Construcción y Medio Natural

segundo premio

REENCUENTRO CON
LA CONCEPCIÓN BIOCLIMÁTICA DE
LA VIVIENDA PARAMERA

Autor:

Juan Borges Ramos

Arquitecto

Colaboradores:

Delia Bottaro S., Arquitecto

Eladio Moreno P., Ingeniero

Gerardo Luengo F., Arquitecto

Washington Méndez, Arquitecto

Yoleida Peña R., Arquitecto

Universidad de los Andes

Facultad de Arquitectura

Depto. Tecnología de la Construcción

MÉRIDA-VENEZUELA

REENCUENTRO CON LA CONCEPCION BIOClimATICA DE LA VIVIENDA PARA AMERICA.

INTRODUCCION.

*Este páramo adusto que dialoga
con Dios, como Moisés. Este sambrío
ventisquero de rocas y de frío.
Esfinge a la que en vano se interroga.*

*Pensativo monarca del vacío
en un vasto silencio que prolonga
la eternidad, en tu mudez se ahoga
todo alarde de humano desafío.*

*Apacientas la vida en los trigales,
y educas en tus agrios peñascales
la estolca voluntad y el albedrío.*

*Y aunque te elevas árido y desierto,
tienes, como el de Cristo, el pecho abierto,
de donde fluye y se despeña un río.*

Régulo Burelli Rivas.

Juan Borges Ramos, Arquitecto.

Colaboradores:

Della Bottaro S., Arquitecto.

Eladio Moreno P., Ingeniero.

Gerardo Luengo F., Arquitecto.

Washington Mendez Arquitecto.

Yoleida Peña R., Arquitecto.

Universidad de los Andes

Facultad de Arquitectura

Depto. Tecnología de la Construcción

Mérida - Venezuela.

Los asentamientos localizados en nuestros páramos andinos venezolanos Mucuchíes (2893 m. s.n.m.), San Rafael de Mucuchíes (3140 m.s.n.m.) con una temperatura media de 9º C y San Isidro de Apartaderos (4118 m.s.n.m.) entre otros, se construyeron con una arquitectura que contempló el control climático, el empleo de materiales locales y la utilización del viento y el sol para calentar los espacios de las viviendas. En los últimos años han venido deteriorándose en su riqueza patrimonial

ambiental y cultural por la incorporación de conceptos y estilos, materiales y técnicas constructivas extrañas a la forma tradicional de construir del habitante paramero.

un costo muy bajo fueron usadas por el habitante paramero para la construcción de su vivienda.

En Asamblea General de las Naciones Unidas del 20 de Diciembre de 1982, según resolución Nº 37/221 se proclamó 1987 como "Año Internacional de la Vivienda para las personas sin Hogar".

Inquietudes tecnológicas y el interés por reencontrarnos con nuestro pasado, nos permiten rediseñar tipologías y tecnologías olvidadas que a

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOClimática DE LA VIVIENDA
PARAMERA. JUAN BORGES RAMOS....arquitecto.**

1

El Ministerio de Sanidad a través de la Dirección General Sectorial de Malaria y Saneamiento Ambiental desarrolla el Programa de Vivienda Rural desde 1958, construyendo hasta la fecha más de 300.000 viviendas, sin embargo desde 1975 viene construyendo un solo modelo de vivienda para todo el país.

y consciente de esto se han planteado rescatar los objetivos iniciales del Programa (Autoconstrucción, Empleo de materiales locales, Tipologías adecuadas al medio socio-cultural y físico-ambiental).

Se firma en Abril de 1988 el "Convenio de Cooperación Interinstitucional para la Investigación y Desarrollo Experimental de la Vivienda y los Asentamientos Rurales", suscrito entre el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, La Universidad de los Andes y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

Objetivos:

1.- Estudiar los elementos básicos para el diseño de viviendas rurales adecuadas a diferentes pisos bio-climáticos y socio-culturales de la Región de los Andes .

2.-Diseñar propuestas concretas de viviendas a fin de ser construídas en comunidades seleccionadas por la Dirección General Sectorial de Malaria y Saneamiento Ambiental.

3.-Construir y evaluar los prototipos de vivienda con la finalidad de avalar la factibilidad de su uso e incorporación a los planes regulares del Programa Nacional de Vivienda Rural.

En el referido Convenio se establecen tres etapas:

I. Etapa.- Formulación , Desarrollo y Diseño de un proyecto para tres (3) prototipos de Viviendas Rurales a ser ensayadas en la zona Alto-Andina (Piso Templado Montano alto o Paramero) de la Región de los Andes. Construcción y evaluación de Prototipos.

II. Etapa.- Formulación , Desarrollo y Diseño de un proyecto para doce (12) prototipos de Viviendas Rurales a ser ensayadas para las Zonas Media-Alta (Piso Templado Montano bajo), Árida (Piso Subtropical Cálido Seco) , Pie de Monte (Piso Subtropical Cálido Húmedo) y Costanera (Piso Tropical Húmedo) de la Región de los Andes. Construcción de prototipos.

III. Etapa.- Evaluación global de los prototipos de vivienda construidos.

Objetivos particulares :

- Estudiar la Tipología de la vivienda paramera y extraer los elementos necesarios para un adecuado diseño bioclimático.
- Diseñar nuevas viviendas rurales para la zona alto-andina (considerada en nuestro trabajo, aquellas comunidades ubicadas a una altura mayor a 2800 metros s.n.m.), acordes a las necesidades y la cultura del habitante de los Andes Venezolanos.
- Rescatar y mejorar procedimientos de construcción, como la tecnología del concreto de arcilla, utilizados en otros tiempos para la construcción de las viviendas en comunidades de la región andina, sin olvidar generar tecnologías masivas sencillas, de fácil utilización y comprensión por parte de los beneficiarios del programa de vivienda rural.

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOCLIMATICA DE LA VIVIENDA**

PARAMERA. JUAN BORGES RAMOS....arquitecto.

