

## CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

### PERMANENCIA DEL PASADO Y TECNOLOGÍA ACTUAL

ACTAS XV CIATTI 2018. COLOMBIA, CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA DE TIERRA, TRADICIÓN E INNOVACIÓN.

Coordinadores: Félix Jové y José Luis Sáinz Guerra, Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez.



## **FICHA TÉCNICA DEL LIBRO**

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

PERMANENCIA DEL PASADO Y TECNOLOGÍA ACTUAL

### **Editor**

Cátedra Juan de Villanueva

Director: Félix Jové Sandoval

E.T.S. de Arquitectura de Valladolid

<http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

### **Coordinación**

Javier Alfonso Cárdenas

Félix Jové

José Luis Sáinz Guerra

### **Diseño gráfico**

Alicia Sáinz Esteban

Mónica del Río Muñoz

### **Maquetación, tratamiento de imágenes**

Leticia Herbosa Gutiérrez

### **Impresión y encuadernación**

Mata Digital <[mata@matadigital.es](mailto:mata@matadigital.es)>

Los textos de este libro, así como la documentación gráfica y fotografías han sido facilitadas por el autor de cada artículo. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse o almacenarse total o parcialmente con ningún medio químico, eléctrico, fotocopia, etc., sin la debida autorización por parte de los autores.

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

ISBN: 978-84-09-25126-1

D.L.: VA 838-2020

Impreso en España

Noviembre de 2020

**COMITÉ CIENTÍFICO**  
XV CONGRESO CIATTI 2018 COLOMBIA

Alejandra Caballero, *Proyecto San Isidro, Méjico*

Maria Soledad Camino Olea, *Universidad de Valladolid, España*

Rosario del Caz Enjuto, *Universidad de Valladolid, España*

Luis Fernando Guerrero, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico*

Félix Jové, *Universidad de Valladolid, España*

Leonardo Meraz, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico*

Pablo Rodríguez Navarro, *Universidad Politécnica de Valencia, España*

José Luis Sáinz Guerra, *Universidad de Valladolid, España*

Francisco Javier Soria, *Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méjico.*

LAS PONENCIAS HAN SIDO REVISADAS SIGUIENDO EL SISTEMA DE PARES CIEGOS



# ILUMINACIÓN NATURAL EN LAS EDIFICACIONES DE TAPIAL: EL CASO DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO.

XV CIATTI 2018. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación. Cúcuta (Colombia).

*Martín Wieser.\* Arquitecto, Docente investigador.*

*Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. Lima, Perú.*

*PALABRAS CLAVE: Arquitectura de tierra, tapial, confort lumínico.*

## 1. Introducción

El uso del tapial -tierra cruda encofrada y apisonada- como sistema constructivo en edificios de vivienda sigue siendo una tecnología extendida en gran parte del Perú, principalmente en la sierra del país. Las principales ventajas de este tipo de construcciones son su bajo costo, las buenas condiciones térmicas que provee y el bajo impacto en el medio ambiente que genera. Las desventajas atribuidas al mismo están asociadas generalmente a su limitada resistencia frente a los sismos, al área útil que le resta al terreno, a la necesidad de mantenimiento continuo y a la poca luz que

ingresa a las habitaciones debido al tamaño reducido de sus vanos y al considerable espesor del propio muro, generalmente entre 60 y 80 cm. Precisamente, el tamaño de los vanos y el espesor de los muros resultan necesarios en los ámbitos en los que se utilizan, al estar vinculados a la resistencia de la estructura y al buen desempeño térmico que provee la masa: aísla, acumula y retarda el paso del calor, amortiguando las condiciones cambiantes del exterior (Meliani 2016). La ciudad de Huamachuco, con una población aproximada de 39,800 habitantes<sup>1</sup>, está ubicada a unos 3100



Figura 1. Edificios de tapial frente a la Plaza de Armas de la Ciudad de Huamachuco. Fuente: Martín Wieser.

msnm y a sólo 8° al sur de la Línea Ecuatorial. La ciudad comparte las características climáticas de gran parte de los valles interandinos de la sierra del Perú, con un clima frío tropical de altura, de condiciones relativamente moderadas, pero con noches frías, días templados, radiación solar muy alta y lluvia estacional.

Prácticamente la totalidad de los edificios tradicionales ubicados en el centro histórico de la ciudad de Huamachuco son construcciones de tapial. En la actualidad muchos de ellos se encuentran en situación de abandono y, a pesar del esfuerzo de las autoridades, son reemplazados paulatinamente con construcciones de 'material noble' (ladrillo cocido y concreto armado), alterando generalmente la integridad y la uniformidad del paisaje urbano.

