



CONSTRUCCIÓN CON TIERRA PARA EFICIENCIA TERMO-ENERGÉTICA DE CENTROS DE ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD

Amalita Fernández¹, Beatriz Garzón²

Conicet- Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

¹amalitaf93@gmail.com; ²bsgarzon@hotmail.com.

Palabras clave: arquitectura sanitaria, envolvente edilicia, balance energético, confort térmico.

Resumen

La región de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina, presenta condiciones óptimas para construir con tierra: clima y disponibilidad de adobe. Pese a ello, sus Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) se realizaron con materiales industrializados. La introducción del adobe para su construcción implica: 1) mejora en el comportamiento térmico de su envolvente, 2) en el ahorro energético, 3) rescate de tradición constructiva local y 4) preservación del ambiente natural. El presente trabajo tiene como objeto estudiar el rediseño de la envolvente arquitectónica con materiales y técnicas de la región para la adecuación térmico-energética de tres centros de atención primaria de salud en la localidad de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina; con el propósito de contribuir a mejorar las condiciones de confort de los usuarios, a través del empleo racional de la energía convencional. Se utiliza una combinación metodológica, mediante los siguientes métodos: estudio de caso, descriptivo, analítico, deductivo y correlacional. Las etapas realizadas son: a) Identificación y caracterización del área de trabajo; b) Determinación de las zonas y modos de obtención, de materiales y/o elementos constructivos en tierra; c) Análisis de los prototipos existentes de centros de salud según características tecnológicas y termofísicas de su envolvente; d) Propuesta de rediseño de la envolvente de dichos prototipos para su ajuste bioambiental; e) Etiquetado de eficiencia energética de cada caso original y de cada propuesta de rediseño; f) Análisis económico de la envolvente original y re-diseñada. El principal resultado obtenido es que la sustitución de la envolvente existente, por una constituida por tierra, permite mejorar considerablemente el nivel de confort higrotérmico sin necesidad de recurrir a métodos artificiales de acondicionamiento ambiental, con el consiguiente ahorro energético y cuidado del medio ambiente.

1 INTRODUCCIÓN

La región de Tafí del Valle, Tucumán, acoge a culturas ancestrales, descendientes de las primeras comunidades sedentarias en el actual territorio nacional. La arquitectura vernácula se caracteriza por el uso de materiales del lugar, se incorpora el adobe en la construcción de mamposterías. Esta técnica se presenta como una tecnología social de gran valor para el desarrollo de territorios sustentables.

El adobe presenta alta resistencia e inercia térmica. Es así que estas propiedades se constituyen en recursos para lograr el confort higrotérmico interior de forma pasiva, manteniendo las condiciones estables durante todo el día y reduciendo de éste modo la necesidad de consumir energía adicional por medios mecánicos, minimizando así la pobreza energética, explicada como la cantidad de recursos económicos destinados al pago de la energía necesaria para satisfacer las demandas (Oretaga; Garzón, 2018).

Los muros de mampostería construidas con componentes de tierra resultan, para la zona bioclimática considerada, más apropiados que aquellos realizados con ladrillos cerámicos macizos y con bloques huecos de hormigón. Ello, considerando tanto el punto de vista térmico, como su adecuación a las condicionantes económica y tecnológica del medio (Arias et al., 2007).

A pesar de todo lo previamente expuesto, los Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS)¹ que allí se emplazan fueron realizados con materiales de construcción industrializados, alejándose tanto del confort térmico como de la identidad del poblado. Resulta imprescindible que un CAPS rescate técnicas y tradiciones de la región, ya que, la atención primaria de salud es el primer nivel de contacto de los individuos, las familias y las comunidades con el sistema nacional de salud, acercando la atención sanitaria lo máximo posible al lugar donde las personas viven y trabajan, constituyendo el primer elemento del proceso de atención sanitaria continuada. Refleja las condiciones económicas y socioculturales, así como las características políticas del país y de sus comunidades, desarrollándose a partir de ellas, y está basada en la aplicación de los resultados apropiados de la investigación social, biomédica y de servicios sanitarios, así como en la experiencia sobre salud pública (Declaración de Alma-Ata, 1978).

