

# CONFORT TÉRMICO DE VIVIENDAS: COMPARACIÓN ENTRE VIVIENDAS CON ENVOLVENTES DE TIERRA Y TRADICIONALES

Sabrina Caffaratti<sup>1</sup>, Lara Auday Cruz<sup>2</sup>, Santiago Cabrera<sup>3</sup>

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Santa Fe, Argentina

<sup>1</sup>sabrinamcaffaratti@gmail.com, <sup>2</sup>laudaycruz@frsf.utn.edu.ar, <sup>3</sup>spcabrera@outlook.com

**Palabras clave:** Eficiencia energética, simulación energética, EnergyPlus, quincha, adobe

## Resumen

La construcción con tierra se encuentra transicionando un proceso de reivindicación a través de la difusión de sus beneficios energéticos y ambientales. Los mismos no sólo presentan ventajas técnicas, sino que también colaboran en la disminución del impacto ambiental a través de las características de sus procesos de producción. Se vuelve entonces necesario conocer su comportamiento de manera más profunda, realizando análisis específicos que colaboren a asentar las técnicas en el uso popular. El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia que presenta la utilización de técnicas de construcción con tierra en el confort higrotérmico y la eficiencia energética de una vivienda, contrastando dichos resultados con envolventes tradicionales. Para llevarlo a cabo, fue realizado el modelado de una vivienda tipo, generando simulaciones energéticas mediante el software EnergyPlus. Por medio de este, fue luego evaluado el comportamiento energético de la vivienda y, modificando sus muros por diferentes paquetes constructivos, generados a partir de técnicas de construcción con tierra, se repitió el proceso; efectuando finalmente una comparación entre los resultados obtenidos. A través de la evaluación realizada, es posible observar cómo la utilización de paquetes constructivos de tierra afecta directamente el consumo energético y confort de la vivienda, demostrándose grandes disminuciones en el consumo energético y variaciones en la temperatura y humedad medias del edificio.

## 1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los principales problemas a nivel mundial pueden destacarse el calentamiento global y la crisis energética. Esta última deriva de tres factores: “los impactos ambientales asociados con la generación, suministro y el consumo de la energía fósil, la disponibilidad de los recursos energéticos y el acceso desigual a la energía” (Castro-Martínez et al., 2012). Particularmente, el sector energético se destaca por ser el responsable de alrededor del 70% de los gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera, siendo que la generación de energía para calefacción y electricidad causa el 40% de las emisiones del sector energético (Nogar et al., 2021).

En este contexto, la eficiencia energética cumple un rol fundamental, buscando conseguir una reducción del consumo de las distintas fuentes de energía sin la disminución del confort y la calidad de vida. De este modo, no sólo se consigue proteger al medio ambiente, sino también se asegura el abastecimiento a los usuarios y se fomenta un comportamiento sostenible a largo plazo (Martínez Pérez; Gassinski, 2022). Una de las formas en las que se aplican los conceptos de eficiencia energética en la construcción de viviendas es en la elección adecuada de las envolventes, lo cual presenta beneficios no sólo en cuanto a los ahorros energéticos de los espacios, la mejora del microclima interior y la reducción de emisiones contaminantes obtenidos, sino también en relación con la viabilidad técnica y económica de un proyecto (Balter et al., 2020).

Bajo este marco, pueden resaltarse las potencialidades de los muros de cerramiento contruidos con tierra (Cabrera et al., 2023), cuya continuidad histórica se debe en gran medida a la abundancia de su materia prima, la economía de sus procesos constructivos, sus cualidades bioclimáticas y a la armonía de su interrelación con el ambiente natural en que se desarrolla (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012). Existen numerosas técnicas y sistemas

constructivos que emplean tierra como materia prima preponderante (Rotondaro, 2018), sin embargo, estas pueden clasificarse de manera simplificada dentro de las siguientes categorías:

- Técnicas mixtas: la tierra se emplea como material de relleno y revestimiento, valiéndose de una estructura portante independiente, generalmente construida con madera. La técnica más empleada en el Litoral argentino es la quincha, caracterizada por su estructura secundaria de cañas o listones de madera equiespaciados entre 10 y 15 cm y dispuestos en sentido horizontal o diagonal (Esteves; Cuitiño, 2020).
- Técnicas monolíticas: mediante el moldeo directo con las manos o la utilización de encofrados móviles llenos con morteros compactados o vertidos, se construyen muros monolíticos, generalmente con capacidad portante. El mayor exponente de estas técnicas es la tapia (Tepale Gamboa, 2016).
- Técnicas de albañilería: aquellas que emplean componentes prefabricados de pequeñas dimensiones, producidos previamente a la construcción de la vivienda. Estos componentes se adhieren entre sí empleando morteros de tierra. Los muros construidos con bloques de tierra comprimida (BTC) o adobes son ejemplos de estas técnicas (Dorado et al., 2022).

