luego de conocer nuestro ancestro constructivo que esta por desaparecer y las deficiencias que tienen los sistemas importados de panelería ligera, surge la necesidad de proponer el desarrollo de un nuevo sistema de construcción propio, fortaleciendo tanto de la industria limpia como de la mano de obra local, sobre todo si se cuenta con los recursos naturales necesarios para generar industria sustentable, la cual abre un sinnúmero de posibilidades para el desarrollo regional nacional y mundial y para ello es fundamental conocer los actuales procesos de Eco-diseño y Eco-fabricación de productos.



CAPÍTULO II

El objetivo de este capítulo es contextualizar el marco metodológico dentro del cual se deben manejar todos los procesos de industrialización en general, basados en un respeto al medio ambiente, puesto que tanto la utilización y aprovechamiento de los recursos naturales por parte del ser humano y su impacto en el cambio climático en general, debe ser motivo de preocupación latente en toda la industria desde la mas pequeña a la mas compleja en cuanto a la elaboración de productos se refiere, es por esto que la sociedad necesita adoptar estrategias que consigan mejorar las condiciones de vida sin causar un desastre a nivel mundial.

METODOLOGÍA DE ECODISEÑO Y ECO-FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para la elaboración de elementos constructivos según criterios de sustentabilidad, es necesario tener claros algunos de los conceptos generales sobre desarrollo sustentable así como también sobre Ecodiseño, Ecología industrial, Ecoeficiencia, Ingeniería concurrente, Ciclo de vida de los productos, etc. Lo cual nos va a permitir abordar la mayor cantidad de parámetros y normas para intentar proponer un sistema de panelería sustentable para construcción de espacios interiores saludables.

Según Hermilo Salas Espíndola catedrático de la Unam, la arquitectura y el urbanismo deberán tener un carácter mas científico, con el cual se establezcan los procedimientos interdisciplinarios adecuados, dirigidos hacia la protección de los ecosistemas y hacia el desarrollo de una sociedad que pueda vivir en armonía con la naturaleza²².

1. Desarrollo Sustentable

El termino **Desarrollo Sostenible** (Sustainable Development) aparece por primera vez en el debate político internacional en 1980, introducido por el grupo de trabajo: Estrategia para la Conservación del Planeta, dependiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP²³). Pero no llega a establecerse como un modelo de desarrollo universalmente aceptado hasta 1987, cuando la comisión Bruntland publico el informe: Nuestro Futuro Común (Our Common Future), aquí se define al desarrollo

²² Salas Espíndola Hermilo, El Impacto del Ser Humano en el Planeta. Pág. 19

²³ United Nations for Environment Programme.



sostenible como: “aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

Este concepto de satisfacer las necesidades actuales sin atentar contra la capacidad del planeta, es el que todavía no está siendo interiorizado en su totalidad, especialmente en el campo de la industria tradicional, el objetivo es aprovecharse al máximo de los recursos naturales y no preocuparse de lo que puede pasar a futuro, esta forma de pensar y actuar debe ser totalmente rechazada y *“tanto la tecnología como la organización social deben ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico equitativo a nivel global.”*²⁴

1.1. Ecodiseño

La sostenibilidad es vista cada vez más como el principal argumento del diseño arquitectónico del siglo XXI, es por esta razón que el **Ecodiseño** está considerado como metodología y una de las herramientas esenciales de la ingeniería del ciclo de vida para reducir los impactos medioambiental que generan los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida. Ciclo de vida que debe ser entendido como ciclo físico, es decir, desde la fase de extracción y procesamiento de las materias primas, hasta la fase de retiro final del producto (ya sea reutilizado, reciclado, vertido, etc.), pasando por las fases de producción limpia, almacenaje, transporte, distribución y uso; Por tanto el Ecodiseño (Ecodesign o Design for the Environment) se postula como una de las prácticas de la ingeniería de productos fundamentales, para contribuir al denominado desarrollo sostenible.

1.2. Ecología industrial

Si nos enfocamos concretamente a la fase de industrialización limpia, debemos considerar el concepto de **Ecología Industrial** que es un paradigma para obtener un desarrollo sostenible, pero que se la puede definir como: “una estructura económica y física y una actitud de los agentes implicados en la sociedad industrial tal que se consigue un equilibrio sostenido con la Biosfera”²⁵.

Las principales premisas de la Ecología Industrial son por una parte, conseguir que el consumo de materias primas y energía se reduzcan hasta unos valores tales que

²⁴ Salas Espíndola Hermilo, El Impacto del Ser Humano en el Planeta. Pág. 28

²⁵ Capuz, Gómez, Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Pag.33



la biosfera puede reemplazarlos, y por otra parte, que las emisiones de residuos se minimicen hasta unos niveles tales que la biosfera pueda asimilarlos.

1.2. Ecología industrial



Figura a.1). La Ecología Industrial como fuerza impulsora del Desarrollo Sostenible.
Fuente: Grupo ID&EA.

Además la Ecología Industrial tiene como objetivo entender el funcionamiento de un sistema industrial, como se controla y regula, también algo muy importante es su interacción con el planeta, por tanto determina como reestructurar el sistema industrial para que se sostenga en equilibrio con el entorno natural; Para esto son varias las estrategias a seguir para obtener como resultado que los sistemas industriales estén en equilibrio tanto interno como externo con su entorno.

A continuación las estrategias mas importantes:

- Parques Ecoindustriales o Sistemas industriales sostenibles.
- Dematerialización, eficiencia energética y eficiencia de materiales. Economía de servicios.
- Gestión Medioambiental de las empresas.

1.3. Ecoeficiencia

Al hablar de reducción de la contaminación en los procesos industriales, nos referimos a la **Ecoeficiencia** que es el conjunto de objetivos orientados a minimizar los niveles



de emisión de residuos a lo largo del ciclo de vida de los productos industriales, sin descuidar obviamente sus cualidades técnicas y económicas.

Según Marcus Lehni director ejecutivo del WBCSD²⁶, recoge de forma precisa lo que implica el objetivo de la Eco eficiencia: Se dice que una empresa consigue la Eco eficiencia cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta.(M. Leen, 1999).

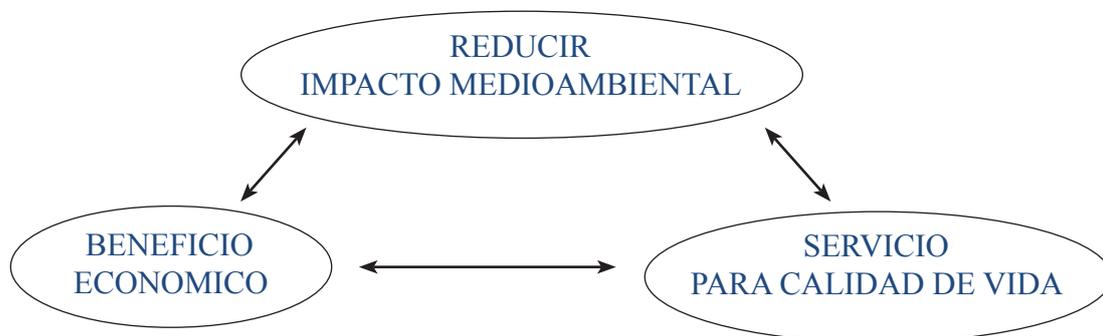


Figura b.1). La Ecoeficiencia como un equilibrio entre el beneficio económico para la empresa, un servicio que proporcione verdadera calidad de vida al usuario y un reducido impacto ambiental. Fuente: Grupo ID&EA.

Los parámetros que deben tener en cuenta las empresas para mejorar su Eco eficiencia son los siguientes:

- Reducir la intensidad de uso de materias primas.
- Reducir la intensidad de uso de energía.
- Reducir el daño a la salud humana y al medio ambiente.
- Fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales.
- Proporcionar calidad de vida real.
- Aumentar la intensidad de servicios de sus productos. Fomentar la economía de servicios.

²⁶ El World Business Council on Sustainable Development (Consejo Mundial de Empresas para el Desarrollo Sostenible). Actualmente es uno de los grupos empresariales y económicos más influyentes del mundo.



1.3.1. Factores

Los **factores 2, 4 y 10**, de mejoramiento en consumo de los recursos, son clave a la hora de medir y establecer una relación de ecoeficiencia; Si se consiguiera diseñar y fabricar un nuevo producto, consumiendo la mitad de los recursos que actualmente consume ese producto, se habría mejorado en un factor 2. Si a más de eso, su uso y servicio se duplica, se habría mejorado en un factor 4. (El factor 4, de E. Ulrich et al.). En 20 años será necesario ofrecer el doble de bienes y servicios con un quinto de consumo de recursos, es decir una Eco-eficiencia global mejorada en un factor 10.

1.3.2. Ecuación de la ecoeficiencia

La ecoeficiencia tal como se define actualmente, se calcula con una sencilla expresión:

$$\text{Ecoeficiencia} = \frac{\text{Valor del producto o servicio}}{\text{Impacto ambiental producido a lo largo del ciclo de vida.}}$$

INDICADORES DEL VALOR DEL PRODUCTO O SERVICIO (numerador)	INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO (denominador)
Unidad de producto (m2 de tela, un automóvil, un periódico, etc.)	Consumo de energía
Precio de venta al público	Consumo de recursos en peso
Valor añadido	Emisiones de gases en efecto invernadero
Ganancia bruta (Gross Margin)	Emisiones de sustancias que destruyen la capa de ozono
Ganancia Neta (Net Profit)	Emisiones de sustancias que producen lluvia ácida
	Emisiones de componentes orgánicos volátiles
	Emisiones de gases que producen eutrofización.
	DQO y DBO del agua vertida.
	Emisiones de compuestos orgánicos persistentes.
	Emisiones de metales pesados
	Uso del suelo.

Figura b.2). Indicadores de Eco-eficiencia estudiados por el proyecto de iniciativa Eco-eficiencia Europea²⁷. Fuente: WBCSD y Fundación Entorno, 1999

²⁷ Mayor información página web: <http://www.wbcd.ch/eedata/eeeshome.htm>



1.4. Ingeniería concurrente

La propuesta de generar industria limpia o Ecología industrial para el diseño y elaboración local de productos de construcción con características de sustentabilidad se basa en un enfoque organizativo llamado **Ingeniería concurrente**²⁸ la cual postula que todos los actores, que intervienen en el proyecto de diseño y fabricación del producto, (desde la idea inicial hasta el desarrollo final), y en el resto de fases de su ciclo de vida, colaboren y realicen su trabajo simultáneamente, asegurando que las condiciones estructurales, funcionales, de fabricación, mantenimiento, etc., se consideren en las etapas iniciales de análisis.²⁹

Según el Instituto para el análisis de la Defensa de los Estados Unidos (IDA), Ingeniería Concurrente *“es un método sistemático de diseño integrado y simultáneo del producto y de los subsiguientes procesos de fabricación y mantenimiento, con el objetivo de que los diseñadores tomen en consideración, desde el primer momento, todos los factores que afectaran al producto a la largo de su ciclo de vida (desde su concepción hasta su retirada) , incluyendo calidad, coste, plazos y requerimientos de usuario”*

Para Sohlenius, la Ingeniería Concurrente es *“un sistema de trabajo donde las diferentes actividades de ingeniería en los procesos de desarrollo de producto y del proceso de producción se integran y se realizan en paralelo, siempre que sea posible, en vez de secuencialmente”*.

Asumiendo las definiciones anteriores, O’Grady, dice *“Ingeniería concurrente es la consideración, durante la fase de diseño, de los factores asociados al ciclo de vida del producto, los cuales incluyen fabricación, montaje, verificación, mantenimiento, fiabilidad, coste y calidad”*; De lo anterior Canty concluye que la Ingeniería Concurrente no es un concepto único y cerrado, sino una nueva filosofía para dirigir el proyecto de producción, basado en las nuevas tecnologías de fabricación y de la información con una visión global del equipo multidisciplinario.

Canty dice *“la Ingeniería concurrente es, a la vez una filosofía y un entorno. Como filosofía esta basada en el reconocimiento de la responsabilidad sobre la calidad del producto por parte de cada individuo. Como entorno, esta basada en el diseño paralelo del producto y de los procesos que le afectan a lo largo de su ciclo de vida”*.

²⁸ También recibe el nombre de Ingeniería Simultánea, o Ingeniería Colaborativa.

