Arquitectura e Ingeniería en Iberoamérica: hombre, naturaleza y ciudad

segundo premio

SISTEMA CONSTRUCTIVO ALTERNATIVO COV-2

127-35

Autores:

**Marco Ortíz Aldas
Miguel Vega López
Walter Carrera**

ECUADOR

SISTEMA CONSTRUCTIVO ALTERNATIVO COV-2

GRUPO A : MARCO ORTIZ ALDAS/MIGUEL VEGA LOPEZ/WALTER CARRERA

A N T E C E D E N T E S

En las últimas cinco décadas, en el Ecuador se ha generado un proceso acelerado en la utilización del hormigón armado en la edificación, especialmente en el área urbana, con la implementación del cemento y el acero como materiales básicos importados.

Sin embargo de esta situación la cobertura social en vivienda y en otros servicios básicos, tiene índices deficitarios alarmantes, lo que implica que estos desarrollos tecnológicos en la construcción no han sido una solución integral al problema planteado.

Lo anterior enmarca los requerimientos que tiene el país de incentivar e impulsar una generación de técnicos que investiguen y propongan sistemas constructivos alternativos, tecnologías tradicionales mejoradas y tecnologías ecológicas para desarrollar procesos constructivos sencillos de bajo costo, que traten de superar las limitaciones en el consumo fundamentalmente de vivienda.

MOTIVACION

El problema básico en la construcción es el reducir los costos y de esta manera ampliar la cobertura social.

En términos de participación de rubros en la construcción, los costos de mayor incidencia son los de entrepisos y cubiertas, los cuales fluctúan entre el 20 y el 30 por ciento del monto de inversión total.

La falta de soluciones prácticas de basta aplicación y de bajo costo, ha llevado al uso de alternativas comunes como son los entrepisos y techos de madera, recubiertas de tejas de barro o cemento, planchas de asbesto cemento, zinc, cartón asfáltico y otros, techos que demandan permanente mantenimiento y limitan el crecimiento vertical en la vivienda.

Otra alternativa convencional es el uso de losas de hormigón con hierro que tienen mucha demanda por sus posibilidades de crecimiento vertical y por su imagen urbana, sin embargo su alto costo, limita su utilización masiva en programas dirigidos a los sectores de menores recursos económicos.

LA NECESIDAD DE UN PLANTEAMIENTO CONSTRUCTIVO ALTERNATIVO

Frente a los requerimientos planteados, GRUPO A propone el sistema constructivo COV-2 y con este, varias alternativas tecnológicas en base a la utilización de sus componentes.

OBJETIVOS

- 1.- SOLUCIONAR ENTREPISOS Y CUBIERTAS DE BAJO COSTO.
- 2.- RECUPERAR MATERIALES Y TECNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES Y CONVENCIONALES.
- 3.- AJUSTAR LA PROPUESTA A LA NORMALIZACION EXISTENTE.
- 4.- PROPONER UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CUYA RESISTENCIA, SEGURIDAD Y CONFORTABILIDAD COMPITA CON VENTAJA EN CUALQUIER ZONA GEOGRAFICA Y CLIMATICA DEL PAIS.
- 5.- RECOGER LA TENDENCIA IMPLICITA DE LA DEMANDA DE LOS USUARIOS.

DESCRIPCION DEL SISTEMA

El Sistema Constructivo COV-2, es un sistema alternativo que utilice la caña guadua como refuerzo y alivianamiento de los componentes estructurales en la edificación, además recupera y retroalimenta técnicas constructivas y componentes utilizados en la construcción tradicional como muros soportantes, arcos adintelados, rebajados y de medio punto y los amalgama con materiales y técnicas convencionales.

La caña guadua actúa como refuerzo en los elementos de hormigón y en la mampostería en forma de láminas que a su vez componen escalerillas, cables torcidos y castillos; y, como alivianamiento en su forma rolliza, al reemplazar al bloque de piedra pómez o a las bovedillas.