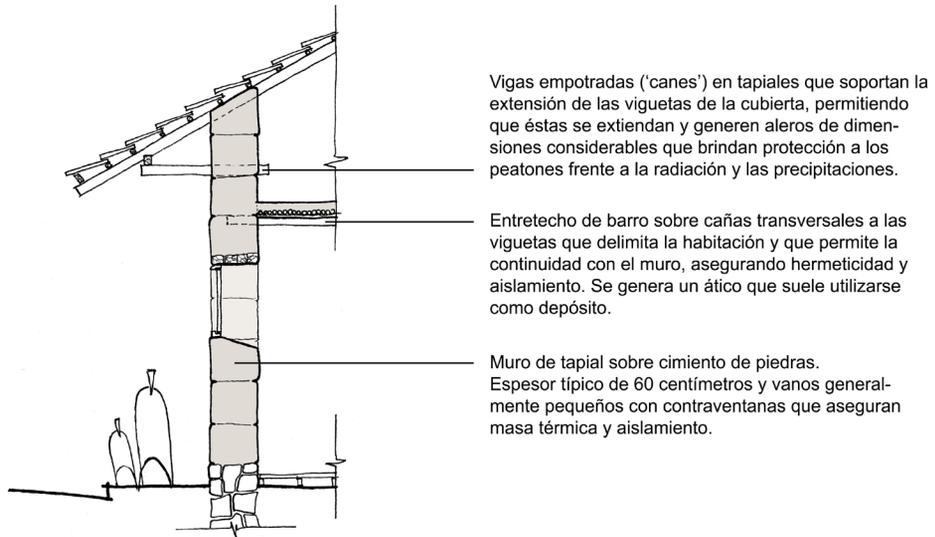
En la medida que exista disponibilidad de terreno y que no se requieran edificios de más de dos niveles de altura, el tapial sigue siendo una opción constructiva válida y, en muchos aspectos, con evidentes ventajas frente a la del ladrillo o de la bloqueta de cemento, dos alternativas que están reemplazando rápidamente las construcciones tradicionales en base a tierra cruda.

El presente estudio aborda el tema pendiente de la identificación y de la valoración cuantitativa de la iluminación natural en los edificios

de tapial, a partir de la arquitectura tradicional de la ciudad de Huamachuco y considerando las posibilidades que la actual normativa de construcción con tierra permiten.

## 2. Metodología

Como ya se adelantó, la gran mayoría de los edificios que se ubican en el centro histórico de la ciudad de Huamachuco (La Libertad) siguen siendo de tapial. A partir de los levantamientos de diversos edificios históricos y representativos realizados en dicha ciudad, se ha planteado un primer escenario en el que se reproducen las condiciones típicas de una construcción con tapial (Scaletti y Valle 2015): dimensiones y acabados de los vanos, de los ambientes y de los edificios y calles que condicionan el nivel de iluminación resultante al interior de las habitaciones. En el trabajo de campo realizado en la misma ciudad<sup>2</sup> se tomaron mediciones in situ, las que permitieron validar el procedimiento de simulación utilizado en el presente estudio, con el uso del programa informático Diva-for-Rhino<sup>3</sup>. Este software de tipo plug-in se instala en el programa Rhinoceros y contiene el motor de cálculo de Radiance<sup>4</sup>, que basa sus predicciones en la técnica de 'trazado de rayos'. Dicho procedimiento otorga el respaldo requerido a los resultados obtenidos.



Vigas empotradas ('canes') en tapias que soportan la extensión de las viguetas de la cubierta, permitiendo que éstas se extiendan y generen aleros de dimensiones considerables que brindan protección a los peatones frente a la radiación y las precipitaciones.

Entretecho de barro sobre cañas transversales a las viguetas que delimita la habitación y que permite la continuidad con el muro, asegurando hermeticidad y aislamiento. Se genera un ático que suele utilizarse como depósito.

Muro de tapial sobre cimiento de piedras. Espesor típico de 60 centímetros y vanos generalmente pequeños con contraventanas que aseguran masa térmica y aislamiento.

Figura 2. Corte esquemático del sistema constructivo de tapial en Huamachuco. Fuente: Martín Wieser.

A partir de las características de las fachadas de los edificios tradicionales, se identificaron tres situaciones bastante diferenciadas en cuanto a las características de los vanos de ventana (ver Figura 3): (a) una primera que corresponde a viviendas con vanos relativamente amplios, generalmente puertas asociadas a balcones en viviendas de dos niveles, (b) una segunda, en edificios cuyas fachadas alojan vanos de ventana relativamente altos y de dimensiones bastante menores y (c) una tercera opción en el que hay ausencia de vanos de ventana hacia la calle. En muchos casos los vanos hacia la calle están asociados a la presencia de comercios, y en prácticamente todos los casos suelen existir vanos de puertas o ventanas que conectan la habitación visual y funcionalmente hacia un patio interior, permitiendo también iluminarla. Para el caso del presente estudio, el Escenario 1 considerará exclusivamente los edificios con los vanos más amplios y asociados a balcones, ya que éstos resultan siendo los más emblemáticos de la ciudad y que sugieren mejores prestaciones lumínicas en los ambientes interiores.