2

del alto páramo andino a fin de adaptarse a las variantes condiciones del clima

Además de la altitud, factores tales como lo accidentado del relieve, influyen de manera determinante en la variabilidad microclimática de la zona. Esto ha obligado al habitante del páramo, a través de un largo proceso de ensayo y error, a buscar mecanismos de adaptación de la vivienda a esas variantes condiciones.

SAN ISIDRO DE APARTADEROS 1961 -----1990

- Revitalizar la acción individual y comunitaria (convite , cayapa, manovuelta) en la producción de la vivienda.

- Bajar los costos actuales de las viviendas que se construyen en los programas de vivienda rural minimizando la subvención de costos de transporte con el uso de materiales locales.

- Diseñar componentes constructivos que garanticen un eficiente control climático.

Metas:

- Lograr un equilibrio ambiental al adaptar la vivienda a su paisaje geográfico.

- Incorporar a los programas de vivienda rural en la región andina las tecnologías ensayadas.

- Mejorar la adecuación y calidad integral de la vivienda para nuestro campesino.

FACTORES FISICO-AMBIENTALES.

En este punto, se trata de analizar las diversas formas y mecanismos utilizados por el habitante

1.- Acondicionamiento térmico.

Recursos tales como el uso de materiales adecuados y originarios del sitio, como piedra para basamentos y fundaciones, tierra cruda para muros y paredes,

tierra cocida para cubiertas, madera y fibra vegetal para estructuras y tendidos de techo, además de producir un efecto integrador de la construcción con su medio y un abaratamiento

sustancial de los costos de producción, son factores determinantes en el acondicionamiento de la vivienda por las bondades térmicas de dichos materiales.

Uno de los factores de que depende la capacidad térmica de un material, es su volumen. En la vivienda paramera andina, los gruesos muros de tapia de tierra cruda, con un espesor promedio de 60 cms. actúan en función de captación, acumulación y restitución del calor radiante del sol.

La energía solar es absorbida por el muro en su superficie externa y emigra a través de la masa mural por conducción hasta la cara interior, donde es irradiada a los espacios internos de la vivienda. La forma de la vivienda tiene también especial importancia para el mantenimiento de la temperatura interior.

Las formas irregulares favorecen la emisión de calor actuando como un radiador.

La casa paramera, sobre todo la ubicada en las zonas mas altas, tiene muros exteriores sin volúmenes que puedan propiciar las pérdidas caloríficas, aparte de esto, la textura rugosa de los acabados incrementa la superficie de absorción.

Otro recurso utilizado por el habitante del alto páramo para el control climático de la vivienda es el aprovechamiento de fuentes internas de calor, tal como el que se genera en el fogón (fig. 1), con fuego permanente, que genera en el interior de la vivienda un lugar cálido y acogedor.

Fig. 1

Las habitaciones son los espacios que conservan durante más tiempo la temperatura interior, sobre todo, aquellas cuyas paredes exteriores están en máximo contacto con la irradiación solar (por factores derivados a la ya descrita capacidad térmica de los muros de tapia.) y cuyas paredes interiores están en contacto con fuentes internas de calor. En este caso, la cocina utiliza leña como fuente energética, permaneciendo el fogón encendido las veinticuatro horas del día. Puede afirmarse que este es el recinto más cálido de la vivienda aún cuando, esta costumbre está siendo rápidamente relegada, al sustituir la leña por otros recursos energéticos (gas, kerosene) aproximándose poco a poco al concepto urbano.

2.- El control del movimiento del aire.

Otro factor de especial importancia en el acondicionamiento ambiental de la vivienda del páramo alto, es el control de los movimientos del aire, cuya velocidad guarda una relación directamente proporcional con la disminución de la temperatura promedio.

La caracterización tipológica de la vivienda, está condicionada por una estructura espacial dirigida también a satisfacer requerimientos de orden ambiental, como los anteriormente mencionados.

Así por ejemplo, la horizontalización de los aleros, la forma de las cubiertas y el tamaño de los vanos y aberturas, tienen un efecto significativo sobre el control de los movimientos del aire (ver figura 4).

Cualquier posible nueva alternativa de solución al problema habitacional en esta zona, debe tomarse en consideración las formas tradicionales de construcción del habitante del páramo, y aquellos aportes derivados de las formas específicas de ordenación espacial, acondicionamiento ambiental y

participación del usuario que son característicos de esta zona cultural de Venezuela.

CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UNA SOLUCION ALTERNATIVA.

El breve esbozo tipológico anterior sobre la vivienda tradicional alto-andina, evidencia la existencia de condicionantes básicas de diseño asociadas a factores de orden socio-cultural, socio-económico y físico-ambiental, que deben ser tomados en consideración para el diseño de alternativas de solución efectivamente adaptadas a las características tanto del medio alto-andino como de sus habitantes.

En términos generales, los criterios de diseño deberán apoyarse en las siguientes premisas:

a.- Desde el punto de vista espacial, la vivienda debe ser suficientemente "flexible", para poder adaptarse a la dinámica de uso a que será sometida, permitiendo variaciones espaciales, en función de las particulares características del grupo familiar, su crecimiento y sus actividades productivas.

fuerza de irradiación de calor a otros espacios de la casa. Estas consideraciones hacen de este espacio un lugar de particular importancia para la vivienda paramera, por lo cual su localización en el ámbito de la vivienda tiene particular importancia.

g.- Es muy importante la utilización de aquellos materiales que posibiliten con el mínimo consumo energético, el adecuado calentamiento del interior de la vivienda, sobre todo en las horas más frías de la noche. En este sentido, teniendo los muros de tierra cruda un excelente comportamiento térmico, además que su tecnología es manejada por los habitantes del sector, podría explorarse la posibilidad de su utilización, racionalización y adecuación a los requerimientos actuales.

h.- En este orden de ideas, es de especial interés la adecuada orientación de la vivienda, a fin de lograr la mayor exposición posible de los muros de las habitaciones a los rayos Solares, esto permite un máximo aprovechamiento de las cualidades térmicas de los muros de tierra, en términos de su capacidad de captación, almacenamiento y restitución de calor.