2 OBJETIVOS

2.1 General

Exponer las ventajas termo-energéticas de la incorporación del adobe como material de construcción en centros de salud en la región de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina.

2.2 Específicos

- Analizar la envolvente arquitectónica de dos Centros de Atención Primaria de Salud.
- Proponer una alternativa de re-diseño de la envolvente introduciendo la tierra como material de construcción.
- Evaluar térmica y energéticamente los prototipos existentes y las propuestas de re-diseño generadas para los mismos.
- Analizar desde el punto de vista económico las ventajas de construir con materiales de la región.

3 DESARROLLO

3.1 Identificación y caracterización del área de trabajo

Los dos CAPS a analizar se localizan en la ciudad de Tafí del Valle, departamento Tafí del Valle, al oeste de la Provincia de Tucumán a 2130 msnm, latitud 26°51'21"S y longitud 65°40'22"O. La distancia que media entre Tafí del Valle y la ciudad de San Miguel de Tucumán es de 106 km, con 35 km de camino de montaña y un tiempo de viaje de aproximadamente 2 horas. La ruta que une ambas localidades es la ruta Prov. N° 307, que se une con la Ruta Nacional N° 38 (figura 1).

La localidad se encuentra en la zona bioambiental III, templado cálido, subzona a amplitud térmica superior a 14°C (IRAM 11603, 2012) (tabla 1).

La zona bioambiental se caracteriza por grandes amplitudes térmicas por lo que es aconsejable el uso de todos los elementos y recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica de edificios. Tanto en la faz de la orientación como en las necesidades de ventilación, por tratarse de una zona templada, las exigencias serán menores. La orientación Oeste debe ser evitada en lo posible. Las aberturas deben tener sistemas de protección a la radiación solar. Los colores claros exteriores siguen siendo altamente recomendables (IRAM 11603, 2012).

¹ Los CAPS brindan asistencia sanitaria esencial a todos los vecinos de la ciudad de forma accesible y equitativa



Figura 1. Zona bioclimática y ubicación

Tabla 1. Información climática (IRAM 11603, 2012)

Temperatura (T) y humedad relativa (HR)					
Verano (Diciembre, Enero y Febrero)			Invierno (Junio, Julio y Agosto)		
T. mín. med. HR mín.	T. med. HR med.	T. máx. med. HR mín.	T. mín. med. HR mín.	T. med. HR med.	T. máx. med. HR mín.
10,69°C 93%	15,50°C 74%	20,3°C 54%	1,3°C 74%	8,81°C 47%	16,31°C 21%

3.2 Determinación de las zonas y modos de obtención de materiales y elementos constructivos de tierra.

En el sitio de estudio, se detectaron centros donde se comercializan materiales industrializados de construcción, de los cuales tres comercializan también adobe de manera regular. Dichos corralones se encuentran a una distancia menor a cinco kilómetros de los CAPS analizados, por lo que resulta factible la obtención del material (figura 2).



Figura 2. Emplazamiento de centros de venta de adobe y prototipos de estudio

3.3 Análisis de los prototipos existentes de CAPS según las características tecnológicas y termo- físicas de su envolvente.

En ambos casos analizados, la envolvente se materializa por materiales industrializados: muro de ladrillo cerámico hueco 18 cm de ancho, revocado en ambas caras, carpintería de

aluminio con vidrio común y cubierta de chapa galvanizada con cámara de aire ventilada y lana de vidrio 5 cm de espesor.

Para la propuesta de re-diseño de la envolvente, se propone materializar los muros exteriores con adobe de 45 cm de espesor y carpinterías de madera con doble vidriado hermético y postigos de madera para evitar pérdidas de calor durante la noche.