Se plantea un segundo escenario (Escenario 2) en el que se recoge las características del escenario previo y se adecúan a las exigencias de la recientemente actualizada Norma de Diseño y Construcción con Tierra Reforza-

da del Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), que incorpora precisamente el tapial como sistema constructivo. Se trata de mantener las dimensiones y características de la habitación típica, redimensionando los vanos en función de lo que el reglamento permite. Aun cuando el texto del reglamento recomienda que los vanos sean 'pequeños y centrados', el espesor del muro de tapial condiciona una dimensión generosa del paño que permite a su vez un vano relativamente grande.

La norma establece, de manera específica, los siguientes límites geométricos en los muros y vanos: (1) que los muros transversales y contrafuertes exteriores tengan un espesor igual o mayor al espesor del muro que contiene el vano, (2) que el ancho del vano sea igual o menor a la tercera parte del largo total del muro (medido al interior) que lo contiene, entre transversales o contrafuertes, además de estar centrado a ellos (3) que el tamaño de los contrafuertes y de las partes del muro a los lados de los vanos (medido al exterior) sean mayor a tres y menor a cinco veces el espesor del muro, (4) la suma del largo del muro que contiene el vano más 1.25 veces la altura de dicho muro deberá ser igual o menor a 17.5 veces el espesor del mismo, y (5) los muros deben tener una esbeltez vertical ( $\lambda_v$ ) igual o menor a 6 veces su espesor y una esbeltez horizontal de ( $\lambda_h$ ) igual o menor a 10 veces el

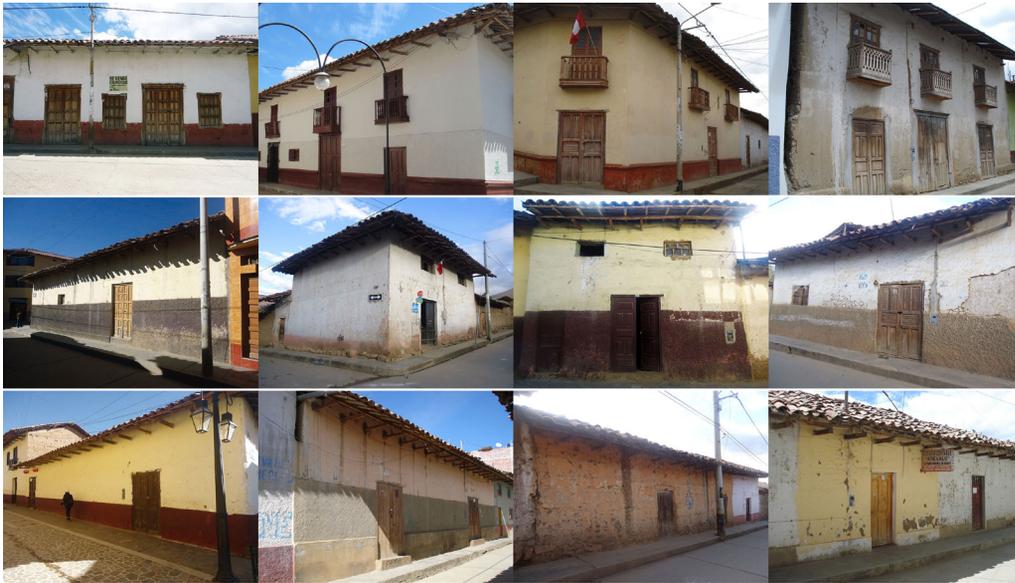


Figura 3. Vistas de fachadas típicas de edificios con vanos relativamente amplios y asociados a balcones en aquellos de dos niveles (fila superior, Escenario 1), fachadas típicas de edificios con vanos de dimensiones reducidas (fila central) y edificios con ausencia de vanos de ventana hacia la calle (fila inferior). Fuente: Martín Wieser.

espesor del muro; la esbeltez vertical puede llegar a un máximo de 8 si se cumple la condición del punto anterior (4).

Es preciso adelantar que, para la ciudad de Huamachuco, y debido a su localización en la Zona 3 de la Zonificación Sísmica, se deberá limitar la altura del edificio a un sólo nivel, según la indicación de la propia norma. Además, cabe mencionar que dicha norma obliga adicionalmente, entre otras condiciones, a la presencia de una viga collar y a un elemento de amarre del muro, sugiriendo el uso de geomallas o de soguillas de nylon, también conocidas como drizas. Para efectos del cálculo del ingreso de luz, tanto en el segundo escenario como en el siguiente, ambos de un solo nivel, se reemplaza el balcón con un alféizar de altura similar a la de la baranda. Adicionalmente, se considera en ambos casos la solución típica de los edificios tradicionales de una planta, concibiéndose una galería techada hacia el patio interior.