i.- Asimismo, es recomendable buscar mecanismos adecuados de control de los movimientos del aire, por sus efectos sobre la temperatura. Las aberturas y vanos deben estar ubicadas en lugares fuera del efecto directo de los vientos, tales como la zona de calma que se produce en la parte inmediatamente inferior al alero. Deben también ser de tamaño reducido y preferiblemente, poseer doble vidrio.

j.- En lo posible, dadas las bajas temperaturas del sitio, la vivienda debería estar dotada de un

b.- La nueva vivienda debe plantearse a partir de un principio modular de desarrollo espacial que permita su crecimiento orgánico a partir de principios de orden derivados del estudio de la vivienda popular tradicional y adaptados a las nuevas realidades y exigencias.

c.- Otro factor de particular importancia en la vivienda popular altoandina, es la presencia de una jerarquización de espacios muy definida, donde el corredor, la sala y la cocina juegan un papel preponderante en la estructura espacial. La "sala", además de espacio social es "lugar de culto", y debe ocupar un lugar "central", tanto por su uso, como por constituirse en espacio de transición a las áreas más íntimas de la vivienda.

d.- Debido a las grandes variaciones climáticas del sitio, donde la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas puede ser hasta de 20°C., es imperativo tomar las medidas adecuadas a fin de lograr el confort térmico adecuado.

e.- La utilización de los recursos locales, es una estrategia orientada a satisfacer criterios tales como la preservación de los valores del sitio, la utilización de la estructura productiva existente, la economía en la producción de la vivienda y la potencialización económica del área al rescatar y racionalizar formas productivas y tecnologías tradicionales en vías de desaparición.

f.- La cocina, por otra parte, por ser el lugar más cálido de la vivienda además de ser lugar para la preparación y cocción de los alimentos, constituye, para el habitante del alto páramo, un espacio social, de relación e intercambio familiar, así como

sistema pasivo de calentamiento de agua, aprovechando el alto valor energético del sol en las zonas frías y secas del alto páramo andino.

lo anterior nos lleva a concluir en el diseño de la vivienda de la figura nº 2.

fig. 2. Vivienda paramera prototipo.

3. UBICACION DE LA VIVIENDA.

En las antiguas culturas, la ubicación de una iglesia o de una vivienda era un suceso muy significativo e importante.

"Todos sabían que la ubicación elegida ejercería una influencia, sana o negativa, pero nunca despreciable, sobre la utilidad del objeto que allí se edificaría. Las operaciones que para ello se realizaban han tenido, pues, un carácter ritual, de culto religioso, cuyo verdadero sentido, sin embargo, ocultaba siempre un fenómeno natural o seguía unas leyes elementales. Mediante modernos estudios geofísicos (Williams), con la ayuda de mediciones SU (Schröder), y de diagramas escintilación (Stangle), se ha podido comprobar que los efectos de las radiaciones conocidos desde hace milenios existen y que pueden medirse de forma indirecta. Los chinos realizaron ya estos estudios hace 4000 años por medio de métodos biofísicos. También las paredes del edificio, debían estar, por norma, en armonía con las direcciones de los campos magnéticos terrestres".⁽¹⁾

Para ubicar la vivienda es necesario poder considerar y ensamblar el mayor número de los siguientes requisitos:

3.1 – Ubicar las viviendas en las áreas más abiertas al sol.

Ubicar el movimiento del sol para su mejor aprovechamiento al momento de orientar habitaciones, corredores, patios y el resto de ambientes de la vivienda, bien sea para calentar e iluminar los ambientes, o para captar energía y concentrarla con fines de irradiar calor hacia el interior de la vivienda.

-El mejor sitio será aquel que contemple las mejores visuales hacia el paisaje natural.

-Suficiente terreno que permita ampliar la vivienda cuando sea necesario.

3.2. – Eliminar las corrientes de aire.

Seleccionar terrenos que tengan protección natural de vientos, tormentas y terremotos; muchos árboles pueden controlar estos fenómenos naturales, no se recomienda ubicar las viviendas en conos de deyección.

Se pueden utilizar agrupaciones de árboles, setos de arbustos o muros de piedra para desviar las corrientes de aire frío.

3.3. – Reducir la humedad exterior y aprovechar al máximo la escasa luminosidad.

-Deben evitarse terrenos con mucha humedad, ya que no es conveniente ni para la familia que habitará la vivienda, ni para las paredes de ésta construidas con tierra u otro material que pueda absorberla, porque generan reuma, ciática, asma y tuberculosis y favorecen enfermedades bacterianas inflamatorias.

3.4. – Si la construcciones de planta alargada, el eje principal de ésta deberá estar dispuesto paralelo a la dirección predominante de los vientos para evitar posibles corrientes cruzadas.

La orientación más adecuada es la Este-Oeste ofreciendo la mayor fachada perpendicular al plano norte sur.

3.5. – Los espacios de uso nocturno deben procurarse hacia el Oeste, a fin de almacenar el mayor calor posible para las horas de la noche.

3.6. – Cuando la vivienda sea diseñada, con la inclusión del patio interior como generador de calor para la vivienda, la orientación de éste convendrá que uno de sus vértices se oriente hacia el Este.

En conclusión, de los aspectos considerados podemos decir que se economizaría hasta un 50% de energía de calefacción con una buena optimización del emplazamiento.

Vivienda Rural Alto-Andina : Diseño de los Componentes Constructivos.

"La I.S.O (International Standard Organization) define los componentes constructivos como « productos fabricados bajo la forma de unidades dispuestas para entrar a constituir partes de la construcción de una obra», por su parte el grupo G.E.R.I.A. (Groupe d'Etudes et Recherches Industries Architecture) entiende los componentes como « partes invariables de edificios diferentes que deben responder a las exigencias funcionales, técnicas y económicas del cometido que se les encomienda, satisfaciendo por tanto condiciones de compatibilidad por su forma; de coordinación por sus dimensiones y de diversidad combinatoria." (Salas S. Julian, 1981, "Alojamiento y Tecnología" I.E.T.c.c.Madrid).