Con estas características de utilización de la caña guadua, se diseña un sistema estructural resistente a cargas verticales y a fuerzas laterales, conocido como "caja".

"Es un sistema estructural sin pórtico espacial completo resistente a cargas verticales. Su característica principal consiste en la doble naturaleza de sus muros que soportan cargas verticales y que son parte del sistema resistente a fuerzas laterales. En este sistema las fuerzas laterales son resistidas principalmente por los muros al corte." Código Ecuatoriano de la Construcción - INEN.

Los muros soportantes actúan como diafragmas y los diversos tipos de arcos y dinteles dan continuidad estructural cuando se necesita vaciar determinadas áreas en los muros por funcionamiento e iluminación.

COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO COV-2

Los componentes del sistema son:

Un conjunto de muros soportantes verticales diseñados en dos

direcciones con mampostería reforzada con láminas de caña guadua, que configuran los ambientes:

Muros portantes.

Un conjunto de placas horizontales y/o inclinadas, diseñadas en hormigón armado con caña guadua, configurando contrapiso, entrepiso y cubierta.

Todas las placas de hormigón como los muros verticales se encuentran debidamente anclados entre sí.

ELEMENTOS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO COV-2

CIMENTACION.— Determinado el esfuerzo de trabajo del suelo se diseña la cimentación: para el caso de suelos firmes y medios, es

una cimentación corrida de hormigón ciclópeo de construcción tradicional fundida sobre un replantillo de hormigón simple, en los dos sentidos; el suelo es cortado conformando bóvedas con lo que se consigue un máximo contacto de la cimentación con el suelo para la descarga de los esfuerzos.

Cimentación-Corte tipo.

CADENA INFERIOR.— Sobre la cara superior de la cimentación se levanta una cadena inferior de hormigón, reforzada con láminas de caña guadua, que se anclan a los refuerzos de cimentación, contrapiso y mampostería.

CONTRAPISO.— Compactado el suelo, nivelado el piso con piedra. cubiertos los poros existentes con arena y colocado el polietileno, se arma una malla ortogonal de caña guadúa, amarrada en los dos sentidos y sujeta a los refuerzos de cadena inferior, para luego proceder al vertido del hormigón simple, conformando de esta forma una placa horizontal macisa.

MAMPOSTERÍA.— Uno de los elementos básicos del sistema constructivo COV-2, es el uso de muros soportantes en dos direcciones en base a mampostería de ladrillo mamporrón común o bloque de carga, reforzada con láminas de caña guadua.

En las superficies laterales se fija una malla de láminas de caña inclinada a 45 grados, ancladas entre sí por medio de escalerillas que se las coloca entre las hiladas de ladrillo o

Escalera tipo-E-1.

Anclaje cimentación cadena contrapiso.

bloque, lo cual evita que los muros se deformen por fuerzas laterales, dan continuidad al refuerzo de los elementos estructurales y al ser recubiertas con mortero de cemento, cal y arena a manera de enlucido, conforman un elemento homogéneo a manera de diafragma.

Para solucionar la continuidad cuando se requieren vaciados en los muros, se utilizan arcos de diverso tipo en mampostería o vigas de hormigón armado con caña guadua como dinteles.

Armado de pared soportante.

Los muros transmiten las cargas verticales hasta la cimentación y son elementos resistentes a las fuerzas laterales, además tienen la característica de ser aislantes acústicos y térmicos.

El concepto fundamental de las edificaciones construidas con muros portantes es la acción estructural continua de los contrapisos, entrepisos y muros.

CADENAS SUPERIORES.— Sobre las cabezas de los muros, se construye una cadena superior de hormigón armado con láminas de caña guadua, que se sujetan a los refuerzos de mampostería, con lo que se consigue un adecuado arriostramiento de los muros, una descarga uniforme de la placa de entrepiso o cubierta y además su anclaje.