²⁹ Capuz, Gómez, Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Pág. 60



La ingeniería concurrente ha recibido otros nombres, tales como Ingeniería Simultánea, Ingeniería Colaborativa, Ingeniería para el ciclo de vida, Ingeniería integrada o desarrollo integrado del producto, etc. Y su objetivo es incrementar la competitividad, mediante el aumento de calidad, y la reducción de costo y tiempo. La mejora de la calidad se basa en integrar el **diseño del producto con el diseño del proceso de fabricación, y la disminución de costo y tiempo se basa en la simultaneidad de procesos.**

1.5. Relación entre Diseño y Fabricación.

Un producto es el fruto de un diseño que una vez completado requiere un estudio de cómo debe fabricarse y de un análisis en el que se planifiquen los recursos necesarios para su producción y los impactos que se prevé que puedan producirse.

Además hay que establecer como se va a presentar, cuando se lanzara al mercado, a que cliente se va a dirigir, mediante que sistema se transportara, etc. Por ultimo hay que prever que el objeto, durante su vida útil, requerirá operaciones de mantenimiento, si sufrirá averías y reparaciones, finalmente será retirado, lo que supone el desmontaje y reciclado del mismo.

Además la Ingeniería Concurrente supone una revolución en el proceso de diseño (equipos multidisciplinarios, diseño simultáneo del proceso, integración del cliente, etc.), para producir objetos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población, sin afectar a su entorno y esto se puede conseguir si se aplican las cuatro erres: reducir, reutilizar, reciclar y rehabilitar.³⁰

1.6. Diseño para la refabricabilidad

El objetivo principal del **Diseño para la refabricabilidad** es el de minimizar la generación de residuos, la idea es el aprovechamiento de los residuos una vez que haya concluido su vida útil, como elemento prefabricado, bajo estas premisas diseño para la refabricabilidad se define como una “Metodología de diseño cuyo objetivo es facilitar que el producto industrial o parte de este, cuando termine su vida útil, pueda

³⁰ Edwards Brian, Hyett Paul, Guía Básica de la Sostenibilidad. Pág. 67



ser reaprovechado de algún modo en un proceso industrial, produciendo un beneficio medioambiental y económico”.³¹

Los procesos industriales para la refabricabilidad son: Reprocesar, reparar, recoger, reutilizar, reintroducir, recuperar, separar, tratar y almacenar los residuos, además las estrategias que permiten esta refabricabilidad son las siguientes:

- Diseñar productos que sean fácilmente desmontables. (desmontabilidad)
- Diseñar productos que se puedan volver a montar fácilmente. (re-ensamblaje)
- Diseñar productos de fácil inspección, mantenimiento y reparación.
- Diseñar productos modulares, para facilitar su recuperación y reutilización.
- Potenciar la utilización de materiales reciclables,
- Evitar el empleo de materiales tóxicos.
- Diseñar el sistema de embalaje pensando en su reciclaje y reutilización.
- Mejorar la calidad de proceso para disminuir el número de elementos defectuosos.

1.7. Cuadro para la refabricabilidad.-

	Tablero	Sistema constructivo
Desmontable	X	X
Re ensamblable	X	X
Fácil inspección	X	X
Modular	X	X
Recuperable	X	X
Reutilizable	X	X
Reciclable	X	X
No toxico	X	
Fácil de embalar	X	
Mejora de calidad no defectos	X	

La filosofía de la reutilización requiere, por tanto un cambio en el diseño de nuestros edificios, así como en su construcción.³² Es por esto que sobre nosotros los arquitectos

³¹ Capuz, Gómez, Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles.pag. 145

³² Edwards Brian, Hyett Paul, Guía Básica de la Sostenibilidad. Pág. 70



recae una enorme responsabilidad ya que podríamos crear una gigantesca demanda de elementos de recuperación con el simple hecho de incluirlos en los procesos facultativos de construcción.

1.8. Diseño para el reciclaje

Por otro lado es muy importante también el diseño para la reutilización que tiene un contexto tecnológico relativamente sencillo, ya que no implica procesos complejos ni costosos, por tanto para aumentar las posibilidades de reutilización se debe diseñar de forma que se prolongue la vida útil del producto, de tal manera que sea fácil su desensamblaje y re-ensamblaje; así mismo la metodología del **Diseño para el reciclaje** es una de las más importantes en la Ecología industrial ya que produce resultados notables de manera sencilla y rápida, es una de las metodologías más conocidas a tal punto que la asociación de ingeniería alemana desarrollo la norma VDI2243 para guiar a los diseñadores en la aplicación del diseño para el reciclaje.

El reciclaje se basa en la recuperación de la fracción útil de un material mediante su extracción y procesamiento, el grado de reciclaje depende en parte del mercado, pero los diseñadores podrían hacer que aumentase si eligieran materiales reciclables.

En la actualidad, el bajo nivel en los procesos de reciclado se debe, entre otras cosas a que en el diseño de los productos y procesos, no se considera la posibilidad de incluir materia prima de reciclado, si analizamos las políticas de construcción sostenible del **DETR** (Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Reino Unido) observamos que existen prioridades clave:

Principales:

- Establecimiento de puntos de referencia para la construcción sostenible.
- Reducción de las emisiones de CO₂
- Mejora de la eficiencia de los edificios no domésticos
- Reducción del consumo de recursos en la construcción a través del reciclaje.

Secundarias:

- Ahorro de agua
- Extensión del uso de materiales de construcción renovables (madera etc.)



- Tratamiento y recuperación del suelo contaminado
- Reducción de los contaminantes producidos por el proceso de construcción.³³

Fuente: DETR: Sustainable Construction – Opportunities for Change, 1998

Por otro lado dentro de los componentes importantes de los **sistemas de calidad** esta justamente el evitar al máximo el desperdicio de materiales y de recursos, por esta razón se ha analizado también la necesidad de incluir uno de los sistemas para la mejora continua de calidad y que a mi criterio, sería muy adecuado para implementarlo en la fabricación de tableros sustentables y es precisamente la famosa técnica del “JAT” conocida también como el “Justo a Tiempo”,

2. Aplicación de la técnica justo a tiempo

El “**Justo a Tiempo**” o “**Just In Time**”, es una técnica que se la ha considerado como fundamental en todo tipo de empresa, puesto que su filosofía se basa en el mejoramiento continuo de la calidad de los procesos industriales, por tanto es un tema a tomar en cuenta en mi propuesta de fabricación de paneles sustentables, ya que la optimización de los recursos, la mejora continua y el cero desperdicios, son algunas de las características para el procesamiento y funcionamiento de los tableros sustentables propuestos. Este mejoramiento continuo de la calidad esta en función de la eficiencia en los elementos constituyentes de la empresa: proveedores, proceso productivo, personal y clientes.

El “justo a tiempo” se fundamenta esencialmente en la reducción del desperdicio y por supuesto en la calidad de los productos o servicios, esto es posible siempre y cuando exista un profundo compromiso de toda La empresa, es decir un completo involucramientos en el trabajo, de todos los actores y miembros de la organización, para generar una mayor productividad, calidad, satisfacción del cliente, ventas y utilidades. Si consideramos que cada vez es mas acelerado el cambio de formas de habitar un sitio, generando espacios que permitan flexibilidad y una total reorganización sin producir impactos demasiado considerables sino que sean poco complejos, fáciles de readecuar y eficientes para evitar los desperdicios y que generen calidad constante, entonces se abra cumplido con el objetivo del justo a tiempo. Para esto es necesario un cambio de mentalidad, que se puede lograr a través de la inducción de una cultura orientada a la calidad³⁴, que imprima el sello del mejoramiento continuo así como de flexibilidad

³³ Edwards Brian, Hyett Paul, Guía Básica de la Sostenibilidad. Pág. 74

³⁴ www.monografias.com La técnica de “justo a tiempo”



a los diversos cambios, que van desde el compromiso de los trabajadores con los objetivos y políticas de la organización hasta la inversión en equipo, maquinaria, capacitaciones, etc. y por supuesto detectar el perfil del posible usuario y el campo de acción en donde insertar el producto de tal manera que sea verdadera respuesta a los intereses particulares del cliente.

Este sistema del “JAT” que tuvo su origen en algunos principios de fabricación estadounidenses y que fueron agrupados, puestos en práctica y desarrollados por empresas japonesas, a generado gran expectativa por el éxito conseguido que se basa fundamentalmente en dos ámbitos: el “respeto por las personas” y en la “eliminación de desperdicio.” En palabras de Ohno este éxito del JAT “nació como consecuencia de todo el esfuerzo desplegado por los japoneses para poder competir con las industrias del automóvil de las naciones avanzadas de Occidente tras el final de la Segunda Guerra Mundial”³⁵

En la actualidad la demanda de productos y servicios es muy cambiante y como consecuencia de esto las empresas deben ser flexibles para responder rápidamente a este cambio, ya que si se mantienen con el modelo tradicional son propensas a un descenso en su productividad y a la pérdida de mercado, por otra parte, la intervención de las tecnologías han provocado que éstas se incorporen en los productos, incrementando su complejidad, lo que hace que las empresas deban pensar en aplicar este tipo de técnicas en sus procesos de producción para poder ser competitivos en la actualidad.

Para determinar la aplicación y apropiación de este sistema en nuestro medio de producción industrial es necesario clarificar perfectamente el concepto emitido por Edward J. Hay, sobre el “JAT”.

El “Justo a tiempo” “Es una filosofía industrial, que considera la reducción o eliminación de todo lo que implique desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo a la fabricación (actividades de oficina) en un negocio”³⁶ Es decir que basa su generación industrial en **producir las unidades necesarias, en las cantidades necesarias en el momento necesario con la calidad requerida.**

El desperdicio se concibe como “todo aquello que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al

³⁵ <http://www.gestiopolis.com/dirpp/adm/calidad.htm> Autor: Caldentey Fernando

³⁶ Hay, Edward J. “Justo a Tiempo” Editorial Norma, 1989, págs. 17-18.



producto”. Y para agregar valor, es importante destacar algunas características propias que deberá cumplir el producto: embalaje, ensamblaje, reensamblaje, reutilización, reciclaje, etc, además la manipulación, estiba, almacenaje, transporte, etc. Por otro lado la técnica del “JAT”, implica producir sólo lo estrictamente necesario para cumplir las expectativas del cliente y basa su filosofía en la eliminación del desperdicio y en la mejora constante de calidad, obviamente sin desmerecer el trato, respeto y administración en general del recurso humano, es por esta razón que hablamos de una filosofía de vida, mas que de un sistema para disminuir inventarios.

Esta filosofía de manejo industrial permite obtener algunos beneficios, los cuales han sido detectados en algunas empresas que la han adoptado:

- reducción del tiempo de producción
- aumento de la productividad
- reducción del costo de calidad
- reducción de los precios de material comprado
- reducción de inventarios
- reducción del tiempo de alistamiento.
- Reducción de espacios
- Se aplica a cualquier tipo de empresa que despache productos o mercancías.

Por otro lado el mejoramiento de calidad se verifica a través de la eficiencia en cada uno de los elementos que constituyen el sistema de la empresa, (proveedores, proceso productivo, personal y clientes). basado en algunos parámetros a considerarse como por ejemplo: la fiabilidad, la flexibilidad, la rapidez de respuesta frente a los cambios en las demandas de los consumidores, la responsabilidad en la distribución de los productos, etc., etc, esta mejora constante en la calidad, es lo que hace del “JAT”, una de las técnicas mas efectivas para el aumento de la productividad, fiabilidad y competitividad de una empresa frente a las demandas, y también frente a las expectativas y exigencias de los clientes, y para lograr esto es importante conocer a plenitud dos cosas: lo que el resto del mercado, en cuanto a panelerías de división interior ofrece y lo que el cliente espera recibir cuando adquiere este tipo de elementos prefabricados para división de ambientes interiores.

Este estudio de mercado referido a conocer verdaderamente lo que el cliente busca y espera encontrar en tal o cual material de construcción actual, es una de las claves para



brindar realmente un producto de calidad, puesto que esta calidad esta presente no solo en el proceso de provisión y elaboración industrial, sino fundamentalmente en el hecho de cumplir efectivamente con lo que el cliente necesita.

Como conclusión del capítulo, tanto los **procesos de fabricación limpia** cuanto los **sistemas de calidad** para generar mejora continua, son de suma importancia en la industrialización de los paneles sustentables tema de mi propuesta de investigación, ya que como parte de las características de la panelería, están los componentes de modulación, estandarización, reducción de desperdicios, minimizar los defectos, optimizar los recursos de material, tiempo, costo y esfuerzos, eficiencia, flexibilidad, etc, lo cual le brindara un valor agregado al producto para poder competir y superar a los demás productos del medio, acaparando mayor mercado y satisfaciendo de mejor manera las necesidades de los clientes.



CAPÍTULO III

En este capítulo creo pertinente analizar lo que está sucediendo en el nuestro medio, en cuanto a la aceptación o rechazo del cliente como usuario particular y como sociedad en general, para hacerlas propias a estas nuevas tecnologías de construcción que si bien es cierto son parte de la evolución normal del ser humano, deben ser lo mas apropiadas y mejor adaptadas a sus formas de vida, necesidades y expectativas contemporáneas, para que sean aceptadas completamente por el cliente final.