Para cumplir las exigencias integrales de nuestras viviendas, en especial lo referente a salubridad y ahorro energético, hay que concebir como biológica y energéticamente óptimos, no solo los materiales de construcción, sino también los componentes constructivos formados con ellos.

Todas las partes deberán estar en armonía con el medio ambiente, con el hombre y con la técnica, solo así podrá también ser armónico el sistema.

4.- ESTRUCTURA

Las edificaciones construidas en tapia, tanto para viviendas como para templos, respondían a un tipología constructiva y estructural la cual no varió desde las primeras construcciones en el siglo XVI hasta las últimas construidas en los primeros decenios de este siglo.

Esta tipología estaba constituida fundamentalmente por muros de carga perimetrales de tierra pisada coronados por vigas de solera de

madera, sobre las cuales se apoyaban las armaduras de madera de los techos de dos o más vertientes cubiertos generalmente de entablados sobre los que se colocaba la techumbre de tejas curvas.

Las armaduras triangulares de los techos estaban conformadas por los pares, alfardas o viguetas inclinadas que se apoyaban en el vértice superior, sobre una viga de cumbrera perpendicular al plano de la armadura, y la cual constituía la intersección de las vertientes de los techos o limatesa.

Para contrarrestar los empujes horizontales producidos sobre los muros por los extremos inferiores de los pares se colocaban de muro a muro y de trecho en trecho (entre 2 y 3 metros), las vigas tirantes conectadas a las soleras.

Cerca del vértice superior de cada armadura, se colocaba, a veces conectando a los pares, una pequeña viga tirante, viga collar o nudillo.

Los muros en una dirección se trababan con los muros transversales mediante piedras o maderos de gran tamaño que alternativamente se colocaban en la intersección, una vez en la dirección de un muro y la otra en la dirección del transversal. Para reforzar esta unión, se colocaba a nivel del

plano superior de los muros y conectando a las soleras una viga diagonal tirante de madera llamada cuadral o rinconera, que impedía la separación de los muros producida por el empuje de la viga inclinada de la limatesa de dos vertientes o faldones de un techo de varias vertientes, que se apoyaba en la intersección de los muros. Estos a su vez soportaban en compresión su propio peso y las cargas de gravedad impuestas por los techos, justificándose el grosor de los muros como la manera de impedir el desarrollo de esfuerzos de tracción debidos a la flexión producida sobre la sección del muro por las cargas verticales excéntricas.

En la vivienda paramera se utilizó por lo general una fundación corrida de piedra y barro (concreto de arcilla), trabando las piedras a fin de garantizar la estabilidad de la cimentación. El espesor mínimo de éstas es de 50 cms. y la profundidad mínima de 40 cms.

Si se propone el empleo de paredes de tierra (Tapia, adobe, bahareque.) en los sistemas constructivos a desarrollar para la construcción de los prototipos deben seguirse las siguientes recomendaciones:

4.1.- Las ventanas deberán ubicarse separadas de las esquinas un metro como mínimo a fin de no disminuir la rigidez del muro en estos puntos ante acciones sísmicas.

4.2.- Debe aumentarse el número de trabas de madera en esquinas o en su defecto construir rafas verticales y horizontales con materiales resistentes que garanticen la estabilidad de la estructura.

4.3.- Se creará un anillo perimetral de viga corona bien anclada al muro y rigidizada con cuadrantes.

4.4.- Si se construyen muros de "adobe" éstos deberán colocarse a soga, construir machones en aberturas destinadas en los mismos para tal fin o colocar contrafuertes dimensionados para evitar los empujes horizontales de acciones sísmicas.

4.5.- En muros de adobe deberán colocarse al menos dos rafas horizontales separadas como mínimo 0.90 cm. una de otra.

4.6.- La estructura del techo será preferiblemente a cuatro aguas para que reparta las cargas del techo uniformemente sobre el perímetro del muro.

4.7.- Preferiblemente deberán ubicarse paredes a la mitad de los tirantes de techo a fin de aumentar la eficiencia de éstos.

4.8.- La configuración de planta deberá garantizar cierta simetría y distribución equitativa de los muros en ambas direcciones a fin de "balancear rigideces" en ambos sentidos.

5.- PAREDES

La vivienda típica campesina del páramo es de gruesos muros de tierra apisonada (tapia) sin estabilizantes con un espesor mínimo de 50 cm. lo cual hace que se convierta en una pared altamente eficiente a los efectos de captar, acumular y restituir el calor irradiante del sol.

PERDIDAS DE CALOR EN LA VIVIENDA

PARAMERA.

Las pérdidas de calor en una vivienda se determinan calculando las cantidades de calor que se pierden a través de cada componente o de los materiales de los cuales están compuestos.

A la cifra que representa la pérdida de calor unitaria de una parte de la edificación se le llama coeficiente de transmisión de calor (K).

El calor sano o el fresco agradable son conceptos que influyen decisivamente en el confort de la vivienda y su salubridad.

El comportamiento termotécnico de un material de construcción se expresa en la moderna física aplicada por medio de diversas unidades de cálculo. La primera definición a considerar es la conductibilidad térmica o calorífica, la cual se expresa por el índice de conductibilidad térmica λ , y es, la cantidad de caloría que pasa durante una hora por un m² de muro de un metro de espesor constituido por un material cualquiera, cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras del muro es 1º C. Así pues, el coeficiente de conductibilidad térmica determina el poder de transmisión de calor de un cuerpo y se expresa así: kcal/h m ºC.

Cálculo del coeficiente de transmisión de calor (K).

El coeficiente de transmisión de calor (coeficiente K) es el recíproco de su resistencia,

$$K = \frac{1}{R}$$

la resistencia total R es la suma de resistencias de cada parte de que se compone el elemento constructivo por lo tanto:

$$R = R_{SI} + R_{SE} + R_{CA} + R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Donde:

R_{SI} es la resistencia de la superficie interior de la pared, techo o piso.

R_{SE} es la resistencia de la capa de aire en reposo que hay en la superficie exterior de la pared, techo o piso.

R_{CA} es la resistencia de las cámaras de aire que hay dentro del componente.