PLACAS.- Los entrepisos y cubiertas (horizontales y/o inclinados respectivamente), están constituidos por un elemento continuo de hormigón reforzado y aligerado con caña guadua, armado en una sola dirección en función de los apoyos diseñados.

Para el alivianamiento de la placa, se utiliza la caña guadua rolliza colocándose transversalmente a las paredes soportantes, en un solo sentido, apoyada y anclada a la cadena superior, dando rigidez a la estructura.

El reforzamiento de los nervios se realiza con elementos compuestos como escalerillas o castillos de láminas y/o cables

dependiendo del trabajo y configuración del esquema estructural diseñado; adicionalmente para dar continuidad total a esta estructura se añade una doble armadura que consiste en una malla inferior y superior de láminas de caña guadua sujeta a los elementos rollizos, armadura de los nervios y anclada a los refuerzos de mampostería y cadena superior.

Finalmente se procede a la fundición vertiendo el hormigón simple, quedando en condiciones de absorber las fuerzas internas de tracción, compresión y cortantes producidas por las fuerzas verticales y laterales externas.

Las placas transmiten las cargas verticales muertas y vivas a los muros soportantes por medio de la flexión. Las cargas verticales actúan perpendicularmente al plano de las losas y al actuar como un diafragma, transmiten las fuerzas laterales hasta los muros.

Un aspecto fundamental para que el sistema de muros soportantes y placas tenga un comportamiento satisfactorio al ser sometido a fuerzas laterales es el que los empates de muros y placas estén en condiciones de garantizar la transmisión de las fuerzas sísmicas que actúan en dichos empates.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Se ha desarrollado algunas variantes para solucionar determinados requerimientos estructurales y funcionales con la inclusión de cimentaciones de hormigón armado con caña guadua a manera de zapata corrida en los dos sentidos en suelos con una capacidad de soporte bajo, utilización de bloque hueco relleno con hormigón pobre reforzado con latillas en las partes críticas de la estructura soportante, losas de entrepiso y cubierta reforzadas con láminas de caña guadua en edificaciones con estructura aporticada de hormigón y hierro, losas de cubierta inclinadas tanto macisas como alivianadas, losas mixtas reforzadas con hierro y alivianadas con caña guadua, edificaciones piramidales constituidas por losas inclinadas de hormigón soplado reforzadas y alivianadas con caña guadua que funcionan como pared-cubierta, losetas para la configuración de closets, muebles bajos y altos de cocina, camas, veladores, tanques cisterna, biodigestores, perfiles de ventana de hormigón y fibra de caña, etc, entre otros.

LA UTILIZACION DE LA CAÑA GUADUA EN LA EDIFICACION

La abundante disponibilidad en latinoamerica y particularmente en Ecuador de materiales vegetales nativos de bajo costo y adecuadas características técnicas, que se enmarquen dentro de los límites de seguridad de la construcción, nos han llevado a estudiar el vegetal que históricamente ha contribuido en la solución del problema de la vivienda y del que no se ha logrado su total aprovechamiento, la caña guadua, que en nuestro país supera los

146 km² de bosques silvestres y es factible de ser utilizada como un material adecuado para proponer estructuras livianas de alta resistencia.

LA CAÑA GUADUA. CARACTERISTICAS GENERALES.-

Es una gramínea que incrementa su diámetro por expansión de las células de los tejidos permanentes cuyo origen está en el meristema primario.

No posee cortesa, la epidermis es dura y cuticulada, cubierta con una capa cerosa que evita la evaporación del agua contenida en el tronco, la dureza extraordinaria se debe a las incrustaciones de sílice, lignina y cutina.

Esta cutinización incrementa su resistencia al desgarramiento en 10 veces más respecto a las paredes celulares ordinarias.