En relación a los revocos, se emplea para ello una capa de suelo-cemento, para poder lograr la adherencia al adobe; y, posteriormente revoque cementicio sobre el cual se aplica, por cuestiones de sanidad y en el interior, una pintura látex impermeable anti-hongos ya que el muro debe tener un acabado interior completamente lavable.

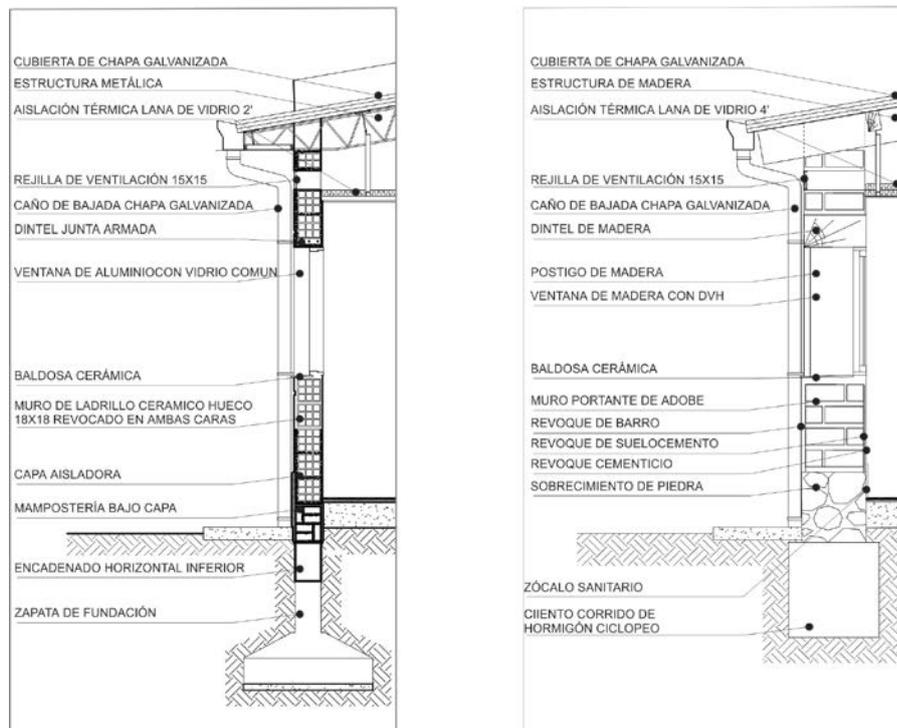


Figura 3. Detalle constructivo envolvente existente y propuesta de re- diseño.

a) Transmitancia térmica

El coeficiente de transmitancia térmica K para la envolvente existente ($W/m^2 \times ^\circ C$), muros y cubierta en los casos originales es de $1,77 W/m^2 \times ^\circ C$ y $0,61 W/m^2 \times ^\circ C$ respectivamente. Se compararon los cálculos realizados con los valores K máximos admisibles para invierno, por tratarse de la estación menos favorable, determinados por la norma IRAM 11605 (1996) para los tres niveles de confort higrotérmico: A (ecológico) $0,33 W/m^2 \times ^\circ C$, B (recomendado) $0,91 W/m^2 \times ^\circ C$ y C (mínimo) $1,59 W/m^2 \times ^\circ C$.

A partir de esto, se determinó que el elemento más desfavorable son las paredes, no pudiendo cumplir con ninguno de los tres niveles higrotérmicos, resultando necesaria su materialización con otros materiales de mejores prestaciones térmicas.

Se procedió luego a calcular el coeficiente de transmitancia térmica para los muros propuestos, de adobe, y se obtuvo un valor de $0,87 W/m^2 \times ^\circ C$, valor que verifica el nivel B de confort higrotérmico propuesto por IRAM 11605 (1996) ($0,91 W/m^2 \times ^\circ C$).