ANALISIS GENERAL DEL MERCADO PARA LA COMPETENCIA DEL NUEVO PRODUCTO.

Cuando hablamos de paneles de división interior, uno de los principales problemas para su uso y aplicación es el alto nivel de desconfianza que todavía generan este tipo de productos de fácil y rápida instalación, puesto que el común de la población tiene muy arraigada la idea de que un muro divisorio debe ser lo mas grueso, duro y resistente posible, especialmente en la construcción de viviendas, ya que muchas de las formas de vida de los habitantes de nuestras regiones, todavía mantienen costumbres como: clavar, martillar, colgar cables de ropa, etc, etc, en definitiva la fiabilidad del nuevo producto, se dará aumentando el valor del mismo ante los ojos del cliente, debiendo estar sustentado mediante una certificación e información completa y adecuada del uso, aplicación, ventajas, fortalezas y debilidades de estos productos prefabricados que responden a expectativas de clientes y de usos apropiados para determinado efecto.

1. Tendencias en el uso de los tableros

Por lo general nuestra población ha utilizado desde hace años, algunos tipos de tableros como divisiones en espacios interiores de viviendas, principalmente con un criterio de tipo provisional, que a la larga resulta definitivo, ya que los recursos económicos de la familia, muchas veces no cambian, como para mejorar las condiciones de los espacios en el interior de las viviendas, es decir, que antiguamente esta forma de ver los tableros prefabricados de madera, como elementos de tipo provisional o temporal, es la que hoy en día genera desconfianza en cuanto a resistencia y seguridad básicamente.

Desde hace pocos años a tras, con la introducción de nuevos sistemas de panelerías con base en diversos materiales y acabados, esta desconfianza se ha ido disminuyendo



pero no completamente ya que se mantiene un criterio de que no son elementos completamente resistentes y que especialmente a nivel de viviendas no son adecuados, mientras que a nivel administrativo y comercial el criterio ya es otro, en donde ya es aceptada la idea del uso y aplicación de estos sistemas ligeros en áreas abiertas y flexibles de corte contemporáneo, por tanto es fundamental delimitar el perfil de usuarios y de espacios que acogerán en primera instancia estos sistemas de división interior.

2. Perfil de usuario.-

El cliente que inicialmente aceptara la propuesta de uso y aplicación de un sistema nuevo de división interior, de fácil instalación, que sea flexible y reutilizable será una persona con una visión de inversión, que se adapta a sus necesidades concretas en ese momento, sin descuidar los futuros cambios o mutaciones que puedan sufrir los espacios edificados con criterios de arrendamiento para áreas de oficinas, comercios, fabricas, etc, etc.

Este usuario esta plenamente convencido de que sus locales deben brindar facilidades de cambio y transformación según las necesidades de quien arrienda y para que arrienda, y por ende esta transformación o remodelación interna, debe ser lo mas rápida, eficiente e imperceptible, para que no existan perdidas de tiempo ni de recursos.

3. Perfil de espacios.-

Los espacios serán diseñados de tal forma que faciliten la reorganización física, la tendencia en la actualidad a nivel administrativo, es tener organizaciones más planas, con mucho trabajo en equipo, con ambientes laborales que promuevan la productividad, la utilización de tecnología avanzada y la agilidad en las comunicaciones, entre otras cosas. Es por esto que esos principios estratégicos no solo los toman en cuenta los presidentes y directores de empresas, también lo hacen los diseñadores y constructores para crear espacios que favorezcan y apoyen estas teorías de gestión.

Según ciertos expertos en diseño, la idea hoy en día, es aligerar el ambiente, lo que lo hace más cómodo, práctico y funcional, como la idea es aligerar, alivianar y despejar el espacio, los muebles deben reflejar el mismo criterio. Para esto se usan los materiales de siempre, pero bajo conceptos contemporáneos, para hacerlos más flexibles.



Las rígidas mamposterías de ladrillo o block, que dividían los antiguos espacios, están siendo reemplazadas por divisiones ligeras que permitan la transparencia, el diseño de formas en movimiento, y su constante transformación y adaptación a nuevos requerimientos.

Diseñar ambientes flexibles, se trata de una propuesta donde la panelería y otros elementos configuran espacios adaptables a los movimientos y expectativas de sus habitantes.

4. Relación Costo-Beneficio.

Si el uso y aplicación de tableros prefabricados, es visto bajo la óptica de inversión en un ambiente físico cambiante según las expectativas y necesidades del nuevo usuario, y considerando que este proceso de remodelación debe ser lo mas limpio y rápido posible, podríamos afirmar que el beneficio es mucho mayor que los costos de ejecución de obra, además es importante referirse también, a la contribución de estos sistemas secos hacia el cuidado del medio ambiente lo cual será sustancial, considerando que los porcentajes de material de desperdicio en estas nuevas tecnologías de construcción es mucho menor que cuando teníamos remodelaciones en espacios con divisiones rígidas, en donde los volúmenes de materiales de desperdicio, no reciclados eran enormes, deteriorando cada vez mas el medio ambiente en general.

En conclusión la propuesta, desarrollo tecnológico y aceptación social de nuevos materiales y sistemas de construcción contemporánea serán apropiados por la comunidad siempre y cuando, se garantice su rapidez, eficiencia, seguridad y costos competitivos, para poder entrar en un mercado que presenta varias opciones pero de las cuales se desconocen muchas características nocivas para la salud humana, tanto en la fabricación como en el uso de los productos, y a cuyos fabricantes no les conviene de ninguna manera que esto se sepa en la población de manera general.



CAPÍTULO IV

Luego de analizar los capítulos anteriores y parafraseando a Hermilo Salas Espíndola, estoy convencido que son globales aquellos fenómenos formadores de una problemática general que afecta a toda la humanidad en su conjunto, es por esta razón que considero urgente la búsqueda de investigación aplicada para contribuir al desarrollo eficiente de nuestras condiciones de vida, sin afectar al medio ambiente que nos rodea, para ello es necesario que la industria elabore sus productos por medio de tecnologías sustentables de manera local mas que global, regresando nuestra mirada a una escala humana con identidad cultural y dentro de una región específica que ofrece una enorme posibilidad de recursos pero que a su vez también presenta ciertas limitaciones que deben ser respetadas manteniendo el equilibrio con la naturaleza.

Existe entonces la necesidad urgente de reformular nuevos conceptos sobre los actuales y futuros espacios habitables y las formas de vida contemporáneas que allí se realizan, considerando las necesidades y expectativas de visión del hombre actual y futuro, dentro de un contexto de desarrollo sustentable, en donde el manejo de los recursos y la aplicación de tecnologías limpias es fundamental para el desarrollo de las actividades del ser humano.

Además pienso que actualmente si es posible generar industria limpia optimizando los recursos tanto humanos como los naturales, económicos, etc, disminuyendo el consumo de energéticos no renovables, minimizando al máximo los impactos negativos en nuestros procesos de construcción, adaptando el diseño a los nuevos criterios de habitabilidad y desarrollando materiales sanos integrados en sistemas alternativos para la construcción. Bajo estas premisas anteriormente citadas, la idea general del trabajo de investigación es proponer teóricamente la elaboración de un prototipo de tablero sustentable compuesto de tierra arcillosa y mas componentes naturales integrados en un solo elemento llamado “**panel**”, que a su vez, forme parte de un sistema de construcción ligera, para división interior de espacios, que cumpla con parámetros básicos de: resistencia, ligereza, flexibilidad, modulación, estandarización, calidad, reutilización, reciclaje, velocidad de ejecución, reducción de tiempos y costos, etc, además un componente muy importante y decisivo será su adaptación y aceptación social, para lo cual se partirá realizando un estudio y análisis general de ciertos recursos naturales, humanos y económicos para saber si es factible la propuesta de industrialización local de tableros sustentables para la construcción.



ANÁLISIS DE RECURSOS DISPONIBLES PARA LA FABRICACION DE PANELES A BASE DE TIERRA.

1. Recursos naturales

1.1. Tierras arcillosas.-

Las arcillas de la Cuenca de Loja siempre han revestido un gran Interés para propios y extraños, dada su utilidad que se encuentra registrada desde tiempos antepasados, no obstante ante este Interés demostrado, no se ha realizado un profundo análisis que determine las condiciones reales de esta materia prima.

Considerando estos antecedentes, el presente trabajo, formula planes que van a caracterizar y determinar reservas de arcillas existentes en la parte norte de la cuenca de Loja, con fines industriales y comerciales.

1.1.1. Prospección

La **prospección** del área dada su ubicación geográfica cerca de la ciudad, se realizó un muestreo puntual para lo cual se desarrollaron las siguientes actividades.

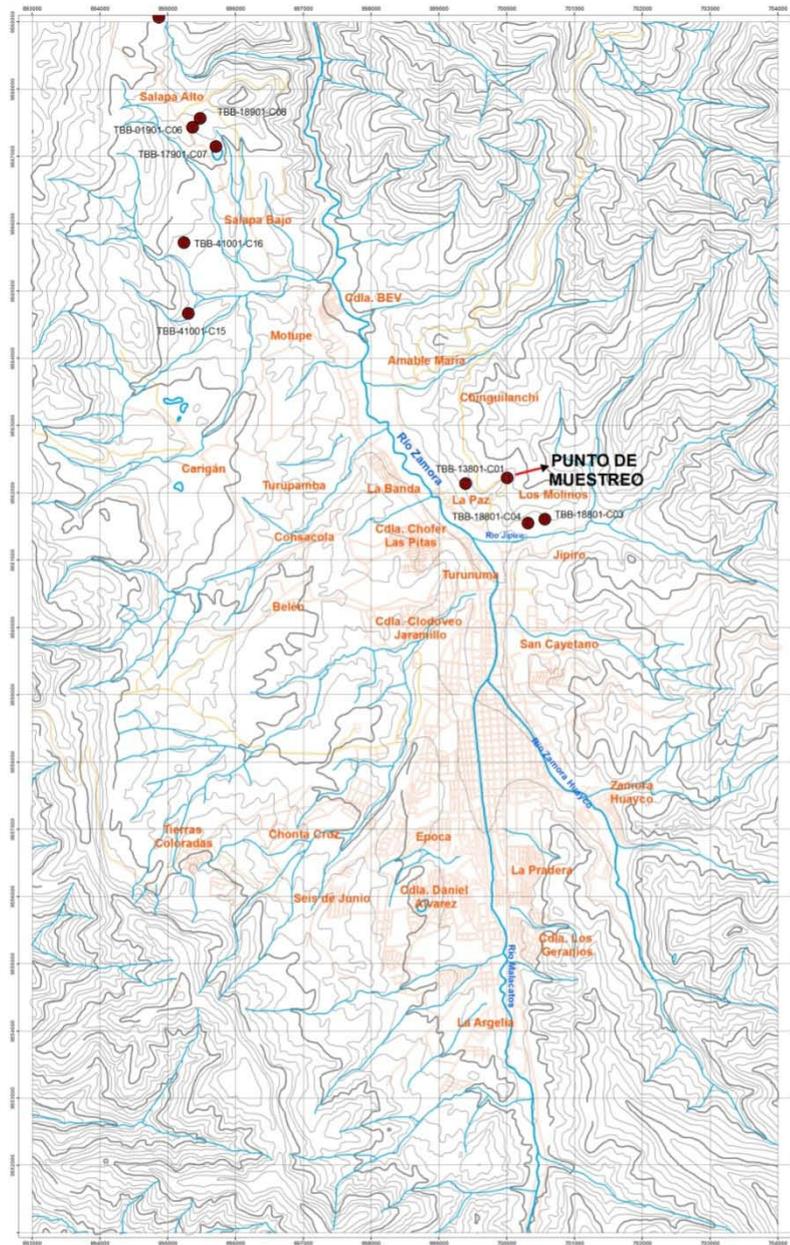
- Digitalización de la Carta Topográfica Loja Norte escala 1:25 000 editada por el I.G.M.³⁷ en las coordenadas correspondientes al área de estudio
- Reconocimiento Geológico de la Zona de estudio.
- Recorrido por carreteros, caminos y quebradas.
- Identificación de posibles áreas de criaderos de arcillas.
- Muestreo de afloramientos y calicatas.

³⁷ I.G.M. Instituto Geográfico Militar. Ecuador.



1.1.2. Carta Topográfica de la cuenca de Loja.

MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS



Leyenda

- PUNTOS UBICACION
- VIAS_PRINCIPALES
- RIOS
- QUEBRADAS
- CURVAS_SECUNDARIAS
- CURVAS_PRINCIPALES
- CUIDAD



ZONA: 17
DATUM: PSAD 56



1.1.3. Muestreo

La muestra es una porción representativa de roca o mineral que refleja las características mineralógicas, físico-químicas, estructurales y tecnológicas que tiene el depósito o yacimiento mineral.