Existen 47 géneros y 1250 especies, siendo aptos para la construcción el género *DENDRO CALAMUS STRICTUS* originario de la India que se siembra en zonas semiáridas; originario de América es la *GUADUA ANGUSTIFOLIA* que se desarrolla en terrenos fértiles bien drenados, además, en América se encuentran bambúes del género *Bambusa* Schreber, en Ecuador existe el subgénero *guadua* Kunth conocido como *Bambusa Guadua*, *Guadua Angustifolia*, *Nastus Guadua*.

LA CAÑA GUADUA EN EL ECUADOR.-

La superficie de cultivo es de 146.19 Km²; se calcula 27 millones de plantas con lo que se puede proveer 4.5 millones de unidades por año.

Su hábitat natural se encuentra a 1200 m.s.n.m.; con un nivel de precipitación entre 1800 y 2200 mm.

La temperatura óptima para su desarrollo está entre los 9 y 36 grados centígrados.

SILVICULTURA.-

El corte debe realizarse en periodos lluviosos, cuando hayan nacido los hijuelos, evitando cortar la guadua madre, con machete al ras y sobre el primer nudo del tallo para evitar que el agua lluvia se deposite en el entrenudo, a continuación del risoma.

Para aprovechar su reproducción debe cortarse tallos que cumplan por lo menos 3 años de edad.

Se recomienda luego del corte dejarles verticales con sus ramas, por un periodo de cuatro semanas en el guadua para que continúe el proceso de fotosíntesis que genera una pérdida de savia y una disminución de almidones.

CURADO.- Luego del corte debe someterse a un tratamiento de curado para que disminuya el porcentaje de almidones y así hacerle menos propenso al ataque de insectos xilófagos.

Su curado puede hacerse: en la mata, por inmersión, por calentamiento y al humo.

SECADO.- El secado puede hacerse al aire, en estufa y sobre fuego abierto.

TRATAMIENTOS PRESERVATIVOS.-

Consiste en la aplicación apropiada de diversas sustancias químicas o preservativas como fungicidas e insecticidas, para darle las condiciones necesarias de acuerdo al uso.

El tratamiento puede hacerse por transpiración de las hojas, por el método de Boucherie y por inmersión.

Los productos preservantes más utilizados son el pentaclorofenol, creosota, cromato de zinc clorado, cromato de cobre ácido, flor de cal y aceites.

Se recomienda el uso de ácido bórico más bórax en proporción 1:1 y diluido al 3% en agua caliente.

El preservante debe aplicarse cuando la guadua está aún verde ya que cuando madura se obstruyen los vasos vasculares.

Se debe realizar un control de calidad de tal manera que la guadua no presente huecos provocados por insectos o por animales como el pájaro carpintero.

GRUPO A 1985 - 1992. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DE LA CABA GUADUA Y DATOS TECNICOS.

Investigación indirecta, directa y aplicada en diversas construcciones menores:

Tracción en latillas esfuerzo de rotura promedio = 1513 Kg/cm²

Módulo de elasticidad promedio = 2623 10E05 Kg/cm².

Tracción en Cables esfuerzo de rotura promedio = 1132 kg/cm²

Ensayos de Adherencia: esfuerzos promedio:

Latilla seca = 6.736 Kg/cm²

Latilla húmeda = 5.010 Kg/cm²

Cables 2 latillas = 4.159 Kg/cm²

Cables 3 latillas = 4.136 Kg/cm²

Cables 2 lat. con anclaje mecánico = 6.653 Kg/cm²

Cables 3 latillas con anclaje mecánico = 5.259 Kg/cm².

Ensayo con una losa simplemente apoyada sobre muros de ladrillo de 1.5x3.0 m. con un área de 4.5 m², curada durante 28 días como establece la ACI:

Su carga fue progresiva hasta 754.8 Kg/m² momento de aparición de grietas, las que no progresaron pese a llegar a una carga de 1800 Kg/m².

Los resultados según el ACI art. 318-83 son:

Deflexión experimental = 52 mm.x 10⁽⁻²⁾mm.

Deflexión permisible = 75 mm.x 10⁽⁻²⁾ mm.