$R_1, R_2, \dots, R_n$ estas son las resistencias de los materiales utilizados en el cerramiento. Estas se encuentran dividiendo el espesor (e) del material en metros por su coeficiente de conductibilidad térmica (λ).

De lo anterior se concluye que:

$$\frac{1}{K} = R_{SI} + R_{SE} + R_{CA} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}$$

Cálculo del Coeficiente de Transmisión de calor en muros de una vivienda paramera típica.

Utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{K} = RSI + RSE + RCA + \frac{e1}{i1} + \frac{e2}{i2} + \dots + \frac{en}{in}$$

Tenemos:

RSI = 0,123 porque el muro tiene una alta emisividad.

RSE = 0,055 porque el muro tiene una alta emisividad.

RCA = 0 ya que es un muro macizo de tierra comprimida y no tiene cámara de aire.

e1 = 50 cm. (0,5 m.) es el espesor de la pared de tierra.

i1 = 0,44 Coeficiente de conductividad térmica de la pared de tapia.

e2 = 0,04 cm. es el espesor del friso de tierra y bosta de vaca (paja); 2 cm. en ambas caras.

i2 = 0,038 Coeficiente de conductividad térmica del friso de tierra y bosta de vaca.

de lo anterior tenemos:

$$\frac{1}{K} = 0,123 + 0,055 + 0 + 1,136 + 1,05$$

$$K = \frac{1}{2,364}$$

$$K = 0,42 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C.}$$

Los valores de K pequeños nos dan muestra de que estamos en presencia de componentes constructivos sanos y economizadores de energía, sin perder las demás cualidades biológicas, por lo tanto la vivienda paramera es armónica para la obtención de un clima térmico óptimo en su interior.

Cálculo del Coeficiente de Transmisión de calor en Techos:

$$\frac{1}{K} = RSI + RSE + RCA + \frac{e1}{i1} + \frac{e2}{i2} + \dots + \frac{en}{in}$$

RSI = 0,106 porque el techo tiene una alta emisividad hacia arriba.

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOClimática DE LA VIVIENDA
PARAMERA. JUAN BORGES RAMOS...arquitecto.**

8

$RSE = 0,045$ porque el techo tiene una alta emisividad.

$RCA = 0,21$ ya que tiene alto flujo calorífico hacia abajo.

$e1 = 0,015$ cm. (0,5 m.) es el espesor de la teja.

$11 = 0,45$ Coeficiente de conductividad térmica de la teja de barro cocido.

$e2 = 0,04$ cm. es el espesor de barro para el relleno y pegamento de las tejas.

$12 = 0,44$ Coeficiente de conductividad térmica de la tierra.

$e3 = 0,03$ cm. es el diámetro promedio del "carruzo" $13 = 0,038$ Coeficiente de conductividad térmica del "carruzo"

de lo anterior tenemos:

$$\frac{1}{K} = 0,106 + 0,045 + 0,21 + 0,33 + 0,09 + 0,789$$

$$K = \frac{1}{1,57}$$

$$K = 0,63 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C.}$$

Se consideran los valores de K comprendidos entre 0,30 y 1,20 como indicadores del confort térmico de una vivienda en climas severos, tanto en invierno como en verano.

Para conseguir un aislamiento equivalente en otros materiales al obtenido en el cálculo de muros para nuestra vivienda paramera, se necesitan espesores superiores a 50 cm. Ver Gráfico Nº 1.

Gráfico Nº 1. Comparación del Aislamiento de pared de Tierra(Tapia) con paredes de otros materiales y elementos simples.

Las paredes de tierra de la vivienda paramera tienen, desde su construcción, un corto período de secado en relación a otros materiales. (Ver gráfico Nº 2).

TIEMPO DE SECADO.

Gráfico Nº 2. Duración del secado en días para un espesor de muro de 30 cms. de distintos materiales (según Schneider).

Esto es importante, puesto que la rapidez de secado de la humedad de obra, es una de las primeras condiciones de una edificación sana y economizadora de energía.

Es conocido el hecho de que los elementos constructivos húmedos pueden ser causa de enfermedades como el reumatismo, enfermedades respiratorias y tuberculosis.

Los materiales respirantes como la tierra pueden evacuar con relativa rapidez y seguridad su humedad de obra gracias a la capilaridad.

Las buenas propiedades higroscópicas de los materiales respirantes les permiten también absorber y eliminar el vapor de agua que se forma en el interior de las habitaciones por el aire húmedo caliente.

La celeridad de este proceso hasta llegar al equilibrio de la humedad de un material es también un criterio importante de calidad.

6.- VENTANAS.

Criterios a considerar para el diseño de paredes y sus elementos:

5.1.- El espesor de las paredes será el suficiente para que no se pierda calor en las habitaciones.

5.2.- La fachada sur tendrá aberturas a fin de obtener un aporte energético instantáneo.

5.3.- Lograr una arquitectura de paredes pesadas utilizando materiales como la piedra y la tierra, el concreto resulta adecuado, sin embargo la tierra proporciona rendimientos térmicos superiores por su mejor capacidad calorífica: entre 0,44 y 0,57 Kcal/h m °C de coeficiente de conductibilidad térmica.

5.4.- Los muros exteriores, sobre todo aquellos orientados hacia el oeste, no deben contener volúmenes saledizos o retranqueos, que puedan generar pérdidas caloríficas.

5.5.- Las paredes deben optimizarse sanitaria, energética y económicamente. por lo tanto es recomendable: alta capacidad de almacenamiento calórico, evitar cargas electrostáticas, evitar efectos de sustancias tóxicas y mantenerse siempre secas

«Y si las ventanas... se excedieran por su tamaño demasiado grande harían los lugares casi inhabitables: porque habiéndoles traído el frío y el calor del aire, harían dichos lugares según las estaciones del año, muy calurosos y muy fríos...». (Palladio).

La ventana para los ambientes interiores de las viviendas, además de permitir la visión, iluminación y ventilación constituye un medio de intercambiar calorías con el exterior, produciéndose dichos intercambios en ambos

sentidos, es decir, funciona como colector de radiación solar.