En los últimos años ha sido posible evidenciar, particularmente en la región del litoral argentino, el número creciente de viviendas construidas con tierra, siendo las técnicas más empleadas el adobe, la quincha, la tapia y el BTC (Auday Cruz; Caffaratti, 2022). Resulta entonces de suma importancia el estudio del desempeño higrotérmico de la tierra como material de construcción y de las diversas técnicas que con ella pueden llevarse a cabo, con el fin de caracterizar y dar respuesta a interrogantes que no pueden ser subsanadas con las normativas vigentes.

## **2 OBJETIVO**

Con la finalidad de estudiar las propiedades térmicas y el desempeño de las envolventes de tierra, se tiene por objeto en el presente artículo evaluar la eficiencia energética de una vivienda construida con diferentes técnicas de construcción con tierra en el Litoral argentino; comparando los resultados con una envolvente tradicional de ladrillo cerámico macizo (LCM).

## **3 METODOLOGÍA**

Para conseguir el objetivo propuesto, se llevaron a cabo una serie de actividades que permitieron realizar el estudio de las envolventes de tierra. Entre ellas, se encuentran la definición de un prototipo base, la caracterización de los parámetros necesarios para la posterior carga en el software EnergyPlus y, finalmente, la ejecución de las diversas simulaciones en el mismo.

### **3.1 Definición del prototipo base**

En primera instancia, fue definido un prototipo base para ser utilizado como referencia para la posterior comparación energética. Dicho prototipo es una vivienda unifamiliar desarrollada en una planta, que cuenta con dos dormitorios, estar, cocina-comedor y lavadero, tal como se muestra en la figura 1.

El prototipo cuenta con muros perimetrales de 20 cm de espesor y muros interiores de 15 cm, ambos compuestos por paquetes de ladrillos cerámicos macizos y terminados con revoques cementicios grueso y fino, tanto externa como internamente.

La vivienda mencionada fue designada como prototipo base debido a una serie de ventajas convenientes para la simulación energética. Estas son, por un lado, la gran variedad de locales (sociales, íntimos y de servicio) incluidos en la vivienda, de dimensiones estándar asimilables a otras edificaciones de igual uso. Además, la disposición de los ambientes permite considerar

tanto muros como aberturas orientadas según los cuatro puntos cardinales, permitiendo considerar los efectos climáticos de forma integral.

En complemento, se consideró a la misma como situada en la localidad de Sauce Viejo, cercana a la ciudad de Santa Fe, Argentina. Esta decisión fue tomada con el objetivo de amplificar los efectos generados por el clima sobre la vivienda: al encontrarse en una zona poco poblada, lejana a construcciones linderas, el edificio resulta ampliamente expuesto a la radiación solar y el viento, entre otros fenómenos.