En un tercer y último escenario (Escenario 3) se plantea la incorporación de estrategias adicionales que, respetando la normativa propuesta, ayuden a mejorar el desempeño lumínico en los edificios de tapial: se redi-

mencionan las habitaciones, reduciéndolas sensiblemente a medidas de uso más común, se conciben marcos de menor dimensión, colores más claros y se mantiene el uso de las jambas oblicuas (derrame interior), estrategia tradicional recurrente y potencialmente útil. Esta última condición de las jambas se valorará de manera adicional en este tercer escenario.

En la figura 4 se presentan los esquemas en corte y planta de los tres escenarios, además del detalle de la carpintería de puertas y ventanas en cada uno de ellos.

A continuación se detallan las dimensiones y las particularidades que influyen en la cantidad y distribución de la luz natural en cada uno de los escenarios. En el Escenario 1, el edificio 'tradicional' de tapial, las dimensiones interiores son amplias (5.70 x 4.80 x 2.80m), el piso es un entablado de madera oscura (coeficiente de reflexión promedio,  $r=0.20$ ), las paredes tienen colores de tonalidades claras (celeste, melón, crema o rosado;  $r=0.50$ ), el cielo raso es de yeso ( $r=0.70$ ) y los acabados exteriores de las fachadas de los edificios son de colores medios (amarillo, crema o blanco,  $r=0.50$ ) con pistas y veredas de concreto ( $r=0.40$ ). Las

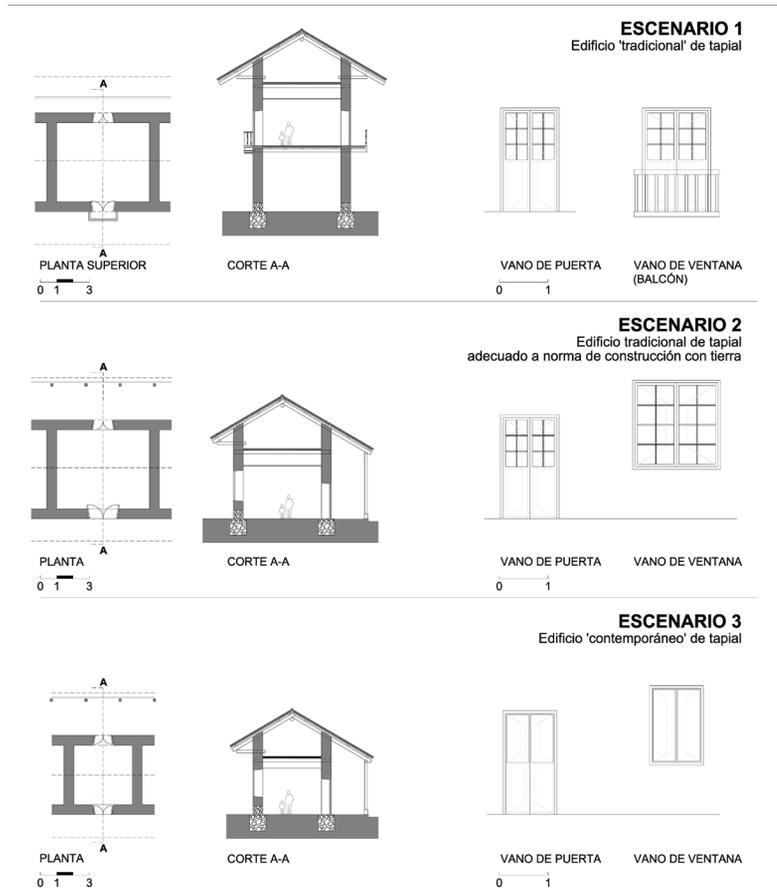


Figura 4. Detalle en planta y en corte de los tres escenarios a analizar, además de las características de los vanos y de la carpintería de madera en cada uno de ellos. Fuente: Martín Wieser.

hojas y marcos de puertas y ventanas son de color marrón oscuro, los paños traslúcidos de vidrio simple son pequeños (coeficiente de transmisión lumínica,  $t=0.85$ ) y requieren de listones intermedios de 2.5 cm. Tanto puertas como ventanas tienen unas contraventanas opacas de madera.

Para el caso del segundo escenario, se mantienen las dimensiones de la habitación del escenario previo, redimensionando el vano de la ventana según lo que permite la nueva norma de construcción con tierra. Se asumen construcciones de un sólo nivel, manteniendo las demás características y acabados de los edificios tradicionales. El balcón se transforma en una ventana convencional con un alfeizar de 1.10m de altura. Salvo las dimensiones, las demás características de los marcos se mantienen. Por último, en el tercer escenario, el edificio 'contemporáneo' de tapial, las

dimensiones interiores son significativamente menores (3.60x3.60x3.20m) y con la mayor dimensión del vano que permite la norma. El entablado de madera es de tonalidad media ( $r=0.40$ ), las paredes son de colores claros (blanco humo o similar;  $r=0.60$ ), el cielo raso es de yeso ( $r=0.70$ ) y se mantienen los acabados exteriores de las fachadas de los edificios según el Escenario 1. Se proponen marcos de madera clara barnizada ( $r=0.50$ ), reduciendo sus secciones y evitando los paños traslúcidos pequeños, al prescindir de listones intermedios. Se mantiene igualmente la solución de contraventanas opacas de madera, pero en acabado claro y barnizadas.