Una ventana orientada en forma conveniente(hacia el sur) será un eficiente colector en nuestras viviendas de la zona alta-andina ya que tradicionalmente el material predominante fue la madera, y la ventana, se construyó de pequeñas dimensiones (no mayor al 2,5% el área de piso a iluminar), quizás no como colector sino para evitar la salida del calor generado por el fogón, las personas y el irradiado por las paredes hacia el interior de los espacios.

Hoy, aún el campesino las construye idénticamente pequeñas, empleando el vidrio, siendo éste fijo, para equilibrar las pérdidas de calor y del mismo modo conservar el mayor calor posible en los espacios de la vivienda; sin embargo, la pérdida de calor en estas últimas es mayor que en las de madera ya que emplea un solo vidrio. Es recomendable el empleo de doble vidrio a fin de aumentar la captación y evitar fugas de calor.

Criterios a considerar en el diseño de nuevas ventanas para viviendas en la zona alta andina (páramo):

6.1.- Ventilación.

Mucho antes de que el oxígeno llegue a agotarse, el aire deja de ser respirable, cuando su contenido de

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOClimática DE LA VIVIENDA
PARAMERA. JUAN DORGE RANCOS....arquitecto.**

10

anhídrido carbónico es, en volumen, superior a 0,5 % siendo dicho contenido, en estado natural de un 0,03%.

Dado que el ser humano (actividad sedentaria) produce $4,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ de CO_2 por segundo, será necesario suministrarle si se encuentra en un espacio cerrado, $0,001 \text{ m}^3$ de aire puro por segundo; $3,6 \text{ m}^3$ por hora.

Si una persona está encerrado en un dormitorio de $3,05 \times 3,05 \times 2,75$ con $25,58 \text{ m}^3$ de aire inicialmente puro, antes de ocho horas el aire empezaría a hacerse irrespirable.

No es probable que podamos sellar una vivienda tan herméticamente que no haya suficiente aire para respirar: solo se necesitan $6,8 \text{ m}^3$ de aire fresco por persona y hora, lo cual en una vivienda con un volumen de $125,58 \text{ m}^3$ como de aproximadamente 65 m^2 . (Vivienda Rural prototipo) en planta, significará alrededor de $0,27 \text{ ra/h}$.

Un fogón de leña con un consumo de 1 kg . de leña por hora necesita 20 m^3 de aire por hora por lo que 5 personas solo necesitarán $0,43 \text{ ra/h}$; no es probable que podamos conseguir una ventilación menor de $0,5 \text{ ra/h}$., por lo que no hay necesidad de preocuparse sin motivo sobre la eventualidad de no poder respirar.

Ejemplo de Cálculo de la Ventana mínima para fines de Ventilación.

Según datos de la estación de Meteorología del Aeropuerto Alberto Carnevali de Mérida, la velocidad promedio para la meseta de Mérida es igual a $7,8 \text{ Km/hora}$ con dirección NORESTE en la mañana y SÚROESTE en la tarde.

En la zona del Páramo de Mucuchíes a causa de la mayor altura, se incrementa la velocidad, siendo el promedio de $8,3 \text{ Km/hora}$ y su dirección NORESTE en la mañana y SÚROESTE en la Tarde.

La velocidad promedio es entonces:

$$Vp = 8,3 \text{ Km/hora} \Rightarrow 13,8 \text{ mts./min}$$

Por razones de temperatura, ganancia de calor, alta luminosidad en el lugar, las ventanas se calcularán según el **Artº 61 - Cap.IV** de la Ventilación Artificial de la Gaceta Oficial de 1962 Nº 752 Extraordinaria-Venezuela

$$\text{-El Area será: } A = \frac{\text{Volumen}}{\text{Velocidad aire}} \times 1,25$$

-Area Promedio de Dormitorios

$$APD = 3,05 \times 3,05 \times 2,25 = 20,93 \text{ m}^3/\text{Dormitorio}$$

-Promedio de 3 personas por dormitorio
20.93=> 6.98 m3/ persona

-según tabla del Art. 61- Cap.IV de la Ventilación Artificial, el volumen de aire a introducir a extraer para 6.98 m³/persona corresponde a 0.55 m³/min. y por persona. luego:

- Volumen total de aire

$$VT = 0.55 \text{ m}^3/\text{min.} - \text{persona} \times 3 \text{ personas}$$
$$VT = 1.65 \text{ m}^3/\text{min}.$$

entonces:

el área mínima de la ventana para fines de ventilación será:

$$A = 1.65 \text{ m}^3 / \text{min.} \times 1.25$$

13.8 mts / min.

$$A=0.15\text{ m}^2 \Rightarrow >>>>>>> 0.39\text{ m} \times 0.39\text{ m}.$$

6.2.- La disposición de las ventanas no debe favorecer corrientes de aire cruzado.

6.3.- Las ventanas localizadas en la fachada Este, no requieren de protección solar, ya que un aporte adicional de calor contribuiría a

establecer condiciones más confortables en los espacios.

6.4.- Aprovechamiento controlado de las radiaciones ultravioleta.

6.5.- Proteger la ventana del frío exterior minimizar las pérdidas de calor mediante cierres como contraventanas móviles así como sellar bien las juntas para que las pérdidas por ventilación sean mínimas. Deberán permitir el control de la ventilación.

6.6.-Intentar asociar a las ventanas suelos y paredes divisorias pesadas a fin de compensar las pérdidas de calor a través de la capacidad calórica asociada.

6.7.- La ventana orientada hacia el sur, correctamente concebida y protegida es el componente más importante para la captación de energía ya que se capta la luz del día de manera uniforme y en mayor cuantía.

6.8. — Evitar cargas electrostáticas por los marcos, por lo tanto éstos deberán diseñarse y construirse preferiblemente en materiales orgánicos.

7.- PUERTAS.

Las puertas de la vivienda típica paramera son tradicionalmente de madera en forma de entablado y en la mayoría de los casos de dos hojas.

7.1.- Deberán mantenerse de madera y es recomendable el diseño de puertas mejorando uniones entre tablas de la madera (p.ej. machihembradas) para evitar corrientes de aire y pérdidas de calor.