Existen algunos métodos para la recolección de muestras: puntual, por fracciones, por barrenado, de cepillado global, de surcos y por acopio. El muestreo consiste en recoger porciones o pedazos de rocas beneficiables, tanto del cuerpo o del depósito, como de rocas adyacentes; esto a través de la construcción de calicatas.

El muestreo de arcillas de la cuenca de Loja se realizó por el método puntual, que de acuerdo a la información facilitada por el departamento de Geología y Minas de la Utpl sobre las condiciones macroscópicas del material se seleccionan los puntos de muestreo, lógicamente con una relación directa con las características geomorfológicas que permitieron tener una idea concreta de donde podemos tomar las muestras.

El muestreo consistió en recoger porciones del material en diferentes afloramientos de tal forma que sean representativas para el proceso posterior de clasificación selección y análisis.

1.1.4. Reporte de calicatas muestreadas

Nro. Calicata	Código	Ubicación	Coordenadas	DX	GR	QM	CR	Observación
1	TBB-13801-C01	La Paz II Eta.	699.394 9°562.132	x	x		x	
2	TBB-18801-C03	Jipiro	700.565 9°561.603					Sin muestra
3	TBB-18801-C04	Jipiro	700.320 9°561.544	x	x		x	
8	TBB-31801-C05	Salapa Alto	694.875 9°569.062	x	x		x	
9	TBB-01901-C06	Salapa	695.369 9°567.430	x	x		x	
10	TBB-17901-C07	Hacienda Salapa	695.715 9°567147	x	x	x	x	
11	TBB-18901-C08	Hacienda Salapa	695.480 9°567560	x	x		x	
15	TBB-41001-C15	Carigan	695.305 9°564661					Sin Muestra
16	TBB-41001-C16	Salapa Alto	695.242 9°565.717				x	

Fuente: Escuela de Geología y Minas Utpl.



Simbología:

- DX: difracción de rayos X
- GR: granulometría
- QM: análisis químico
- CR: planta de cerámica utpl.

1.1.5. Análisis Químicos:

OXIDOS

	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃	TiO	SiO ₂
TBB-17901-C07	10,82	0,42	2,24	0,42	2,68	0,31	5,27	0,10	55,62
TBB-21901-C11	10,54	1,35	0,32	0,11	0,29	ND	0,59	0,12	78,00
TBB-28801-C18	3,21	0,76	26,31	0,43	12,14	0,05	1,75	ND	20,59
TBB-29801-C03	16,92	1,07	1,00	0,30	1,80	0,02	5,87	0,11	51,86
TBB-CERA-O1	12,51	0,47	0,96	0,95	1,63	0,16	6,81	0,11	55,35

Interpretación de Análisis Químicos:

CODIGO	TBB17901CO7	TBB21901C11	TBB29801C03	TBBCERA O1	TBB28901C18
Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ + 2H ₂ O	27.368%	26.660%	42.790%	31.642%	8.119%
SiO ₂ En la arcilla	42.891%	65.600%	31.960%	40.640%	16.814%
K ₂ OAl ₂ O ₃ 6(SiO ₂)	2.484%	7.9855	6.328%	8.694%	4.495%
% de Al ₂ O ₃ en el feldespato de K	10.364%	9.075%	15.759%	10.915%	2.386%
% de en el SiO ₂ feldespato de K	54.012%	72.830%	47.763%	49.721%	17.680%
Na ₂ OAl ₂ O ₃ 6(SiO ₂)	3.549%	0.929%	2.535%	8.029%	3.634%
% de Al ₂ O ₃ en el feldespato de Na	10.129%	10.359%	16.427%	10.948%	2.503%
% de en el SiO ₂ feldespato de Na	53.222%	77.362%	50.120%	49.834%	18.094%
				CaCO ₃	46,98%
				MgCO ₃	25,38%

Fuente: Escuela de Geología y Minas Utpl.



De las muestras tomadas y analizadas en el sector nor-este de la cuenca de la ciudad de Loja, se ha escogido el sitio ubicado en Jipiro, básicamente por la cercanía y accesibilidad al lugar, además la toma de la muestra fue mucho mas fácil de ejecutar, ya que se encuentra en un corte de talud de una vía.

1.1.6. No. Calicata: 3

1.1.6.1. CODIGO: TBB-18801-C04



Fuente: laboratorio de suelos UCG. Utpl.



Luego de extraer la materia prima de este sitio se procede a la clasificación, trituración y análisis elaborado en el laboratorio de suelos en la UCG.³⁸ Proceso que esta en desarrollo para la búsqueda de resultados que puedan ser favorables a los objetivos del proyecto de investigación.

Los ensayos realizados en esta primera etapa de búsqueda de resultados en el laboratorio de suelos de la UCG. – UTPL. son:

- Contenido de agua
- Límites líquido
- Límite plástico
- Granulometría

Estos ensayos de Mecánica de suelos son realizados bajo las normas de certificación ASTM D 4318, AASHTO T-27.

Pruebas de laboratorio.

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de suelos de la Unidad de Ingeniería Civil y Geología (UCG) de la Utpl.

1.1.6.2. Límites de plasticidad

Límite líquido.- Contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados líquido y plástico.³⁹

El ensayo consiste en determinar el contenido de agua del suelo escogido para estudio, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (copa de Casagrande) en el que con un determinado número de golpes se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.⁴⁰

Los datos obtenidos se registran representando los contenidos de agua, en la escala aritmética, como abscisas, y el número de golpes en la escala logarítmica, como ordenadas; de esta manera se determina un punto para cada ensayo realizado. Luego

³⁸ Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas.

³⁹ Manual de ensayos MECANICA DE SUELOS.

⁴⁰ Norma INEN, de INEN 685 A INEN 692.



se traza la curva de flujo uniendo con una línea recta, de la manera mas aproximada, los cuatro puntos registrados.

Limite plástico.- Contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados plástico y solido.

El ensayo consiste en determinar el contenido de agua del suelo escogido para estudio, en el limite entre su comportamiento plástico y solido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua hasta que comienza a fisurarse o disgregarse.

El valor del limite plástico del suelo será el promedio de los contenidos de agua determinados, según el procedimiento de este ensayo, expresado con el numero entero mas cercano, de conformidad con la norma INEN 52.

Procedimiento:

Selección de muestras

Tamiz N 40.



Muestra blanca y gris verdosa



Se hidratan las muestras





Fuente: fotos del autor.



1.1.6.3. Granulometría

Proporción de material de cada tamaño de partículas presentes en un determinado suelo.

Selección de muestras



Se adiciona agua y se desmenuza



Se lava la muestra



Muestra gris verdosa



Muestra blanca



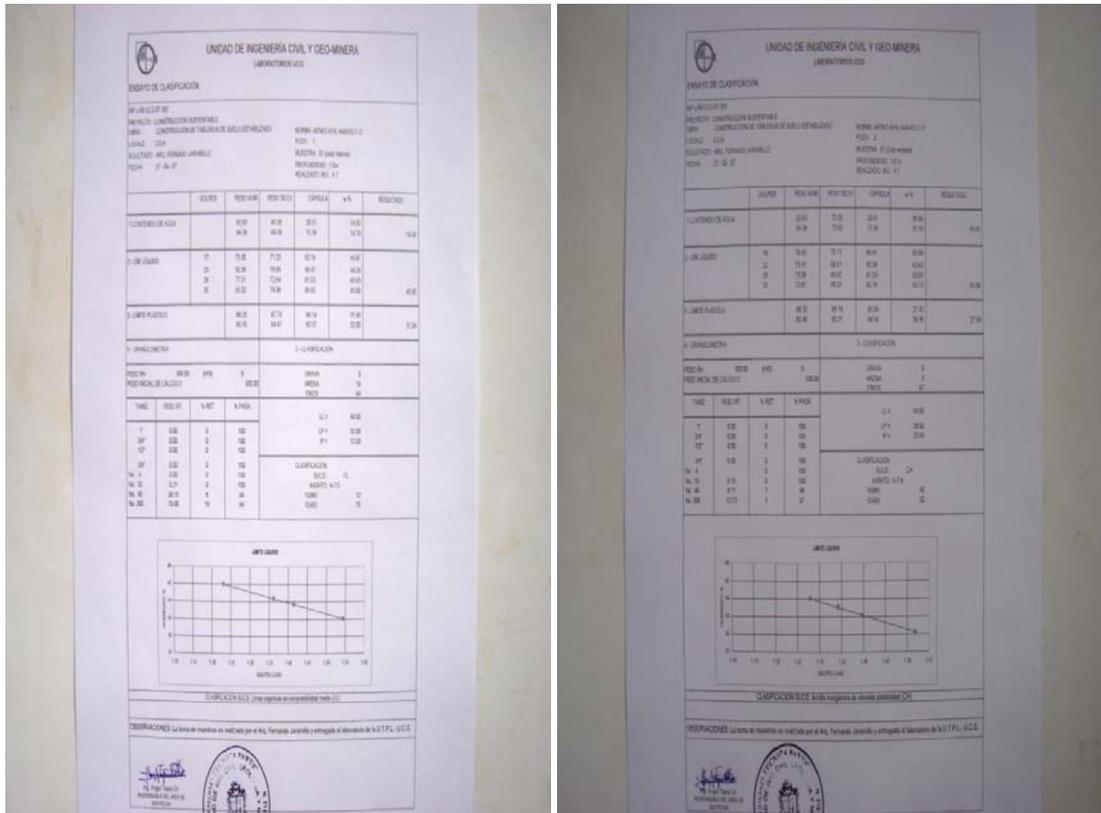
Fuente: fotos del autor.





1.1.6.4. Resultados

Los resultados de las pruebas anteriormente obtenidos en el laboratorio son los siguientes:



Conclusión general de los ensayos a tierras arcillosas.-

Según los análisis de las tierras arcillosas, obtenidas de las calicatas extraídas en los alrededores de la cuenca de la ciudad de Loja se puede concluir lo siguiente:

- Existen diversas canteras, con una variedad de características propias de cada una de ellas, de las cuales se pueden obtener los recursos necesarios para la experimentación, composición química y conformación de un elemento que sirva para los procesos de construcción arquitectónica.
- Por otra parte la cantidad de material en algunas de estas canteras no explotadas, es tan grande que invita a desarrollar los estudios que sean necesarios para generar una adecuada extracción del recurso y una futura industrialización limpia desarrollada localmente.



- La composición química de algunas de las muestras extraídas, es favorable para elaborar la argamasa que se colara en el encofrado, para formar los modelos de experimento.

1.2. La cal.-

La cal apagada es también uno de los materiales de la región que fue empleado como cementante natural en nuestra arquitectura histórica.

Su gran aplicación en construcción local abarca desde: base para pintura, revestimientos, revocos, morteros para pegar ladrillo o tabique, etc. El proceso de manipulación del ciclo de la cal comienza con el cocido de las rocas calizas calentadas a más de 900° C para obtener el óxido de calcio o la cal viva que es un producto sólido de color blanco y peso específico de 3.4 KG./DM; luego, al tratarla con agua se hidrata y se desprenden grandes cantidades de calor obteniéndose el hidróxido de calcio, que se vende comercialmente como un polvo blanco denominado cal apagada o cal grasa a la que se le añade agua formándose una pasta blanda que amasada con los áridos elegidos se confecciona el mortero de cal o estupo muy empleado en exteriores, además se le pueden agregar otros elementos que le brinden el color, la textura y resistencia necesaria.



Fuente: apagado de cal en un hoyo.

Posteriormente, tras su lento fraguado retornará a su original estado de carbonato cálcico, pero ya con una manipulación efectuada por el hombre.

La bondad de la cal grasa apagada, radica en algunas de sus características que citamos a continuación:



- No produce sales nocivas
- Mantiene una adecuada elasticidad,
- Evita las retracciones
- No usa con ella mas aditivos que los áridos necesarios
- Y sobre todas sus propiedades, está el hecho de haber sido el único cementante natural empleado por nuestros ancestros en el arte de construir.

Aplicaciones de la cal:

- Morteros para cimentaciones y asentamientos de piedra natural y bloques de fábrica
- Construcción de piscinas naturales y estanques (almacenaje de aguas pluviales, etc.)
- Revestimientos exteriores e interiores
- Lechadas y pinturas
- Fijación de tejas, solería (interior y exterior), piezas de decoración y murales
- Estabilizar la tierra con cal.