Por otro lado, también se calculó el coeficiente de transmitancia térmica medio ponderado de las paredes envolventes (K_{mp}) ya que este valor contempla también las carpinterías. Para el caso de estudio 1, original, este valor resultó ser $2,07 W/m^2 \times ^\circ C$, mientras que para su propuesta con envolvente re- diseñada se obtuvo un K_{mp} de $0,87 W/m^2 \times ^\circ C$.

En el caso 2, original, el valor de K_{mp} fue $2,18 W/m^2 \times ^\circ C$ y para su correspondiente caso de re- diseño el valor obtenido fue $0,93 W/m^2 \times ^\circ C$.

b) Inercia térmica

Se denomina inercia térmica a la resistencia que presentan los cuerpos a variar su temperatura, acumulando en su interior la energía térmica que reciben (Gálvez Hurta, 2002).

El muro de adobe, además de ser un buen aislante térmico, se destaca por su importante capacidad calorífica, por ende, inercia térmica, siendo óptimo para la región debido a la gran amplitud térmica y a la recomendación de la norma IRAM 11603 (2012) de elevar la inercia térmica. La variable que expresa esta propiedad es la difusividad térmica, cuya fórmula es:

$$\alpha = \lambda / c\rho \quad (1)$$

donde:

- α : difusividad térmica (m^2/s)
- λ : conductividad térmica ($W/m \times ^\circ C$)
- c : calor específico ($J/kg \times ^\circ C$)
- ρ : densidad del material (kg/m^3)

Los cerramientos con alta inercia térmica y baja difusividad, tardan cierto tiempo en transmitir la energía térmica que reciben. Esta propiedad se emplea en climas fríos, distribuyendo por la noche la energía ganada durante el día. Esto se cuantifica a través del desfase térmico expresado en horas, cuya fórmula es la siguiente:

$$d = T/2 \sqrt{(\rho c / \pi \lambda) l} \quad (2)$$

donde:

- T: período de variación (24h)
- ρ : densidad (kg/m^3)
- c: calor específico ($kcal/h \times ^\circ C$)
- l: espesor (m)

Se observa, a partir de dichas ecuaciones, que la inercia térmica del adobe es considerablemente superior a la del ladrillo cerámico hueco (tabla 2), siendo así el material que mejor se adapta a las recomendaciones de IRAM 11603 (2012).

Tabla 2. Inercia térmica (Moscoso Cordero, 2015)

Material	Espesor (m)	Conductividad térmica ($W/m \times ^\circ C$)	Densidad (kg/m^3)	Calor específico ($J/kg \times ^\circ C$)	Difusividad térmica (m^2/s)	Desfase de onda (h)
Ladrillo hueco	0,18	0,49	1000	920	5,32 E-07	5,68
Adobe	0,42	0,46*	1500	836	3,66 E-07	15,97

c) Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor

La norma IRAM 11604 (2001) permite evaluar los edificios con el objeto del ahorro energético en función del coeficiente volumétrico de pérdida de calor "Gcal", que tiene en cuenta las pérdidas a través de cerramientos opacos y no opacos, en contacto con el terreno y renovaciones de aire de locales. Puede observarse en el resumen de la tabla 3, que los valores obtenidos del cálculo del prototipo original no verifican (en ambos casos), mientras que en el propuesto se logra optimizar el coeficiente considerado, en relación al valor admisible por la norma de referencia.

Tabla 3. Coeficiente volumétrico de pérdida de calor caso 1 y 2.