7.2.- Deberán pintarse aplicando barnices, lacas o aceites a fin de que se obstruyan los poros y eviten la entrada de esporas de hongos y que los insectos puedan depositar sus huevos en ella. Pintando la madera se retardan los cambios de humedad y combustión por el fuego.

7.3.- Los marcos deben ser así mismo de madera con perfil diseñado para un cierre hermético.

8.- PISOS.

Los pisos tradicionales de la vivienda paramera se construyeron de piedra (canto rodado) y barro. En algunos casos con decoraciones y dibujos utilizando piedras de diversos tamaños logrando un piso conocido como de "piedra apretada".

En algunos casos se elaboraron baldosas de tierra estabilizadas con sangre de animales.

En las viviendas de menos recursos se utilizó simplemente un piso de tierra pisada.

8.1.- Para la vivienda rural paramera actual de bajo costo se podría utilizar para interiores un piso de tierra-cemento 1:8 (una parte de cemento y ocho partes de tierra) elaborado sobre una base de piedra y barro; si se prefiere podrá requerirse con cemento puro y agua.

8.2.- Debe procurarse la elaboración de un piso exterior que permita en principio captar energía durante el día e irradiarla durante la noche.

8.3.- Se recomiendan materiales de gran capacidad calórica o de almacén de calor en su masa como el concreto de cemento portland, el ladrillo macizo o la piedra la cual es abundante en la zona analizada; se podrá usar tierra-cemento con proporciones de una parte de cemento por 7 a 12 partes de tierra.

9.- TECHOS.

La estructura de los techos de la vivienda campesina alto andina es generalmente de madera y se usa el sistema conocido de pares o péndolas y tirantes con pendolones los cuales equilibran las luces adecuadas para transmitir la carga de las vigas de cumbrera.

Las cubiertas son de tejas y tienen por lo general cuatro faldones o cuatro aguas, aunque se encuentran techos con formas muy variadas debido a la adaptación orgánica del esquema de planta, se mantiene el orden geométrico, las pendientes varían generalmente entre un 20% y un 45% y se integra a la estructura de los muros mediante apoyos de "colgadillo" o en "tijera"

En techos a dos aguas generalmente se forman tímpanos cerrados o "culatas" hacia el exterior, el cual a veces tiene pequeñas ventanas fijadas para la entrada de luz, siendo su cerramiento tradicional de bahareque.

Así por ejemplo, la horizontalización de los aleros, la forma de las cubiertas y el tamaño de las aberturas, tienen un efecto significativo sobre el control de los movimientos del aire.

"Estudios realizados en túneles de viento en la Universidad de Texas y en el South Africa Building Research Station, han permitido comprobar como la amplitud de los voladizos atenúa el movimiento natural del aire. De la misma manera, un incremento de la pendiente de los techos entre 0 y 45º, incrementa la profundidad de la zona de calma en un 13%.

Los tendidos de techo inclinados y convenientemente orientados, afrontan mejor los rayos Solares, sobre todo en las horas críticas de la tarde, cuando los rayos del sol son debilitados por la nubosidad, y las temperaturas tienden a ser más bajas, absorbiendo mayor cantidad de calor y transmitiéndolo al interior de la vivienda." (Luengo, G., 1985 *Arquitectura Alto-Andina*,

Los criterios a considerar para el diseño de los techos son:

9.1.- Los techos deben tener pendientes comprendidas entre un 20% a un 35% si se piensa mantener el paisaje geográfico andino de cubiertas de tejas.

9.2.- Los aleros de los techos deben ser rectos y poco pronunciados a fin de no atenuar el movimiento natural del aire y permitir un máximo de superficie de pared a ser calentada así como de minimizar la humedad de las paredes al enviar las aguas de lluvia más lejos por el cambio de dirección en la pendiente del techo.

9.3.- Los tendidos o faldones de techo más largos deberán ubicarse hacia el sur y construirse con materiales de gran capacidad calórica, sin olvidar las anteriores recomendaciones de orientación por razones de ventilación, captación de energía calórica en paredes etc.

9.4.- En caso de salidas para ventilación de chimeneas la boca de ésta, debe estar siempre más alta que el punto más alto del techo y deberán construirse preferiblemente desde el mismo momento en que se construyan los techos a fin de evitar roturas posteriores del mismo que puedan acarrear filtraciones y posterior daño del techo.

9.5.- La cubierta debe ser aislante y sellarse bien a fin de no permitir pérdidas de calor.

10.- PATIOS.

"El patio interior aunque pareciera, contradictorio, está asociado al sistema de climatización de la vivienda, tradicionalmente, el patio interior se ha concebido (desde el punto de vista del control climático), como un recurso que permite el enfriamiento de viviendas localizadas en ámbitos geográficos

cálidos, tal es el caso de la vivienda de la baja Andalucía Española; este patio permite un movimiento continuo del aire desde el exterior a través de las ventanas o aberturas perimetrales de la vivienda, hacia el interior fluyendo por la abertura del techo. Esta dinámica del movimiento del aire solo es posible por la existencia de aberturas o vanos perimetrales. En la vivienda paramera venezolana estas aberturas perimetrales no existen o están reducidas a su mínima expresión y generalmente cerradas por un pequeño paño de vidrio embutido en el muro. Esto impide la dinámica del movimiento del aire en el interior, donde este espacio actúa entonces como un colector de luz solar, produciéndose una burbuja de aire caliente, que por no poder ser sustituida por flujos perimetrales de aire contribuye (durante el día) al calentamiento interior de la vivienda." (Luengo, G., 1985 Arquitectura Alto-Andina, FAULA, Mérida).

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOClimática DE LA VIVIENDA
PARAMERA. JUAN BORGES RAMOS...arquitecto.**

13

10.2.- Se recomiendan materiales de gran capacidad de almacenamiento calórico en su masa como la piedra, el concreto de cemento portland, o el ladrillo macizo.

10.3.- Los patios en la vivienda paramera deberán estar cerrados a fin de crear una zona de calma interna o de «baja presión» que atenúe el movimiento del aire.