Como conclusiones sobre la cal:

- En las culturas andinas del Perú y Ecuador, se usó la cal antes de la colonización española. La usaron en coloraciones de frescos y otros temas. También se empleó la cal mezclada con asfalto para los morteros de mamposterías y se mezcla la cal con el barro para estabilizar los adobes.
- En los últimos años, diversos tipos de cales se aplican en variados procesos como la minería, la agricultura, el ambiente, y la construcción entre otras actividades industriales.

1.3. Fibras naturales.-

Una característica principal en los procesos constructivos ancestrales era la utilización de gran variedad de fibras naturales como: **la cabuya** (del penco o maguey), **la paja**, la fibra seca del **nopal** y de la **sábila**, **la cascarilla del arroz**, **el papajon** o estiércol del ganado vacuno y caballar, **el bagazo** seco de la caña de azúcar, **el carrizo**, e incluso la



hoja y fibras de **la guadua** o bambú, las mismas que eran muy utilizadas para estabilizar los muros, en el caso del bahareque y el tapial, y también los adobes elaborados a base de tierra arcillosa.

Estas mismas fibras serán puestas a prueba para insertarlas en la composición de la argamasa para elaborar los tableros sustentables y proporcionarles estabilidad y resistencia.

Este también es un recurso inagotable que poseemos en los altiplanos y valles de nuestra región, y por ende es fundamental tomarlo en cuenta para la tecnificación e industrialización en el campo de la construcción.

1.3.1. Fibras minerales.-

Otro de los recursos de nuestra zona son los minerales: como por ejemplo **la cal**, utilizada antiguamente como un cementante natural, **la fibra de vidrio**, que posee grandes características debido a su estructura y composición química, para estabilizar y dar resistencia a un elemento, también contamos con **el cuarzo**, que es

1.3. Resinas e impermeabilizantes naturales.-

En cuanto a las resinas e impermeabilizantes naturales tenemos: **el nopal o cactus** del cual se extrae la baba que es un componente importante a considerarlo, también tenemos el la baba de **la sábila** que contiene interesantes propiedades naturales como impermeabilizantes.

Aislantes orgánicos.-

Algunos de nuestros aislantes orgánicos como la fibra de celulosa, la fibra vegetal, la lana de oveja, pueden utilizarse en muros y cubiertas, ya que contienen poca energía incorporada, no son tóxicos y no afectan a la capa de ozono, como si lo hacen los aislantes artificiales como el poliestireno expandido.

Pinturas de agua.-

Actualmente se utilizan pinturas con base acuosa, ya que no producen ningún riesgo



para la salud ni de operarios ni de los usuarios finales es decir los ocupantes del edificio.

Si recordamos también la cal sirve para la elaboración de pinturas que son antisépticas, y que podrían acoplarse perfectamente a la calidad de acabados que se pretende dar a los tableros sustentables.

2. Recursos Humanos.-

Si observamos las estadísticas de migración de nuestra gente a otros países en busca de trabajo, el cual la mayoría de veces es extremadamente sacrificado, las cifras son enormes, por tanto estimo necesario y urgente el desarrollo de fuentes de trabajo productivo, para aprovechar y potencializar nuestra mano de obra local de tal forma que no emigre, sino que se integre al aparato productivo contribuyendo a la mejora constante y desarrollo efectivo de nuestro país.

Además evitando la migración de mano de obra o por lo menos minimizándola al máximo, se podrá recuperar la unidad familiar quebrantada en la actualidad por padres que están fuera del país en busca de trabajo y dinero para mantener a sus hijos, este fenómeno ha traído y continuara trayendo graves consecuencias a las familias particulares y a la sociedad en general, por lo tanto es deber nuestro procurar el desarrollo y fortalecimiento de nuestra industria.

3. Recursos para la industria local.-

Personalmente creo que nuestra región sur del Ecuador y concretamente la provincia de Loja ha sido favorecida al contar con una biodiversidad de recursos naturales, tanto a nivel geológico, como a nivel hídrico, forestal, flora, fauna, etc, etc. Razones suficientes para emprender el reto, no solamente de explotación y extracción controlada, de las materias primas para que sean procesadas en otros países desarrollados, sino asumir la responsabilidad de generar conocimiento, experimentación e industrialización para elaborar productos competitivos a base de procesos industriales limpios con mano de obra local, que contribuya al desarrollo productivo y social de nuestro país.

Es increíble que en pleno siglo XXI nuestra industria local especialmente en lo que se refiere a materiales y elementos de construcción este tan retrasada, por falta de



iniciativa y visión de inversionista, que sustente un desarrollo local a mediana y gran escala, tomando en cuenta que nuestros recursos y materias primas son prácticamente gratis.

Considero que es hora de generar nuestra propia industria de la construcción con materiales y elementos diseñados y producidos bajo parámetros de sustentabilidad, con procesos limpios de industrialización, para contribuir de manera efectiva a la protección medioambiental.

PROPUESTA TEÓRICA DEL PRODUCTO Y SUS COMPONENTES

“Panelería sustentable a base de tierra arcillosa.”

En la actualidad los materiales tradicionales como la tierra, la piedra, la madera, etc, que a menudo fueron rechazados, por su bajo rendimiento técnico o por razones meramente estéticas, están siendo reexaminados en otros países por sus indudables características de salubridad, es por esto que estoy convencido de que es posible crear nuevas técnicas para utilizarlos de diferente manera en nuestros procesos constructivos contemporáneos.

1. Prototipo teórico.

La Panelería sustentable propuesta: es un sistema a base de placas o tableros de tierra arcillosa estabilizada y prensada conformando un sistema de división ligera, muro seco, elaborado y adaptado de acuerdo al uso y requerimientos para los cuales será diseñado.

El diseño tomara muy en cuenta la estabilización del material y la normalización del producto para poder entrar al mercado a competir, todo esto sustentado en base a los trabajos de experimentación y ensayos pertinentes para lograr un control de calidad y eficiencia en obras en las que se requiera la implementación de este tipo de elementos de división flexible de fácil adaptación y readaptación, para espacios interiores cuando se produce el cambio de uso o remodelaciones en edificios.

Es importante acotar también que en Australia, Estados Unidos y otros países interesados por el desarrollo de nuevos sistemas de construcción que sean



económicamente rentables y ambientalmente saludables, le están prestando mucha atención a elementos de tierra que nuevamente empiezan a usarse a gran escala en algunos lugares en donde ya no se lo hacía, existiendo fabricas y constructores dedicados completamente al estudio y desarrollo de este material (Sinha, S. 1997).

“PANEL SUSTENTABLE”.⁴¹



Fuente: 3D del autor

2. Enfoque del sistema constructivo.-

El sistema planteado, puede ser considerado como un sistema de muro ligero y seco, ya que son elementos prefabricados que posteriormente son transportados a la obra para su ensamblaje y además los materiales que lo componen no requieren mezclas húmedas al momento de su elaboración.

El sistema no es convencional, ya que serán panelerías ligeras compuestas de placas de tierra arcillosa estabilizada y prensada con fibras o polímeros naturales o minerales y luego consolidada en módulos estandarizados de fácil manipulación, estructuración e instalación en obra, y que serán utilizados como elementos de división y conformación de espacios interiores, en la reorganización de edificios tanto públicos como privados.

El objetivo es desarrollar un sistema a base de dos placas o tableros prefabricados de tierra prensada aseguradas a una estructura interna de madera o metal, formando un muro ligero, que brinde las posibilidades de división interior flexible.

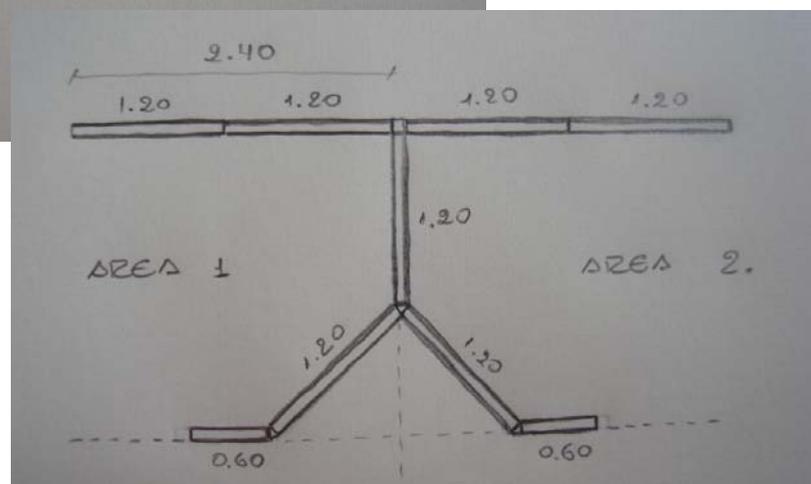
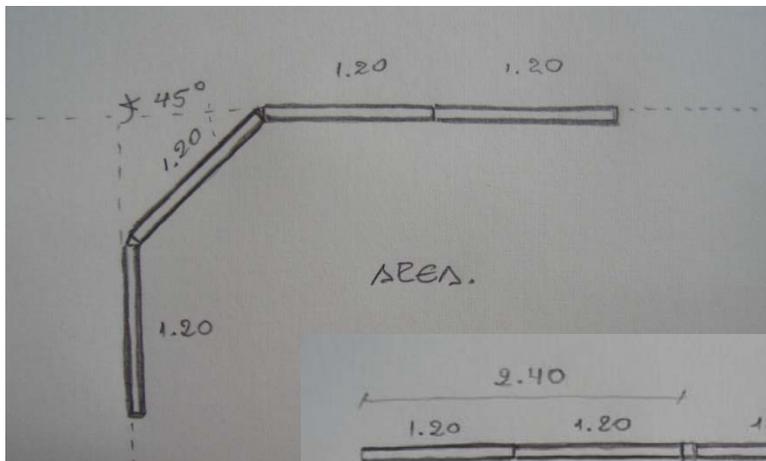
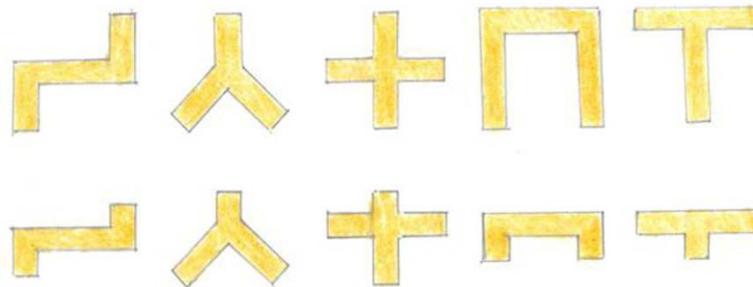
⁴¹ Fuente 3d de panel.



2.1. Panelería sustentable

El nombre “**Panelería sustentable**” se lo ha escogido para denominar al sistema de placas de tierra, motivo de este estudio y que deberá cumplir las necesidades específicas de elaboración, instalación y construcción, condiciones para las que será, estudiado diseñado y prefabricado.

Debido a que los muros delgados son débiles a los impactos horizontales perpendiculares y ya que los refuerzos metálicos interiores del sistema no impiden estos impactos, se propone una solución simple de estabilización mediante su diseño e instalación en forma angular, es decir elementos de muro en forma de L, T, U, X, Y o Z que solo por su forma proveen resistencia necesaria al volcamiento y al colapso.



Fuente del autor: formas de estabilización de panelería



El reto y al vez el éxito de los paneles sustentables será justamente el lograr su conformación y resistencia como **elemento prensado y crudo** y además su estabilidad como sistema de panelería ligera.

Además en el contexto energético y normativo mundial (Protocolo de Kyoto, Directiva CE 2002/91), la prioridad es el ahorro y la eficiencia energética en la selección de materiales, fabricación de elementos de construcción y diseño de la edificación, en lo que la tierra cobra nuevamente un importante protagonismo.

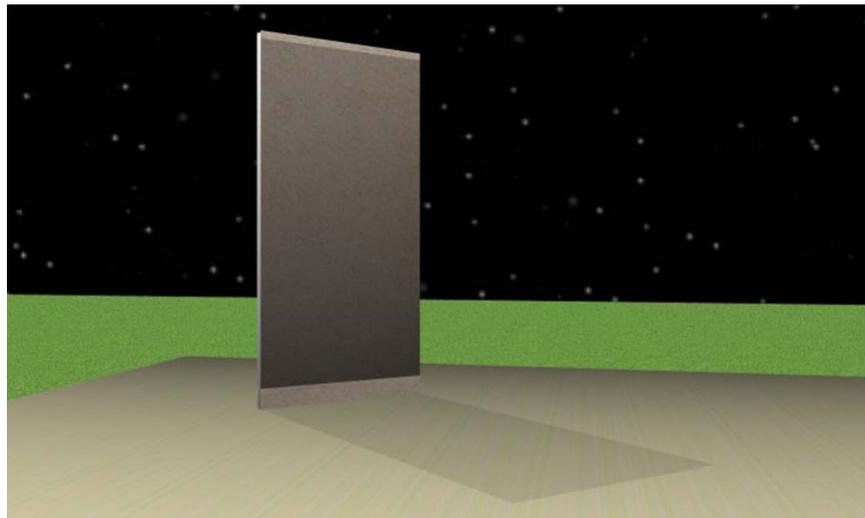
La AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) ha promovido la creación de un subcomité de “Edificación de tierra cruda” dentro del “Comité nº 41 de construcción”. Desde su creación (octubre 2005) un grupo de más de 70 personas formado por personal científico de universidades, de empresas constructoras, productores, artesanos, agentes de desarrollo rural, arquitectos, proyectistas, asociaciones de protección de patrimonio arquitectónico, etc. está trabajando para la normalización de la construcción en tierra mediante la elaboración y/o complementación de normas UNE para cada técnica (adobe, tapial, bloque de terro-cemento (BTC), revestimientos y morteros).