	Prototipo existente		Propuesta de re- diseño	
	G= pérdidas volumen por transmisión+ pérdidas volumen por infiltraciones	W/m ³ ×°C	G= pérdidas volumen por transmisión+ volulmen por infiltraciones	W/m ³ ×°C
Caso 1	Gcal	1.800	Gcal	1.307
	Gadm(IRAM 11604, 2001)	1.554	Gadm	1.554
	Gcal>Gadm	NO verifica	Gcal<Gadm	Verifica
Caso 2	Gcal	2.052	Gcal	1.405
	Gadm(IRAM 11604, 2001)	1.554	Gadm	1.554
	Gcal>Gadm	NO verifica	Gcal<Gadm	Verifica

3.4 Etiquetado de eficiencia energética

Mediante el programa de cálculo “EtiquEArq”, se pudo obtener el etiquetado del nivel de eficiencia energética de calefacción; según la transmitancia térmica de los elementos componentes de las respectivas envolventes, en relación a parámetros específicos en norma IRAM 11900 (Garzón, Giuliano, 2016). En cada uno de los cerramientos verticales, se tuvo en cuenta el coeficiente K_{mp} , teniendo en cuenta las carpinterías. La norma establece como temperatura interior de diseño 20°C. Especifica ocho clases de eficiencia energética, de acuerdo a la variación media ponderada de la temperatura (ζ_m), entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño en grados Celsius. Ambos prototipos existentes se clasificaron en clase “D”.

Posteriormente se procedieron a etiquetar los prototipos con la envolvente re-diseñada, obteniéndose resultados muy favorables: es en ambos casos se clasificaron en clase “B”, subiendo dos niveles con respecto a los originales y entrando así en la categoría eficiente.

3.5 Análisis económico de la envolvente original y de re-diseño

Para terminar de comprobar la factibilidad de la construcción con adobe de los muros de los CAPS se realizó un análisis de costo por metro cuadrado de muro construido para ambas soluciones (existente y de re-diseño). Se empleó como base los costos utilizados por la repartición encargada de la ejecución de dichos edificios actualizados a marzo 2019. Estos costos contemplaban materiales industrializados (hasta depósito en obra) y mano de obra; por lo que se añadió el costo del adobe puesto en obra con valor actualizado para la misma fecha, realizando un promedio entre los corralones que allí lo comercializan, resultando un costo de \$13 por unidad de mampuesto de una medida de 0,13x 0,18x 0,30 m. Se realizó luego un análisis de incidencias por metro cuadrado de muro de adobe, para poder sacar el costo por metro cuadrado y, a partir de ese dato, por medio de una simple planilla de cálculo se obtuvieron los siguientes resultados, presentados en la tabla 4.

El espesor del muro de adobe es un 133% mayor que el de ladrillo hueco, mientras que su costo solo se incrementa en un 24%; y, suponiendo que la tierra utilizada para el revoque es tierra del lugar, el costo total por m² del muro de re-diseño resulta sensiblemente más barato que el original, 8%. Se puede observar que es muy baja la diferencia de costos entre la solución con la que se materializaron los muros del CAPS y la que se propone en el presente trabajo; por lo que resulta viable la implementación del adobe como material de construcción desde el punto de vista económico.

Tabla 4. Costo por ítem por m² de muro para solución existente y propuesta de re-diseño

Costo/m ² muro prototipo existente*		Costo/m ² muro prototipo re-diseño*	
mampostería de ladrillos huecos de e=0,18m (0,18x0,18x0,33)	\$696	mampostería de adobe de e= 0,42m (0,18x0,13x0,30)	\$867
Revoque grueso exterior de e=0,02 m (1/2:2:5 – cemento:cal: arena)	\$301	Revoque exterior de barro	\$242
Revoque interior cementicio grueso + fino preparado	\$591	Revoque interior suelo cemento + fino preparado	\$548
Total muro (\$/m ²)	\$1783	Total muro (\$/m ²)	\$1657

Los valores de costos presentados son en peso argentino

4 CONCLUSIONES

El análisis realizado prueba, además de las ventajas desde el punto de vista termo-energético de la introducción del adobe como material de construcción de muros para centros primarios de salud, la factibilidad de la misma.