DATOS DE CALCULO:

Peso del hormigón = 271 Kg/m²

Peso alivianamiento = 18 Kg/m²

Peso refuerzo = 1 Kg/m²

Revestimientos = 94 Kg/m²

Subtotal = 384 Kg/m² + 10% por sismo = 38.4 Kg/m²

Total = 422.4 Kg/m² = .426 t/m² (asumido para cálculo).

f'c = 210 Kg/cm² Esfuerzo a compresión del concreto.

$f_c = 95 \text{ Kg/cm}^2$ Esfuerzo admisible a compresión del concreto.

$f'_B = 2500 \text{ Kg/cm}^2$ Máximo esfuerzo a tracción de la caña guadua.

$f'_B = 1400 \text{ Kg/cm}^2$ Mínimo esfuerzo a tracción de la caña guadua.

$f_B = 700 \text{ Kg/cm}^2$ Esfuerzo admisible a tracción de la caña guadua (1400×0.5).

$E_c = 200000 \text{ Kg/cm}^2$ Módulo de elasticidad del concreto.

$E_B = 176000 \text{ Kg/cm}^2$ Módulo de elasticidad de la caña guadua

$f_{Bc} = 560 \text{ Kg/cm}^2$ Compresión caña guadua

Conductibilidad del calor = $0.16 \text{ Kcal/m}^\circ\text{C}$

Dilatación termica $< 0.000012 \text{ mm/m }^\circ\text{C}$

Aislamiento acústico a una frecuencia de 1000 Hz . el valor de atenuación es de 45 a 50 dB .

La dilatación por absorción de humedad es 0.7 mm/m siendo un fenómeno reversible.

ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

SISTEMAS TRADICIONALES DE TIERRA SIN COCER EN LA SIERRA:

* temperatura promedio 18 grados centígrados.

Tapial Adobe Bahareque Pared de mano

DESCRIPCION:

- Estructura soportante en base a paredes de tierra sin cocer. en el caso del bahareque su estructura es de madera.
- Estructura de cubierta en madera: recubierta de teja, paja, asbesto cemento, zinc, etc.
- Tumbado de madera, carrizo-barro, estuco, malla-mortero de cemento, etc..

VENTAJAS:

- Uso de materiales locales en su mayor parte.
- Buen comportamiento de las paredes a cargas verticales.
- En el bahareque la estructura de madera funciona a fuerzas laterales (sismo).
- Buenas condiciones acústicas.
- Buen comportamiento térmico en climas fríos.
- Bajo costo de construcción (Aproximadamente 80.0 US \$ C/M2).
- Utilización de mano de obra no especializada.

DESVENTAJAS:

- Escasez de materiales vegetales con adecuadas condiciones de edad.
- Mal trabajo de las paredes a fuerzas laterales (sismo).
- Erosión causada por el viento y lluvias.
- Requiere de un total aislamiento exterior, superior e inferior.
- Los revestimientos se desprenden fácilmente por su falta de adherencia al muro.
- Pérdida o limitación del conocimiento de la tecnología en la mano de obra.
- Deficiente comportamiento térmico en climas cálidos.
- Área útil restringida por el grosor de paredes (Excepto bahareque). Baja resistencia al fuego.
- Vanos limitados para ventanas y puertas.
- Uso restringidos a climas fríos y templados.
- Crecimiento vertical restringido.
- Baja expectativa de los usuarios frente a la tendencia de selección.

SISTEMA TRADICIONAL EN LA COSTA Y ORIENTE:

*** temperatura promedio 28 grados centígrados.**

Caña guadua Madera Chonta

DESCRIPCION:

- Estructura aporticada de madera/caña/chonta.
- Paredes de tablas de madera, caña guadua picada, chonta picada, y con menos frecuencia bahareque de caña en zonas ventosas.
- Pisos sobreelevados de madera/caña/chonta.
- Estructura de cubierta en madera/caña/chonta recubiertas de bijao, paja toquilla, planchas de zinc y/o asbesto cemento.