Por otra parte se debe destacar la labor de muchos grupos alrededor del mundo, para el fomento de una normativa para la edificación con tierra cruda, como está ocurriendo en países como EEUU, Australia, Nueva Zelanda y muchos más. Además la Comunidad Europea apoya programas como Terra y Africa 2009, RehabiMed y la AECI e ICAEN el programa Azahar en defensa de la arquitectura sostenible.

2.2. Elementos del sistema de panelería ligera.-

Elementos del tablero: “Tierra arcillosa + cal + fibras + resina + papel-cartón”.

- Tierra arcillosa.
- Cal (cementante natural si es necesario)
- Fibras naturales o polímeros. (depende de costos y durabilidad).
- Resinas naturales (si es que es necesario)
- Lamina de papel-cartón (recubrimiento de la placa).



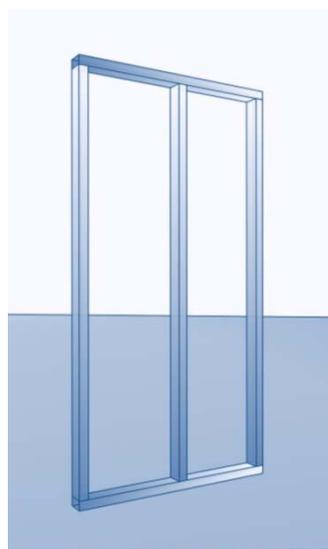
Fuente del autor: Panel en 3D

2.3. Elementos del sistema de Panelería:

- Estructura interna de madera o perfil galvanizado.
- Doble placa de conformado de panelería ligera.
- Sujeción sellado de juntas y empastado final.



Estructura de madera



Estructura de metal galvanizado

Fuente: 3D del autor

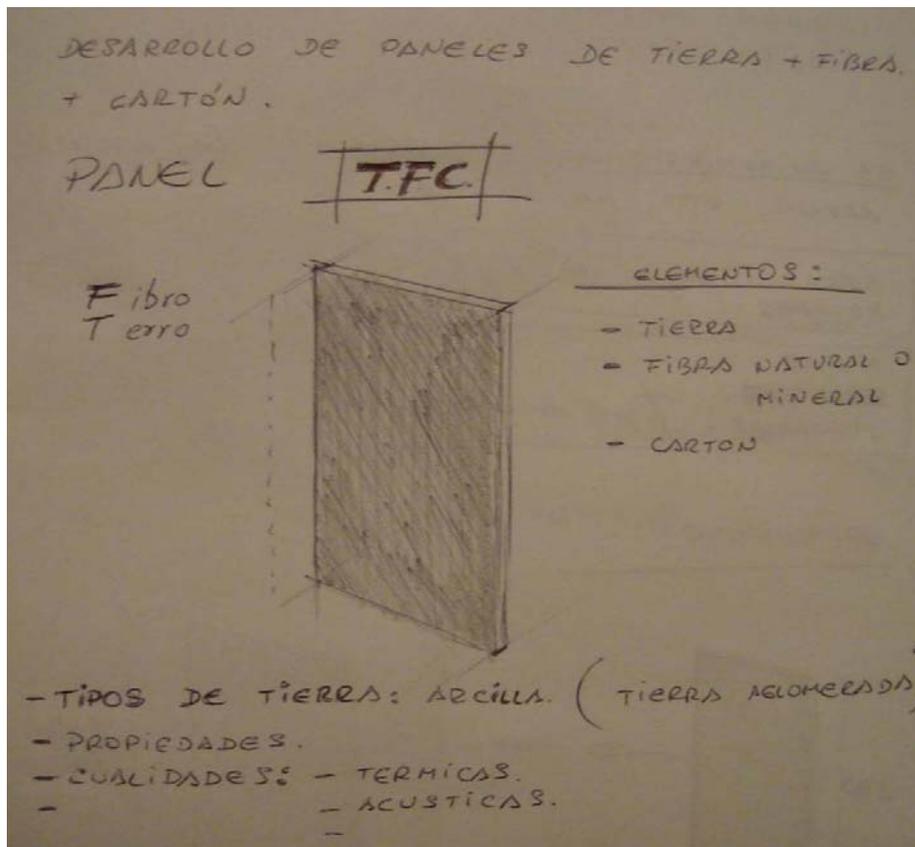


Fuente del autor: sistema de división interior en 3D.



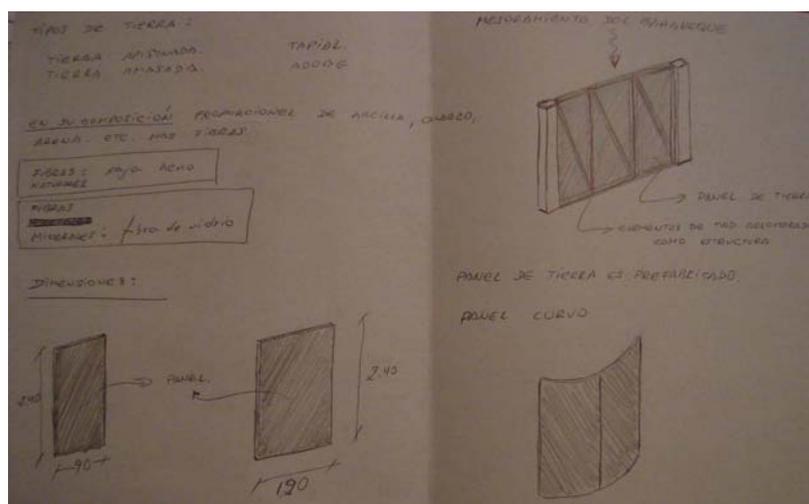


2.4. Análisis previos de diseño:

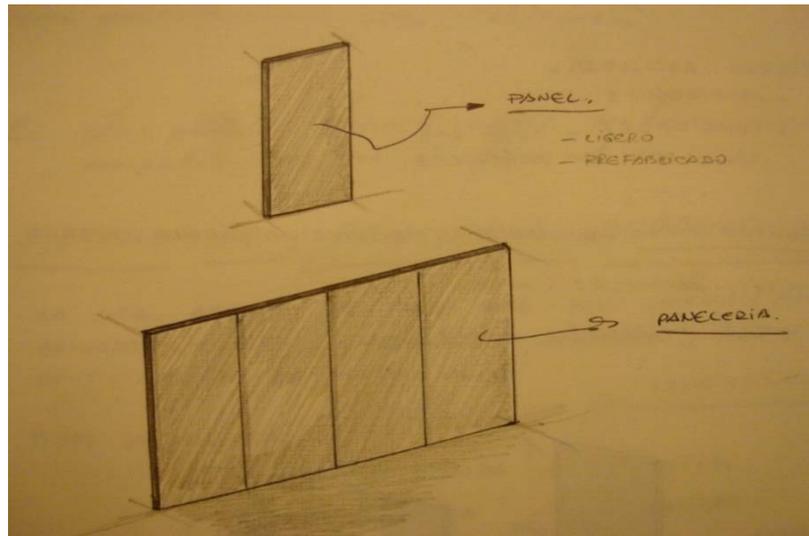


Fuente: 1ª ilustración del autor.

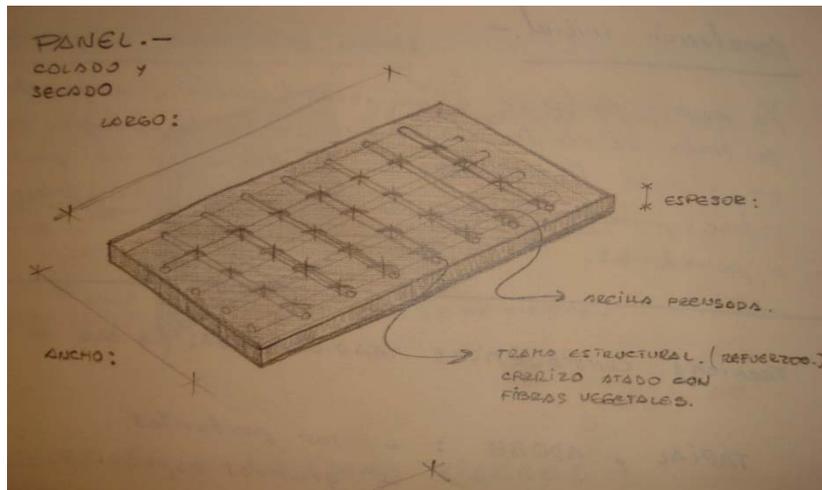
Pre-diseños:



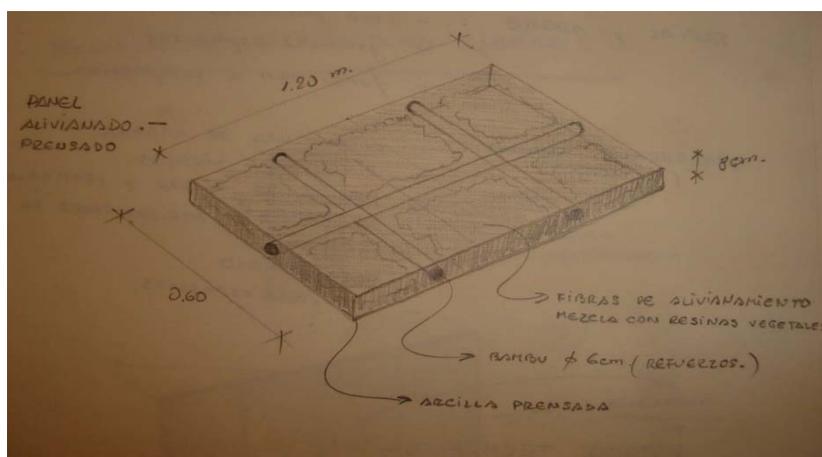
Fuente: 2ª ilustración del autor.



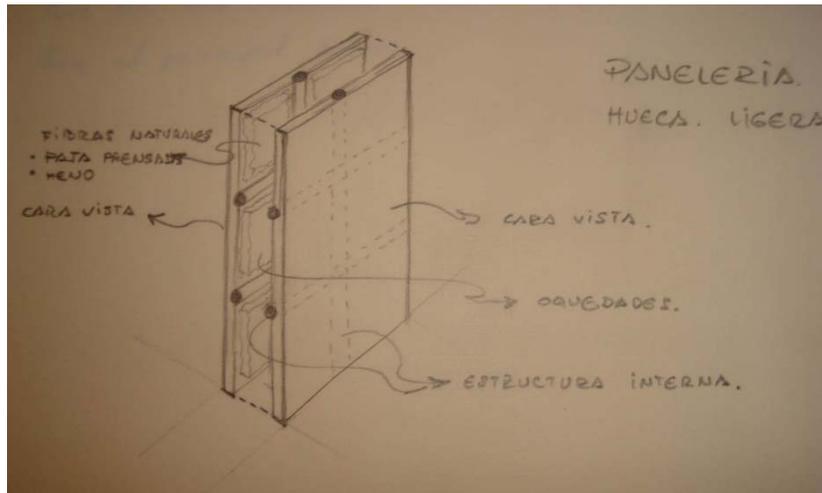
Fuente: 3' ilustración del autor



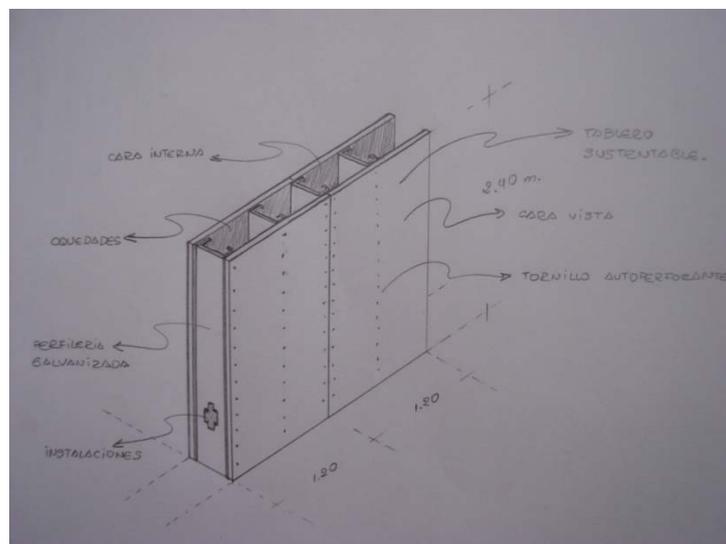
Fuente: 4' ilustración del autor



Fuente: 5' ilustración del autor



Fuente: 6' ilustración del autor



Fuente: 7' ilustración del autor.