La identificación de los niveles de luz natural al interior de las habitaciones se realiza considerando un cielo nublado; a pesar de que no es la condición de cielo más habitual en la ciudad de Huamachuco y en el resto de las re-

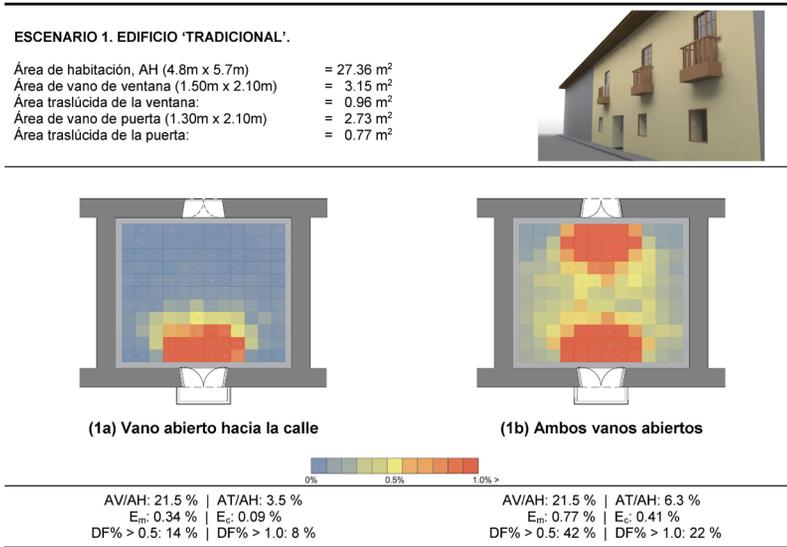


Figura 5. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 1. Fuente: Martín Wieser.

giones altas del Perú, éste representa la situación menos favorable, debido a que la porción de cielo visto en el ámbito urbano es limitado y el albedo resulta siendo mucho menor.

Para la elección del nivel de iluminación que provee el cielo en la ciudad de Huamachuco, se ha tomado en cuenta la fórmula de Tregenza (Tregenza 1986), la misma que se basa en un análisis estadístico que considera el ángulo de altura del sol, relacionado a la latitud del lugar, y a partir del cual se identifica un valor de nivel de iluminación que se presenta por más del 85% del tiempo, a lo largo del año, durante ocho horas al día. El valor resultante del cálculo, considerando una latitud aproximada de 8°, es de 9800 luxes, valor muy similar al que se obtiene en el resto del territorio peruano (entre 9 500 y 10 100 luxes).

La valoración de los resultados al interior de las habitaciones se realizará considerando el uso doméstico de los edificios y que, a su vez, corresponden generalmente a dormitorios y lugares de estancia. En ese sentido, diversos autores (Serra y Coch 1995, Tregenza y Loe 2014 o Szokolay 2014), en consonancia con las normas internacionales, coinciden en recomendar un nivel de iluminación promedio mínimo de entre 50 y 100 luxes como el apropiado para dichos ambientes, sobre un plano de trabajo ubicado a 80 cm del piso. Ello coincide

a su vez con los valores de 0.5% a 1% de porcentaje requerido de luz natural (Daylight Factor, %). El desempeño de la iluminación natural se valorará a partir de dichos límites y de la posibilidad de conseguirlos como valor promedio de la habitación y en un área considerable de la misma.

Para la obtención de los resultados del nivel de iluminación bajo las condiciones descritas y para los tres escenarios se ha utilizado, como ya se adelantó, la herramienta informática de simulación lumínica Diva-for-Rhino v.4.0.

### 3. Resultados

Se presentan a continuación los resultados gráficos de los tres escenarios indicados, acompañados de vistas exteriores del entorno urbano y de las condiciones de aberturas de la habitación. En la medida que éstas presentan aberturas en dos caras opuestas, una hacia la calle y la otra hacia un eventual patio interior, cada uno de los escenarios se valorarán considerando que: (a) únicamente las contraventanas del vano de ventana hacia la calle están abiertas y (b) tanto las contraventanas del vano de la ventana como las del vano de la puerta hacia el patio están abiertas.