VENTAJAS:

- Uso de materiales locales en su mayor parte.
- Buen comportamiento de la estructura a cargas verticales y fuerzas laterales (sismo).
- Buen comportamiento térmico en climas cálidos.
- Bajo costo de construcción (Aproximadamente 50 US \$ C/M2).
- Utilización de mano obra no especializada.
- Crecimiento vertical moderado.
- Buena resistencia y durabilidad a factores externos.
- Estructura y divisiones livianas.
- Recuperación de área útil por menor sección de paredes.

DESVENTAJAS:

- No existe control de calidad en el material.
- Acumulación de polvo y hongos en las ranuras.
- Deficiente comportamiento térmico en climas frios

- Malas condiciones acústicas.
- Uso restringido a climas cálidos.
- Ninguna resistencia al fuego.
- Baja expectativa de los usuarios frente a la tendencia de selección.

SISTEMA CONVENCIONAL:

- Hormigón armado con hierro

DESCRIPCION:

- Estructura aporticada de hormigón armado con hierro
- Paredes de ladrillo/bloque/paneles.
- Pisos y entrepisos de losas alivianadas y macisas de hormigón con hierro.
- Cubierta de losas alivianadas y macisas de hormigón con hierro.

VENTAJAS:

- Uso de materiales comercializados ampliamente.
- Buen comportamiento de la estructura a cargas verticales y fuerzas laterales (sismo).
- Regular comportamiento térmico en climas fríos y cálidos.
- Regulares condiciones acústicas.
- Uso del sistema en cualquier zona geográfica.
- Permite el crecimiento vertical.
- Adecuadas condiciones de resistencia y durabilidad.
- Existe control de calidad en el material.
- Buena resistencia al fuego.
- Recuperación de área útil por menor sección de paredes.

- Conocimiento de la tecnología por parte de la mano de obra.
- Alta expectativa de los usuarios frente a la tendencia de selección.

DESVENTAJAS:

- Alto costo de construcción (Aproximadamente 150 US \$ C/M2).
- Utilización de mano de obra especializada.
- Incorporación de materiales importados.

SISTEMA COV-2:

- Hormigón armado con caña guadua

DESCRIPCION:

- Estructura de muros soportantes reforzados (paredes de ladrillo/ bloque) y losas de hormigón armado con caña guadua.
- Fisos y entrepisos de losas macisas y alivianadas, respectivamente, de hormigón armado con caña guadua.
- Cubierta de losas alivianadas de hormigón armado con caña guadua.

VENTAJAS:

- Uso de materiales ampliamente difundidos.
- Buen comportamiento de la estructura a cargas verticales y fuerzas laterales (sismo).
- Buen comportamiento térmico en climas fríos y cálidos.
- Buenas condiciones acústicas.
- Uso del sistema en cualquier zona geográfica.
- Permite el crecimiento vertical.

- Adecuadas condiciones de resistencia y durabilidad.
- Existe control de calidad en el material.
- Buena resistencia al fuego.
- Recuperación de área útil por menor sección de paredes.
- Conocimiento de la tecnología por parte de la mano de obra por similitud con el sistema de hormigón con hierro.
- Alternativa en la expectativa de los usuarios frente a la tendencia de selección.
- Bajo costo de construcción (Aproximadamente 100 US \$ C/M2).

DESVENTAJAS:

- Espacios no modificables en los muros estructurales.
- Incorporación de algunos materiales importados.
- Limitación en altura a 3 plantas.
- Limitación a luces de 5 metros entre apoyos.
- Falta de técnicos para selección y tratamiento de la caña.
- Aplicación indebida por desconocimiento de las propiedades de la caña.
- Limitación a estructuras menores.

Cimentación. Cadenas inferiores y contrapiso.

Paredes reforzadas.

Paredes reforzadas. Cadenas superiores y dinteles.

Detalle de armadura de losa.

Detalle de armadura de losa y gradas.