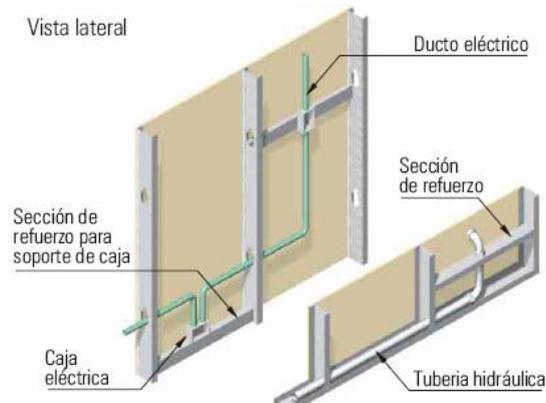
Los materiales empleados en el sistema de panelería sustentable ligera, responden a fuerzas tanto inherentes a los propios materiales como a fuerzas externas que se presentan según la posición y ubicación de la estructura, empujes, roces, etc, etc. Por tanto las dimensiones de la estructura interna no solo dependen de su función sino del tipo de material empleado.

2.5. Tipos de estructura de soporte para la construcción con panelería de tierra.

El sistema estructural será conjunto de elementos capaces de mantener la forma de la panelería ligera, bajo la acción de cargas a las que estará sometida.



La placa o tablero sustentable, podrá ser instalado sobre diversos tipos de estructura, madera o metal galvanizado, aunque dependiendo del riesgo a incendios se preferirá el metal.



A continuación se describen algunos tipos de combinaciones para el sistema de panelería:

- Un tablero, aplicado a estructura de madera.
- Un tablero, aplicado a estructura de metal.
- Un tablero, aplicado directamente sobre una mampostería seca.
- Dos tableros, aplicados directamente sobre estructura de madera o metal.

Ejemplos:



Fuente del autor.

Considero que la estructura juega un papel importantísimo en el conformado del sistema de panelería sustentable, puesto que le brindara el espesor adecuado y además



la factibilidad de introducir las diferentes instalaciones y materiales aislantes en el interior de las divisiones modulares, para su mejor desempeño como tal.

2.6. Características del panel y sistema de panelería sustentable propuesto:

Para que el tablero sustentable y su conformación como sistema de panelería ligera empleada en divisiones interiores cumpla con las principales características físicas y mecánicas, y además alcance los objetivos de competencia económica y social, deberán considerarse algunos aspectos primordiales dentro del diseño y fabricación del tablero, así como de la conformación del sistema como tal.

Características de la industrialización:

Eco fabricación.- los procesos de Ecodiseño y eco fabricación del panel o tablero sustentable, deberán regirse de manera estricta a los parámetros y criterios estudiados en el capítulo II de este trabajo de investigación en donde el principal objetivo es el desarrollo de la ingeniería del ciclo de vida de los productos, bajo normas de sustentabilidad, generando industria y procesos mucho mas sanos y saludables.

Apilamiento.- el apilamiento de los tableros deberá hacérselo en forma vertical en estanterías adecuadas para el efecto y en áreas cubiertas, de tal manera que se garantice la integridad del producto.

Transporte.- la transportación se la deberá realizar en camiones adecuados de igual forma para garantizar la integridad de los tableros.

Estandarización.- una vez que el producto sea completamente experimentado, estudiado y desarrollado, deberá permitir su estandarización y producción en serie para abastecer la demanda de los mercados locales y regionales, manteniendo inclusive la posibilidad de su exportación.

Promoción y venta.- el simple hecho de promocionar un elemento constructivo sustentable que contribuirá a lograr un ambiente saludable en todo su ciclo de vida útil, es decir desde su proceso de extracción y procesado de materias primas, eco fabricación del producto, almacenaje y distribución, utilización y reutilización del



mismo, recuperación, reciclabilidad y reinserción de los residuos al final del ciclo, para su reintegración en los procesos de fabricación de nuevos productos.

Características del panel sustentable:

Resistencia.- la resistencia que deberán presentar los tableros será única y exclusivamente la necesaria para cumplir los objetivos como panel, elemento integrante de un sistema de panelería para división interior.

Resistencia a la humedad.- el tablero sustentable propuesto no tiene resistencia a la humedad, ya que se trata de un elemento crudo y prensado, cuyo objetivo principal es el de conformar elementos divisorios de espacios interiores, por ende no podrá ser utilizado como exterior, ni en áreas húmedas.

Dimensiones.- el tablero deberá tener dimensiones ajustadas a nuestro sistema métrico de medidas, para evitar la cantidad de desperdicio que se produce al utilizar tableros con medidas en pies y pulgadas del sistema inglés, es decir las medidas utilizadas comúnmente por nosotros en el sistema métrico son: 0.30; 0.60; 0.90; 1.20; 2.40; etc, por tanto la modulación de los tableros estará en función de este sistema de medidas empleado en nuestro medio.

Las medidas modulares de los tableros podrán ser de:

0.60 X 0.60m

0.60 X 1.20m

1.20 X 1.20m

1.20 X 2.40m (si su resistencia, peso y manipulación lo permite)

Peso.- Esta, conjuntamente con la anterior característica del tablero o panel son fundamentales ya que no se puede desarrollar un elemento demasiado pesado que interfiera con su manejo y manipulación en obra, por esta razón se analizan los productos de la competencia para poder determinar las dimensiones y por ende el peso mas adecuado para la conformación del tablero sustentable.

Modulación.- la modulación es otro de los aspectos importantes en el diseño de los paneles propuestos, ya que deberán permitir combinaciones y adaptaciones con elementos como puertas, ventanas, muebles, etc, etc.



Ligereza.- tanto el tablero como el sistema conformado, deberán ser ligeros, para facilitar su utilización y reutilización.

Manipulación.- el manejo manual y movilización en obra se lo realizara entre dos personas de forma vertical, de tal manera que el producto no sufra deformaciones.

Características del sistema de panelería ligera:

Térmicas.- El panel por su conformación a base de tierra y fibras, permite mantener en cada ambiente, un equilibrio térmico adecuado y confortable, debido a sus propias características como material.

Acústicas.- La idea es que el sistema cumpla con las normas básicas, ya que se trata de divisiones ligeras de ambientes en donde no existe un criterio hermético, sino mas bien abierto al dialogo y a las relaciones interpersonales, por tanto un ambiente deberá ser considerando y priorizando según el uso y actividades a desarrollarse en el área.

Antisísmicas.- El sistema de placas de tierra, por ser montado sobre una estructura de metal, lo cual le brinda la propiedad de ser un sistema flexible mecánicamente hablando, podrá sufrir ciertas flexiones y deformaciones, pero no colapso ni ruptura total, por tanto debe ofrecer una mayor seguridad.

No combustible.- Las placas de tierra estarán compuestas en lo posible por un porcentaje agua, que al entrar en contacto con el fuego, liberaran el líquido evitando así su combustión y propagación, Además el sistema presentara resistencia al incendio, debido a que su núcleo está hecho de tierra, material no combustible.

De acabados.- el muro ligero para que pueda competir con los demás sistemas que existen en el mercado, deberá permitir que se coloquen diferentes capas de empastado y luego cualquier tipo de pintura o texturado, de tal forma que brinde muchas posibilidades de acabados.

De reciclaje.- tanto el tablero o panel, como los demás elementos del sistema de panelería sustentable deberán permitir su reciclabilidad, ya que uno de los principales objetivos de esta investigación es minimizar al máximo la generación de residuos y escombros que contribuyan a la contaminación ambiental, por otro lado, deberá poder reinsertárselos nuevamente como materia prima en el proceso de fabricación de nuevos tableros.



De reutilización.- los tableros y el sistema en general luego de haber cumplido con los objetivos para los que fueron empleados en cierta área, permitirán ser desmontados y reutilizados al menos en un 70% para la conformación de nuevos espacios interiores, colaborando de esta manera también a la economía y protección ambiental.

Luego del análisis de los diseños del panel y su conformación como panelería, y las características que deben cumplir, cabe recalcar algunas consideraciones especiales:

Riesgo contra humedades.- considerando que se trata de una panelería para ambientes interiores y que no es apta para resistir humedades, su cuidado y mantenimiento debe ser estricto y rutinario, para garantizar su vida útil, sin embargo si se presentaran pequeños daños y fueran detectados a tiempo, pueden ser reparados, sin que el sistema de división sufra mayores consecuencias.

Riesgo contra niños.- es importante analizar los efectos o daños que puedan causar los niños a este tipo de panelerías a base de tierra, ya que por su conformación de material crudo pudiera ser que resulte demasiado vulnerable al ataque de los niños.

Desgaste al rozamiento.- otro de los efectos que podría deteriorar al sistema de panelería sustentable es el rozamiento de muebles como escritorios, estanterías y especialmente sillas y sillones giratorios que están en constante movimiento en áreas administrativas de oficinas o de comercios, lo cual me lleva a reflexionar sobre su adecuada resistencia como tablero y también la calidad de acabados externo del tablero, para evitar los daños y consecuente deterioro por efectos de estas causas que acabamos de mencionar anteriormente.

Métodos experimentales del “Sistema de Panelería sustentable”.

La elaboración de prototipos experimentales, se realizó en los laboratorios de pruebas de la UCG. en la Universidad Técnica Particular de Loja, para ir obteniendo y registrando los datos concretos del elemento como tal en los diferentes ensayos de resistencia a la flexión, peso, ligereza, duración, combustión, impermeabilización, etc.



Prototipos de experimentación a escala:

Molde de madera: escala 1:100



Tierra arcillosa con limo



paja de montana



yute seco



Ensayo 1.

Tablero de tierra arcillosa

Componentes:

- Tierra arcillosa
- Limo
- Paja seca de montana
- agua



Procedimiento:

1. Se mezcla la tierra con la arcilla y el limo para luego agregarle la paja seca.



2. Se agrega agua y se bate



3. Luego se coloca en el molde de madera y se compacta.





4. Se alisa la superficie con el espesor adecuado.



5. Se coloca al horno de secado a 60 `C



Ensayo 2.

Tablero de tierra arcillosa mas cal.

Componentes:

- Tierra arcillosa
- Limo
- Cal



- Yute
- agua

Procedimiento:

1. Se mezcla la tierra arcillosa con el limo y la cal, para luego agregarle el yute.



2. Se agrega agua, se bate y se coloca en el molde de madera





3. Se alisa y se coloca en el horno



4. A la 24 horas, se sacan las muestras del horno





El **prototipo oscuro** elaborado con el procedimiento del ensayo 1, se muestra mucho menos resistente que el **prototipo blanco** elaborado con el procedimiento del ensayo 2, la razón principal de la mayor resistencia del prototipo blanco es la presencia de cal como cementante natural, en la composición de la mezcla de amasado, además la utilización de fibra de maguey (penco) o comúnmente llamada en nuestro medio como cabuya, la cual le brinda una mejor compacidad, flexibilidad y resistencia.

Considero la necesidad de elaborar muchas mas pruebas de ensayo para obtener la dosificación adecuada dependiendo de las dimensiones del prototipo y perfeccionar las propiedades y características del tablero, para su uso.



Prototipo blanco:





Fuente: del autor.