Los datos específicos mostrados en la parte inferior de las figuras son:

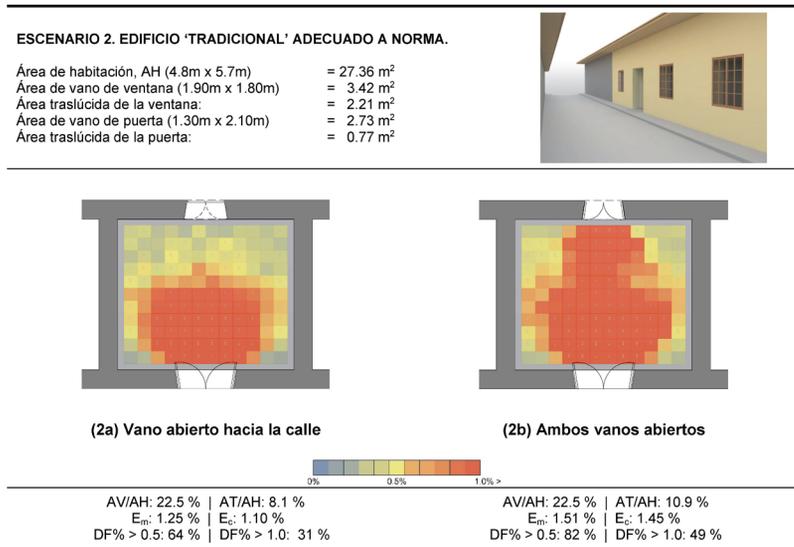


Figura 6. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 2.  
 Fuente: Martín Wieser

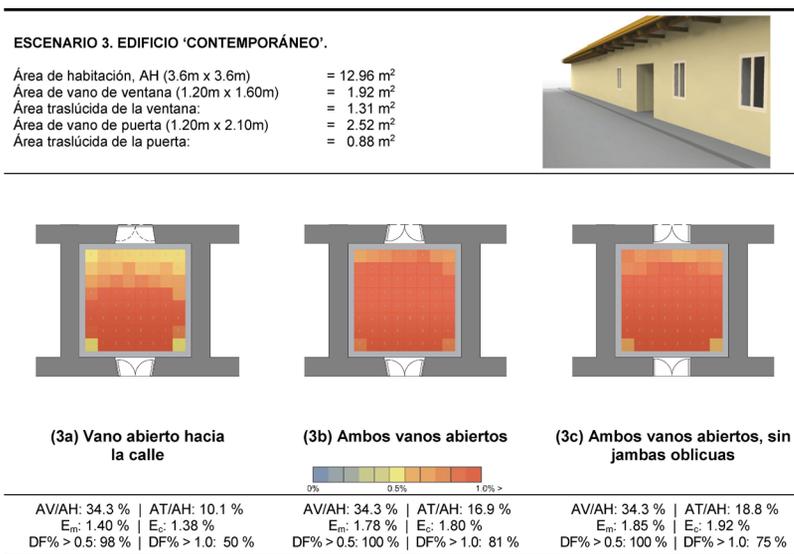


Figura 7. Resultados de niveles de iluminación obtenidos sobre el plano de trabajo en el Escenario 3.  
 Fuente: Martín Wieser

- La relación en porcentaje entre el área de los vanos y el área de la habitación (AV/ AH)
  - La relación en porcentaje entre el área de superficie traslúcida y el área de la habitación (AT/AH)
  - El valor del porcentaje de iluminación natural promedio de la habitación (E<sub>m</sub>)
  - El valor del porcentaje de iluminación natural al centro de la habitación (E<sub>c</sub>)
  - El porcentaje del área con niveles de iluminación superiores a 0.5% (DF% > 0.5)
  - El porcentaje del área con niveles de iluminación superiores a 1.0% (DF% > 1.0)
- Cabe mencionar que todos los valores de porcentaje de iluminación natural hacen referen-