11.- ACABADOS.

Los acabados de la vivienda tradicional andina se han realizado con barro estabilizado con bosta de vaca o caballo, con texturas rugosas y elaborados a mano, recubriéndose finalmente con una pintura a base de cal.

11.1.- REVESTIMIENTOS.

Para efectos de bioclimatización de la vivienda paramera es recomendable darle texturas rugosas como acabado final a las paredes exteriores a fin de incrementar la superficie de absorción.

El material de revestimiento debe tener coeficientes de dilatación térmica similares o cercanos al de la pared a fin de evitar fisuras que minimizen el control climático y por ende el deterioro del acabado final del muro.

**VIVIENDA TÍPICA PARAMERA
PATIO CERRADO**
(MOVIMIENTO DEL AIRE Y RADIACION SOLAR)

FIGURA 4. ZONAS DE BAJA Y ALTA PRESION (Negativa y Positiva)

10.1.- La dimensión del lado menor del patio no será menor a 3 metros.

- Revestimientos a base de tierra.

- Barro preparado con mezcla de tierra arenosa arcillosa cernida y cola de celulosa. No es recomendable para exteriores.
- Tierra arenosa con un porcentaje de cemento en volumen entre el 7% y el 10%, este revestimiento debe ser curado por lo menos durante una semana mediante humedecimiento periódico.
- Mortero de cemento-cal-tierra arenosa cernida en relación volumen 1:1:10 respectivamente.
- Proporción cemento-arena 1:2 más el 5 al 10% de cal en cemento.
- Utilizar zócalos, preferiblemente en piedra, en paredes exteriores a fin de aumentar la masa colectora de la pared. En su defecto utilizar pintura de colores oscuros con una altura mínima de 40 cms.

3.8.2.- PINTURAS.

La vivienda campesina tradicional es pintada con una pintura a base de : cal , agua y sal, es una pintura de origen biológico mineral con

efectos sanitarios que destruyen los gérmenes y son regenerantes, la cual va formando diversas capas con el tiempo y ayuda a evitar la humedad en los muros. Algunas viviendas se observan sin revestimiento o pintura alguna dejando al descubierto el color natural de la tierra lo cual por su oscuridad permitía una mayor captación de energía calórica.

Si mezclamos la arcilla con diversos materiales, agua, aditivos vegetales o animales podemos obtener una pintura respirable y resistente a la humedad y del mismo modo si se aplican a paredes de tierra (tapia, adobe o bahareque), armonizarán con la dilatación térmica de éstas. Al cernir o pulverizar arcillas podrán utilizarse con las mezclas anteriores y obtener colores variados dependiendo del color de aquellas las cuales van desde el gris hasta el rojizo, estos colores son recomendables para la captación de calor en las viviendas ya que tienen baja reflexión de los rayos solares.

- Para interiores se recomienda usar una pintura a base de arcilla cernida mezclada con cola de

celulosa. Por su solubilidad no es recomendable usarla en paredes de locales húmedos.

- En componentes de madera es recomendable aplicar barnices, lacas, aceites o ceras transparentes a fin de que se obstruyan los poros y eviten la entrada de esporas de hongos y que los insectos puedan depositar sus huevos en ella. Pintando la madera se retardan los cambios de humedad, combustión por el fuego y se mejora la reflexión de la luz en habitaciones oscuras. La madera debe estar limpia y seca antes de aplicarle la pintura.

- En cocinas y baños se requiere el uso de pintura lavable la cual puede prepararse con: cal (una parte) cemento blanco (dos partes), vinagre (10% del volumen de cal), agua (dos partes).

- Para elaborar pinturas de color verde se prepara una pintura a base de cal y se le agregan las hojas trituradas de una planta rastrera conocida como "zapayo o cabello de angel".

- Para elaborar pinturas de color salmón a rojizo se prepara una pintura a base de cal y se le agrega "polvo de Cúrcuma" y vinagre o cola de celulosa.

- Una pintura adecuada para exteriores consiste en mezclar un saco de cal viva (18 Kg.) con 40 lts. de agua y 2 kg. de "sebo vacuno" disuelto previamente en agua tibia.

REFLEXIONES FINALES.

La optimización de los criterios anteriores en la concepción de prototipos de vivienda para el alto páramo andino venezolano nos acercará al diseño de una vivienda adecuada, adaptada al medio, economizadora de energía, de calidad y bajo costo para el habitante de estos pueblos.

Los cálculos descritos en el texto nos condujeron a corroborar nuestra hipótesis inicial. La arquitectura alto andina, elaborada por los maestros artesanos de la zona con un conocimiento transmitido de generación en generación, responde a pautas actuales en la concepción bioclimática, desde la orientación de las viviendas respecto al sol, el aire, a la concepción de componentes constructivos y empleo eficiente de los materiales.

El aire y el agua no son para el campesino andino una simple manifestación de la naturaleza. "El agua es el hogar del "Arco" y de la "Arca" y puede ser dentro de esta concepción dual, hostil o benéfica. Puede ser causa de desgracias (inundaciones, creciente, etc.) o de beneficios. Si se provoca su ira (cercándole su casa?) obtendrá su hostilidad; si se busca amistad, obtendrá su favor (buenas cosechas, muchos hijos y salud)".

Luengo G. Arquitectura alto-andina: El orden espacial. Merida 1984.

La Arquitectura paramera no escapa a esta cosmogonía; su concepción integral(espacio, lugar, tiempo, naturaleza, ritos, mitos, leyendas, tecnología vernácula), es la concepción del campesino alto-andino influenciado desde su nacimiento por ese ambiente que a través de los siglos ha ido conformando un paisaje geográfico particular que alimenta sin duda alguna nuestra cultura.

NOTAS.

¹ Sabady , Pierre Robert. "Edificación Solar Biológica". Ediciones CEAC , Barcelona España 1983 pag.77

**REENCUENTRO CON LA CONCEPCION
BIOClimATICA DE LA VIVIENDA
PARAMERA. JUAN BORGES RAMOS....arquitecto.**

15