A nivel de su resolución tecnológica, el muro original no verificaba el nivel mínimo “C mínimo” de cálculo de transmisión térmica “K” (W/m²×K) establecido por la IRAM 11605 (1996), con la mejora de los elementos constructivos en la envolvente rediseñada, se produjo la disminución del valor de cálculo de “K”; esto permitió verificar el nivel “B medio”. Por otro, lado el muro existente no cumplía con las recomendaciones de IRAM 11603 (2012) sobre la inercia térmica; con la incorporación del adobe prácticamente se triplicaron los valores de retardo térmico y masa térmica superficial. Además, la envolvente original, tampoco cumplía con el coeficiente máximo admisible de pérdidas volumétricas de calor expuesto en IRAM 11604 (2001). Con respecto al etiquetado de eficiencia energética en el caso del prototipo rediseñado se alcanzó el nivel “B”, mejorando dos posiciones desde el nivel “D” medido en la envolvente original; según valores establecidos por IRAM 11900 (2014).

Desde el punto de vista de la factibilidad en la obtención del adobe, resultó beneficioso. Esto, por un lado, debido a la disponibilidad del mismo, ya que se comercializa en el sector y de manera formal; y por otro, desde el punto de vista económico, resultando solo un 8% la variación del costo por m² de mampostería de adobe con respecto a la de ladrillo hueco de 18 cm de ancho.

Este trabajo permitió idear un conjunto de pautas que podrán aplicarse en diseños de centros de Atención Primarios de Salud nuevos y en remodelaciones de existentes que permitirán lograr mejoras sustanciales en futuras reformas de edificios para la salud en general. Los resultados obtenidos contribuyen al propósito de optimizar las condiciones de confort y eficiencia termo-energética en edificios destinados a la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Declaración de Alma-Ata, (1978). Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud, Alma-Ata, URSS. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/Alma-Ata-1978Declaracion.pdf>

Arias, L.; Latina, S. M.; Alderete, C.; Mellace, R.; Sosa, M.; Ferreyra, I. (2007) Comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina. Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda. San Miguel de Tucumán, Argentina.

Gálvez Huerta, M. A. (2002). Comportamiento térmico del adobe: inercia térmica. Arquitectura y construcción con tierra tradición e innovación. Madrid: Mairera. p.46-49.

Garzón, B.; Giuliano G. (2015). EtiquEArq: Programa de cálculo del etiquetado de edificios. Determinación del nivel de eficiencia energética de calefacción según norma IRAM 11.900.

IRAM 11601 (2002). Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo. Argentina: Instituto Argentino de Normalización

IRAM 11603 (2012). Clasificación bioambiental de la República Argentina. Argentina: Instituto Argentino de Normalización

IRAM 11604 (2001). Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Argentina: Instituto Argentino de Normalización

IRAM 11605 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios. Argentina: Instituto Argentino de Normalización

IRAM 11900 (2014). Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios. Método de cálculo. Argentina: Instituto Argentino de Normalización.

Moscoso Cordero, M.S. (2015). El adobe, sus características y el confort térmico. I Congreso Internacional online Filosofía de la Sustentabilidad de Vivienda Tradicional "Transformando comunidades hacia el desarrollo local". San Luis Potosí, México.

Ortega, M; Garzón, B. (2018) .Culturas constructivas en los valles de Tucumán. Programas de vivienda y organizaciones sociales. 18º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA. p.459-469

AUTORES

Amalita Fernández es Arquitecta, becaria doctoral CONICET. Integrante del proyecto IAP de SCAIT-UNT. Colaboradora en la PPA Desarrollo, evaluación y transferencia de estrategias y disposiciones urbanísticas, arquitectónicas y tecnológicas no convencionales con uso racional y renovable de la energía Para la sustentabilidad y salubridad del hábitat."- FAU| UNT.

Beatriz Garzón es Arquitecta, Doctora en Ciencias en el Área de Energías Renovables; Especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; Investigadora Independiente de CONICET; Directora de Proyecto IAP de SCAIT UNT. Docente-Investigadora Nivel II del MinCyT-MEN; Profesora Adjunta de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, IAA, FAU, UNT.