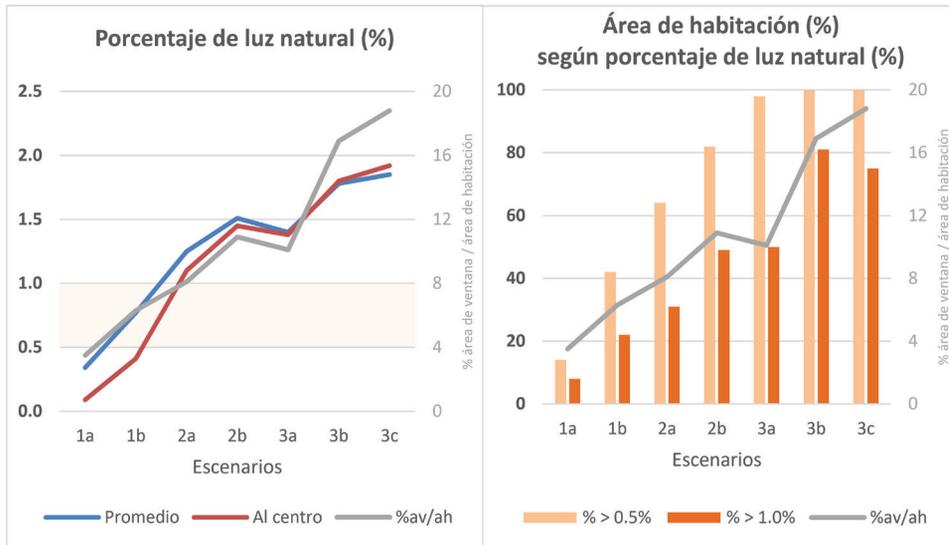


Figura 8. Resumen de los resultados del porcentaje de luz natural (%) obtenidos en los diferentes escenarios (izquierda) y valores obtenidos según el área del ambiente que recibe niveles de iluminación mayores a 0.5% y 1.0% (derecha). Fuente: Martín Wieser

cia a la que incide sobre el plano de trabajo que, como ya se adelantó, se ubica a 80 cm del nivel del piso.

En relación a los resultados del tercer escenario, se presenta una tercera condición (3c) que mantiene el área de la habitación (12.96 m<sup>2</sup>), pero se diferencia de la anterior (3b) únicamente por la presencia de jambas ortogonales; éstas han girado sobre su eje central vertical, con lo que las dimensiones del vano hacia el paramento exterior se ampliaron, sucediendo lo contrario, y en igual proporción, hacia el paramento interior. Con ello creció el área útil traslúcida, tanto en la puerta (0.98 m<sup>2</sup>) como en la ventana (1.45 m<sup>2</sup>), con lo que también se amplió ligeramente la relación entre el área traslúcida total frente al área de la habitación hasta un 18.8 %.

A continuación, se presenta gráficamente el resumen de los resultados obtenidos en los tres escenarios. El primero de ellos (ver Figura 8, lado izquierdo) muestra el porcentaje de luz natural promedio (%) obtenido en la habitación y del valor al centro de la misma. Se indica igualmente, sobre la serie de la derecha, la relación entre el área de la ventana y el área de la habitación; la correspondencia entre ambos resultados, como era previsible, resulta evidente.

Por último, se presentan los resultados obtenidos en los diversos escenarios en relación al porcentaje del área de la habitación, sobre el plano de trabajo, en el que se logra un nivel de iluminación mayor a 0.5% y 1.0% (ver Figura 8, lado derecho).

A partir de los cuadros presentados, además de la correlación directa entre nivel de iluminación y el porcentaje de área acristalada, se identifican valores que, en términos generales, y a excepción del primer escenario, se pueden considerar dentro de las exigencias contemporáneas de iluminación en espacios interiores domésticos.

## 6. Conclusiones

El nivel de iluminación promedio al interior de las habitaciones de los edificios tradicionales de la ciudad de Huamachuco no logra alcanzar los valores mínimos requeridos según las exigencias y normas contemporáneas. En el caso que las contraventanas estén abiertas en ambos vanos (Escenario 1b), el valor promedio de porcentaje de luz natural es de 0.77%; a pesar de que dicho valor no es tan bajo, sólo en el 42% del área de la habitación se obtienen valores por encima de 0.50%, bajando a 14% cuando sólo uno de los vanos tiene las contraventanas abiertas (Escenario 1a). Esto se explica por la gran cantidad de

luz que se acumula exclusivamente en la parte cercana a las aberturas y que se reparte con dificultad en el resto del ambiente

En el segundo escenario, y en la medida que se aplican las exigencias de la actual norma peruana de construcción con tierra, las dimensiones de los vanos logran crecer ligeramente. El ancho del vano de ventana pasa de 1.40m a 1.80m y, lo que es más importante, se amplía el área útil del material translúcido, elevando la relación entre el área vidriada y el área de habitación hasta el 10.9% (para el caso de las dos contraventanas abiertas). Bajo estas condiciones, el valor promedio de iluminación natural se eleva hasta 1.51% y el 82% del área de la misma obtiene valores por encima de 0.50%. Los resultados evidencian un ambiente con un nivel de iluminación ligeramente por encima de lo requerido para un ámbito doméstico.

Es importante notar que el mal desempeño lumínico identificado en los edificios tradicionales no se debe en principio al tamaño del vano, al ancho del muro ni a los aleros de dimensiones considerables. Si bien es innegable la influencia de dichos factores, que están directamente relacionados con el sistema constructivo en cuestión, resulta determinante el bajo porcentaje que representa el área de material translúcido en el cerramiento de madera. Esta condición se puede explicar en la medida que los requerimientos de iluminación natural al interior de los ambientes no han sido particularmente exigentes en el pasado, por los altos costos asociados al cristal y, a pesar de contar en la mayoría de los casos con contraventanas de madera, a las limitadas prestaciones térmicas que tiene el vidrio.