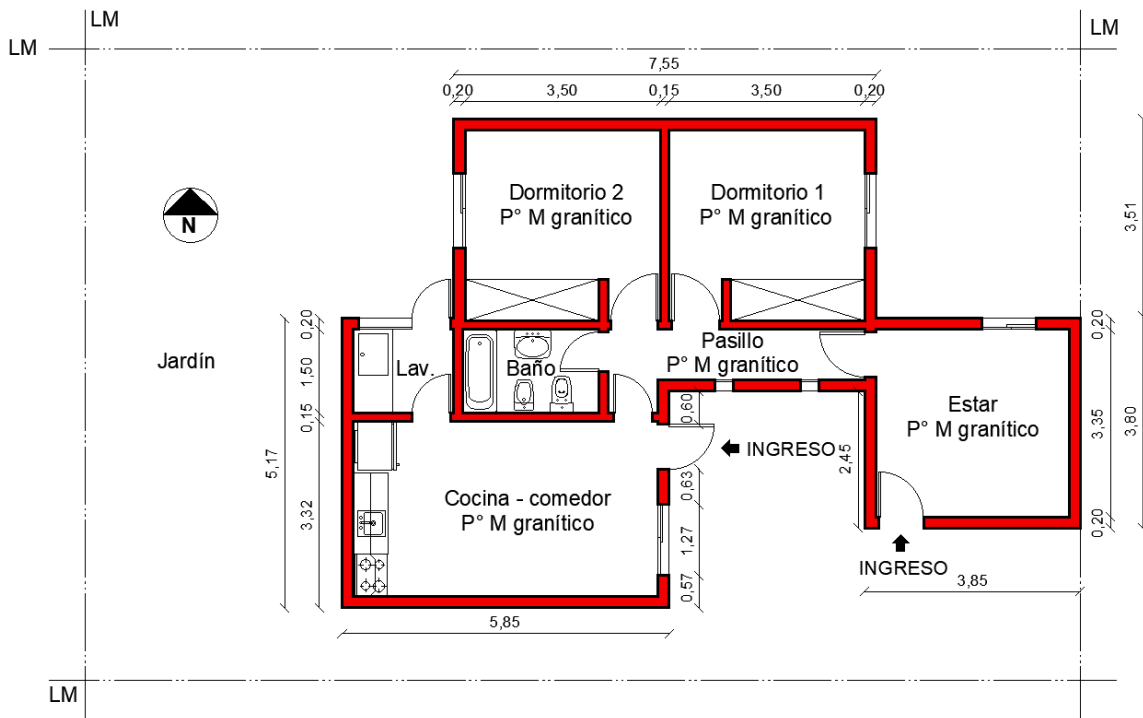


Figura 1. Prototipo base - vivienda unifamiliar.

### 3.2 Caracterización de los parámetros establecidos por EnergyPlus

El software EnergyPlus establece determinados parámetros necesarios para la posterior simulación de las obras. Entre ellos se encuentran el clima de la zona, el tipo de acondicionamiento, la cantidad y actividad de personas utilizando cada espacio, las cargas eléctricas y los paquetes constructivos de las envolventes. Estos parámetros se mantuvieron constantes para todos los prototipos generados, garantizando así que la única variable en estudio sea la materialidad de los cerramientos verticales.

#### a) Clima de la zona

Debido a que se consideró a la vivienda como situada en la localidad de Sauce Viejo, fue utilizada para la simulación información meteorológica correspondiente a la misma, actualizada al año 2021. Entre los datos contemplados, fueron tenidas en cuenta las temperaturas máximas, medias y mínimas promedio para cada mes.

#### b) Ambientes

La vivienda cuenta con dos áreas sociales (estar y cocina – comedor), tres áreas de servicio (baño, lavadero y pasillo de circulación), y dos dormitorios. En el análisis propuesto para la carga en el software se consideró a todos los espacios bajo la función de “ambientes”, con veinte renovaciones de aire por hora cada uno. De esta forma, se definió como única diferencia entre los mismos que los locales principales (áreas sociales y dormitorios) se encuentran acondicionados con equipos eléctricos (aire acondicionado compacto).

## d) Cargas

Para cada ambiente, fueron definidas las cargas en ellos presentes, incluyendo uso esperable de iluminación y acondicionamiento térmico y cantidad de personas, considerando una familia promedio compuesta por tres integrantes. Para disminuir la influencia de factores externos que pudiesen alterar los resultados del análisis, no se tuvo en cuenta ningún otro tipo de artefacto en el interior de la vivienda que pueda consumir energía eléctrica.

En el caso de los equipos de acondicionamiento, sus especificaciones técnicas no fueron detalladas de forma manual, siendo en su lugar aplicada la configuración automática del software en base a cuatro días de diseño estipulados. Dichos días fueron seleccionados en base a la probabilidad de ocurrencia de sus temperaturas. Las características de cada día se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los días de diseño adoptados

Día	Probabilidad de ocurrencia anual (%)	Temperatura máxima de bulbo seco (°C)	Amplitud diaria (°C)
Verano 1	0,4	35,10	12,60
Verano 2	1,0	33,60	12,60
Invierno 1	1,0	2,90	0,00
Invierno 2	0,4	0,90	0,00

La determinación de cargas por iluminación y por uso (es decir, por actividad de personas en función de la cantidad presente) fue definida atendiendo al funcionamiento habitual de una vivienda. Fueron adoptadas, para todos los ambientes, luminarias con una potencia de 100 W, considerando un uso de hasta tres personas en simultáneo. En la tabla 2 pueden observarse los detalles de lo adoptado para cada local.

Tabla 2. Cargas por ambiente.

Ambiente	Cantidad de personas en simultáneo	Cantada de luminarias de 100 W	Acondicionamiento
Estar	3	2	Sí
Cocina – comedor	3	2	Sí
Baño	1	1	No
Lavadero	1	1	No
Pasillo	1	1	No
Dormitorio 1	1	2	Sí
Dormitorio 2	2	2	Sí

## e) Paquetes de envolventes

La vivienda analizada cuenta con mampostería “tradicional”, de ladrillo cerámico macizo; el piso posee revestimiento granítico y el techo está constituido por chapa galvanizada con aislación de lana de vidrio. Para cada material utilizado en los paquetes planteados, fueron definidos sus valores de espesor, densidad, conductividad térmica, calor específico (Cp), rugosidad y absortancias térmica, solar y visible. En el caso de estos últimos tres parámetros, fueron adoptados los mismos valores para todos los materiales; debido a que dependen principalmente de la terminación superficial y el color de los objetos, y no presentan mayor distinción entre los materiales seleccionados.