Conclusiones de la propuesta:

Luego de analizar diversos aspectos tanto físicos, como mecánicos y sociales de los tableros o paneles propuestos y del sistema ligero como tal, puedo concluir con algunas consideraciones y aportes importantes para la finalización de esta primera etapa del proceso investigativo-experimental y al mismo tiempo dejar abierta la puerta de un amplio horizonte de conocimiento e investigación sobre el tema tratado:

1. En base a los estudios y pruebas iniciales básicas realizadas considero factible la posibilidad de una eco fabricación de tableros sustentables a base de tierra arcillosa, fibras y resinas, tablero que será estabilizado, prensado y secado crudo, que permita elaborar un sistema de panelería: ligera, reutilizable, reciclable, saludable, comfortable y económica.
2. El reto será lograr un tablero ligero, resistente y durable, en donde juegan un papel preponderante las dimensiones y espesores factibles de fabricar y manipular, formando un elemento que pueda competir tanto en calidad, cuanto en precios con los demás productos del mercado y que además tiene la garantía de ser saludable.
3. El componente de vivir de manera saludable esta presente cada vez mas frecuentemente en nuestra vida diaria: alimentación y nutrición, medicina alternativa, deporte y recreación, y por que no hablar de espacios saludables en toda la extensión de la palabra, es decir que podamos tener la certeza que nuestros ambientes: laborales, sociales, culturales, espirituales, medicinales, educativos, familiares, etc, etc, sean espacios verdaderamente sanos, ya que es increíble que en hospitales en donde se supone que las personas van en busca de salud, se encuentren paredes con acabados de pintura con altas emanaciones de plomo, de igual forma se utilicen materiales como los poliestirenos, y poliuretanos, elementos fabricados a base de yeso, de cementos y fibrocementos artificiales, etc, etc. De los cuales se ha comprobado una y varias veces los efectos nocivos para la salud que producen estos materiales.
4. Además el hombre esta en una constante búsqueda de espacios tanto interiores como exteriores que le brinden verdaderas sensaciones de bienestar y confort ambiental, efecto que esta directamente relacionado con la salud del ser humano.



5. La abundante riqueza de nuestra región en cuanto a recursos naturales, nos invita a desarrollar planes estratégicos y de manejo sustentable de recursos que pueden ser explotados y empleados en la industria de la construcción de manera controlada, impulsando el desarrollo productivo, económico y ambiental de nuestro país, sin perjudicar nuestro medioambiente natural.
6. Así mismo creo totalmente viable el desarrollo de una industria limpia local, que respete y cumpla al máximo con los procesos sustentables para la producción de elementos de construcción, que coadyuven a minimizar los impactos producidos al medio ambiente en particular y al planeta en general.
7. Al referirme a industria local, estoy hablando también de dos aspectos trascendentes, primeramente de la posibilidad de generar fuentes de trabajo y en segundo lugar de la factibilidad de promover y mejorar la mano de obra calificada para la elaboración de sistemas actuales de construcción.
8. Un campo muy importante que cabe considerarlo también, es el de la producción de nuevo conocimiento, que hoy en día se convierte en la mercancía de mayor circulación en el mundo, y que es necesario fortalecerla, aplicarla, evaluarla, mejorarla e intercambiarla, para contribuir con el nivel del conocimiento global.
9. En cuanto a la aceptación social, creo que nuestras actuales generaciones y mucho mas las futuras generaciones venideras serán cada vez mas adaptables y flexibles a los cambios tanto de mentalidad cuanto de adaptación a espacios nuevos creados con materiales que ya no son las inmensas piedras de la antigüedad, ni los muros portantes de generosos espesores, sino materiales ligeros, reutilizables y reciclables, flexibles y cambiantes, inteligentes y adaptables de acuerdo a las posibilidades y requerimientos de sus propios usuarios en un determinado momento y lugar.
10. Con todo lo anteriormente citado no estamos haciendo nada mas que procurar la mejora constante de la calidad de vida de nuestros semejantes e intentar mantener el equilibrio armónico entre los ecosistemas de nuestro planeta tierra.
11. Cabe recalcar que esto es el inicio de una línea de investigación la cual deberá irse desarrollando y sustentando con mayores argumentos científicos y pruebas experimentales que brinden el aval necesario para continuar con el desarrollo de la propuesta de elaborar elementos sustentables para la construcción.



CONCLUSIONES GENERALES:

- La posibilidad de generar **innovación tecnológica y desarrollo industrial rentable y saludable**, utilizando nuestros propios recursos esta en nuestras manos, solo falta asumir el reto que todo trabajo de investigación y producción requiere, para generar un conocimiento adecuado logrando que este se traduzca en desarrollo progresivo a todo nivel, creando mejores condiciones de vida para la población en general.
- De esta manera no solo se crea industria limpia, sino que también se crean fuentes de trabajo, contribuyendo de manera efectiva al aparato productivo local y nacional, brindando la oportunidad de trabajar dignamente y sin salir de nuestro entorno inmediato, y por ende evitando la desmembración familiar fruto de las constantes migraciones de nuestra mano de obra a otras latitudes del planeta.
- Creo que cada momento es histórico y nunca es tarde para hacer un alto en esta carrera desenfrenada de consumo de productos importados que no cumplen con **un proceso limpio de industrialización** y que además no se ajustan de una manera adecuada a nuestras formas de vida, de pensamiento, cultura, actividades y desarrollo humano que es diferente al de los países que los producen.
- Además cada época requiere de respuestas acordes y eficientes al momento de ser requeridas, es por esto que considero urgente la necesidad de **desarrollar materiales y sistemas constructivos que se adapten a las actuales y futuras necesidades de la población**, sin comprometer la integridad del planeta a la hora de su industrialización, uso y aplicación en las diferentes necesidades y actividades del ser humano.
- Por otro lado, considero que **la arquitectura actual y futura debe y deberá caracterizarse por distintos niveles de flexibilidad y accesibilidad**, siendo diseñada y modulada de tal manera que se pueda crear áreas y espacios acordes a las necesidades de crecimiento, cambio y reorganización física, sin descuidar el tema medioambiental que parte desde la necesidad obligada de utilizar sustentablemente recursos renovables propios de la región, para que luego de cumplir con su ciclo de vida útil satisfaciendo nuestras expectativas, puedan ser reciclados y reinsertados en los procesos de industria limpia ya sea como materia



prima nuevamente o como elementos prefabricados para la elaboración de otros productos.

- Estos criterios actuales de **accesibilidad y flexibilidad en los diseños arquitectónicos y sus sistemas constructivos**, parten por un lado, de la urgente necesidad de integrar al aparato productivo, intelectual y científico de los países, a todas las personas sin relegar a las personas discapacitadas o con capacidades diferentes, tomando en cuenta que son aproximadamente el 10% de la población mundial, y por otra parte es fundamental que los objetivos de los espacios físicos deban apoyar y favorecer completamente a los objetivos y expectativas de las empresas o usuarios finales de estos ambientes arquitectónicos, tanto en el campo comercial, administrativo, deportivo, industrial y de vivienda.
- **El mundo esta cambiando a pasos agigantados** y nosotros no debemos quedar estáticos mirando lo que ocurre a nuestro alrededor sin intervenir de manera efectiva, proponiendo posibles soluciones a los diversos problemas que nos enfrentamos día a día y llegando a concretar y ejecutar nuestras propuestas, de forma que se conviertan en aporte real a la transformación del planeta y no que queden como simples diagnósticos verbales de lo que esta sucediendo.
- El **desarrollo de eco tecnologías** repercute en directamente en el beneficio económico, social y ambiental de un país por tanto es urgente que nuestros mandatarios vuelvan sus miradas al potencial humano y natural que poseen nuestros países y generen verdaderos planes de desarrollo a nivel urbano y rural, ya que es nuestro propio potencial y trabajo mancomunado el que permitirá el surgimiento de un desarrollo equilibrado, constante y progresivo de nuestra sociedad en general.
- En la actualidad el **valor de los productos fabricados, no esta dado por la cantidad de materias primas incorporadas o por la mano de obra utilizada, sino principalmente por el nivel de conocimiento e ideas involucradas en los procesos de diseño y fabricación**, es por esto que el conocimiento se torna en el factor esencial de la producción contemporánea, en el motor generador de desarrollo, riqueza y poder, por tanto se convierte en un componente fundamental de desarrollo para nuestros países llamados del tercer mundo.



Preguntas para futuras investigaciones:

- **¿Cuál será el Certificado de Aptitud Técnica de los sistemas de construcción en el futuro?.** Si la tecnología continúa avanzando en todos los campos, y la construcción no es la excepción.
- **¿Analizamos el consumo de energía requerido para elaborar tal o cual material de construcción?** antes de utilizarlo en obra, para tener plena conciencia del nivel de contaminación con el que estamos afectando indirectamente al planeta.
- **¿Analizamos las patologías de los materiales y sistemas contemporáneos de construcción?** Antes y después de utilizarlos en obra, conceptos como por ejemplo: efectos dañinos de contaminación ambiental en el interior de los espacios, prevención, mantenimiento, etc.
- **¿Exigimos con rigor un control de calidad en los procesos y sistemas constructivos contemporáneos?** o simplemente utilizamos sin ninguna responsabilidad los sistemas y materiales que nos muestra el mercado.
- **¿Evaluamos la vida útil de los materiales cuando realizamos una edificación?.** Para tener claros los procesos futuros de remodelación, reutilización, reciclaje, etc.
- **¿Consideramos los impactos generados en el entorno a nuestros procesos constructivos?,** ruidos, polvo, contaminación visual, afectación a vecinos, etc.
- **¿Se procura una mejora continua y una capacitación efectiva de nuestra mano de obra local?** Considerando que uno de nuestros principales recursos con los que trabajamos día a día, es justamente el capital humano.
- **¿Será el Just in Time, uno de los sistemas de mejora continua de la calidad mas efectivo en procesos de construcción arquitectónica?.** En procura de cero desperdicios.
- **¿Cuales serán los materiales y sistemas constructivos del futuro?.....**

Y finalmente una ultima pregunta que se me viene a la mente

- **¿Cuál será el tipo de edificación que contemple una nueva y futura visión del mundo?.....**



REFERENCIAS:

Referencias Bibliográficas:

- Gernot Minke. **Manual de construcción en tierra**. Editorial Nordan-Comunidad, Uruguay 2001.
- Paul Graham Mchenry, Jr, **Adobe, como construir fácilmente**, editorial trillas S.A, impreso en México, primera edición en español 1996.
- **Francis Wessling**. “**Transient Thermal Response Of Adobe**” en adobe news, #6, Albuquerque, Nuevo México, 1975.
- L. W. Bickle y W. J. Van der Meer y “**Effective U Values-A New Method For Predicting Average Energy Consumption For Heating Buildings**”, New Mexico Energy Institute Report # 76 – 161 C, University of New Mexico Albuquerque, Nuevo México, mayo 1978.
- Capuz, S. **Introducción al proyecto de producción**. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 1999.
- Capuz, S; Gómez T; **Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles**. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Impreso en México 2004. Alfaomega grupo editor, S.A.
- Edwards Brian, con la colaboración de Hyett Paul, **Guía Básica de la Sostenibilidad**. Editorial Gustavo Gilli S.A. Barcelona 2004.
- Salas Espíndola Hermilo, **El Impacto del Ser Humano en el Planeta**. Editorial EDAMEX, segunda edición 4 de enero de 2006, impreso y hecho en México.

Referencias web:

- **<http://www.usg.com>**
Esta compañía fabrica materiales para la industria de la construcción y remodelación.
- **<http://www.drywalltextures.com>**
Este sitio web muestra las nuevas herramientas y materiales que ofrecen lo último en técnicas de texturización y acabados de drywall.



- **<http://www.nationalgypsum.com>**
Esta compañía fabrica diferentes productos hechos en base a yeso. El sitio web contiene información de los productos de la compañía, así como también artículos útiles e información relativa a drywall.
- **<http://www.usgaction.com>**
- **<http://www.drywalltextures.com>**
- Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Pitágoras 1139, Col. Del Valle C.P. 03100 México, D.F. México
Derechos Reservados ® 2003. Desarrollado por Interlial Digital.net
Información y Comentarios a la Página
- www.panelcovintec.com
- www.yesopanamericano.com.mx
- www.tablaroca.com.mx
- www.plaforma.com.mx
- www.panelrey.com.mx

Normas y certificaciones:

- Alevantis, L. E. et al. (2002). Prácticas de edificación sustentable en el estado de California, 9º Conferencia Internacional sobre Calidad de Aire y Clima al Interior de los Edificios, Monterey, California, junio 30 a julio 5.
- Código de los Recursos Públicos, PRC. (2001). Sección 42635, EUA.
- Comisión de Energía de California, CEC. (2001). Special Environmental Requirements, sección 01350, con Especificaciones para la Eficiencia de los Recursos y la Energía, publicada por el PIER (Centro Público en Investigación y Energía), California, Estados Unidos, pp. 327.
- Norma Oficial Mexicana NMX-C-013-1978, Paneles de yeso para muros divisorios y falsos plafones, sección de construcción, México.
- Reglamento de Seguridad y Salud de California, CHSC. (2005). Secciones 105400 a 105430, EUA. www.cal-iaq.org/IAQCode.htm.



- Sociedad Americana para Pruebas de Ensayos y Materiales, ASTM. (1997). Guía para la determinación a pequeña escala de emisiones orgánicas de materiales en ambientes al interior de los edificios, EUA, norma D 5116- 97/ ASTM.