En cuanto al tercer escenario, con las dimensiones de la habitación más reducidas, con acabados y detalles que promueven el ingreso y la reflexión de la luz natural y siempre en el marco del cumplimiento de la norma de construcción con tierra para efectos del dimensionamiento de los vanos, se termina por comprobar que los niveles mínimos de ilumi-

nación obtenidos al interior son alcanzados de manera holgada. Los valores por encima del 1.0% de luz natural (100 luxes aproximadamente) son alcanzados en casi el 80% del ambiente, mientras que por encima de 0.5% se logra en la totalidad del mismo.

La presencia de jambas oblicuas que se 'abren' hacia el interior de la habitación, condición recurrente en los edificios tradicionales de tapial en Huamachuco y considerada en todos los escenarios, fue obviada intencionalmente en el Escenario 3c. Esto ha permitido identificar que bajo estas condiciones, con unas dimensiones ligeramente mayores hacia el paramento exterior del vano, como era previsible, el nivel de iluminación al interior, tanto el promedio como aquel obtenido al centro de la habitación, aumentaron ligeramente. Pero, en contraste con la cantidad de luz que ingresa con las jambas ortogonales, con las oblicuas se logra una mayor uniformidad en la repartición de la luz natural sobre el plano de trabajo

Se concluye finalmente que en las construcciones de tapial, y bajo las exigencias de la actual norma de construcción con tierra, sí es posible conseguir una correcta iluminación natural al interior de los ambientes. Para lograrlo, deberá considerarse las posibilidades que ofrece la propia norma para concebir vanos de mayor dimensión, que en lo posible existan vanos en muros contrapuestos, que la carpintería permita el mayor porcentaje posible de material translúcido, que se consideren acabados claros en las superficies interiores y que, de preferencia, se mantenga la disposición de jambas oblicuas en los vanos.

### Agradecimientos

La presente investigación ha podido ser realizada gracias al financiamiento del Centro de Investigación de la Arquitectura y la Ciudad (CIAC, PUCP) y del Proyecto de Investigación- acción "Transversal, acciones de integración en el territorio peruano" (2011-2016) ARES - Bélgica y PUCP- Perú.

## Bibliografía

- MELIANI, Houmam; ATTIA, Shady; TELLER, Jacques. "Architectural and environmental housing typology analysis in Huamachuco, Peru". Anales de Congreso PLEA 2016 Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments. Páginas 1009 - 1015. Los Angeles.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Dirección de Construcción. 2017. Perú.
- SCALETTI, Adriana; VALLE, María. "Huamachuco en el tiempo: Asentamiento Urbano y Arquitectura". Revista Consensus, Volumen 20, N°2, Julio-Diciembre 2015. Universidad Femenina del Sagrado Corazón. Lima.
- SERRA, Rafael; COCH, Helena. Arquitectura y Energía Natural. Edicions UPC. Barcelona, 1995. España.
- TREGENZA, Peter. "Measured and Calculated Frequency Distributions of Daylight Illuminance". Lighting Research and Technology 18 (2) 71-74. 1986.
- TREGENZA, Peter; LOE David. The Design of Lighting. Second Edition. Routledge, New York, 2014. EE. UU.
- SZOKOLAY, Steven. Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Third Edition. Routledge, New York, 2014. EE. UU.

## Citas y notas

\* **Martín Wieser.** Arquitecto, Docente investigador, Departamento de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. Lima, Perú. Arquitecto, magister en 'Desarrollo Internacional' y doctor en 'Energías y Medio Ambiente en Arquitectura' por la Universidad Politécnica de Cataluña. Docente, investigador y consultor en temas de iluminación y climatización natural.

<sup>1</sup> La cifra aproximada de población de la ciudad de Huamachuco ha sido calculada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y presentada en el Boletín Especial N° 23, "Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total por Sexo de las Principales Ciudades, 2000-2015", publicada en marzo de 2012.

<sup>2</sup> Se realizaron dos estudios en el marco del Proyecto TRANSVERSAL, que se resumieron en sendos documentos de trabajo: el primero de

ellos, "Levantamiento Fotográfico de Fachadas de Edificios de Huamachuco" realizado por Martín Wieser en 2013 y el segundo sobre "Tipologías arquitectónicas en Huamachuco" realizado por el Grupo Interdisciplinario Patrimonio Arquitectónico, PUCP en 2014.

<sup>3</sup> Software especializado, desarrollado por la Escuela de Diseño de la Universidad de Harvard y distribuido y comercializado por Solemma LLC. DIVA for Rhino [En línea]. Disponible: <http://diva4rhino.com/> [1 de Agosto de 2018].

<sup>4</sup> Herramienta de predicción de la radiación visible en espacios iluminados desarrollado por el Programa de Tecnologías de la Construcción de Berkeley (Building Technologies Program, Lawrence Berkeley National Laboratory). [En línea]. Disponible: <https://floyd.lbl.gov/radiance/> [1 de Agosto de 2018]