En la tabla 3 pueden apreciarse los valores definidos para las absortancias; y en las tablas 4 a 6 se exponen los paquetes originales con los cuales está construida la vivienda, adoptados para la generación del prototipo 1 – “original”.

Tabla 3. Absortancias adoptadas

Tipo de absortancia	Valor adoptado (adim.)
Térmica	0,90
Solar	0,70
Visible	0,70

Tabla 4. Paquetes de muro - prototipo 1

Paquete N°1 - Original					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Muro perimetral - 20 cm					
Revoque exterior	2,5	1900,0	1,16	840,0	Rugoso
LCM	15,0	1600,0	0,81	800,0	Muy rugoso
Revoque interior	2,5	1900,0	0,93	840,0	Rugoso
Muro interior - 15 cm					
Revoque	2,0	1900,0	1,16	840,0	Rugoso
LCM	11,0	1600,0	0,81	800,0	Muy rugoso
Revoque	2,0	1900,0	0,93	840,0	Rugoso

Obs.: el término *revoque* refiere al conjunto de revoques grueso y fino.

Tabla 5. Paquete de techo

Paquete N°T1 - Original					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Chapa galvanizada	0,1	8550	17,70	480	Liso
Panel de lana de vidrio	10,0	38	0,03	710	Muy rugoso
Enlucido de yeso	1,0	1000	0,49	840	Rugoso

Tabla 6. Paquete de piso

Paquete N°P1 - Original					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Revestimiento granítico	2,5	2750	3500,00	840	Liso
Carpeta de nivelación	4,0	2100	1300,00	840	Rugoso
Contrapiso de hormigón pobre	10,0	1600	0,76	840	Rugoso

Debido a que el objetivo de este artículo es determinar la influencia que tienen los muros cuya materia prima es la tierra en el confort de los habitantes, se determinó como primera premisa que los paquetes de piso y cubierta se conservasen de acuerdo con lo establecido en las Tablas 5 y 6; buscando así que la única variable en estudio sean los muros. A partir de esto, se conformaron cinco paquetes constructivos, compuestos por diferentes técnicas de construcción con tierra: adobe, quincha, tapia y BTC. En las Tablas 8 a 12 se detallan los

paquetes adoptados para cada prototipo. Los valores de conductividad térmica y densidad de los elementos constructivos con tierra se obtuvieron de manera experimental en investigaciones anteriores (Cabrera et al., 2023), mientras que para definir las propiedades del resto de los materiales tradicionales se empleó la base de datos del software EnergyPlus. En el caso de los revocos, fue utilizada en todos los prototipos la misma configuración, considerando que la compatibilidad entre las distintas técnicas vuelve esto posible. En la Tabla 7 puede observarse el detalle de los revocos.

Tabla 7. Revocos de tierra – prototipos 2 a 6

Material	Espesor	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)
Revoque grueso	2/3 del conjunto	1328,52	0,48	1000,00
Revoque fino	1/3 del conjunto	1259,90	0,25	1000,00

Obs.: el espesor de cada revoque depende del espesor total del conjunto de revoque grueso y fino, especificado en la tabla correspondiente a cada técnica

Tabla 8. Paquetes de muro - prototipo 2.

Paquete N°2 - Adobe					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Muro perimetral - 36 cm					
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso
Adobe	30,0	1352,37	0,43	1000,0	Rugoso
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso
Muro interior - 20 cm					
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso
Adobe	14,0	1352,37	0,43	1000,0	Rugoso
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso

Obs.: el término "revoque" refiere al conjunto de revocos grueso y fino

Tabla 9. Paquetes de muro - prototipo .

Paquete N°3 - Quincha					
Todos los muros - 21 cm					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso
Quincha	15,0	428,83	0,13	1200,0	Muy rugoso
Revoque	3,0	-	-	-	Rugoso

Tabla 10. Paquetes de muro - prototipo 4

Paquete N°4 – Tapia					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Muro perimetral - 34 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
Tapia	30,0	1000,0	0,67	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso

Muro interior - 24 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
Tapia	20,0	1000,0	0,67	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso

Tabla 11. Paquetes de muro - prototipo 5.

Paquete N°5 – BTC					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Muro perimetral - 29 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
BTC	25,0	1595,0	0,6	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
Muro interior – 16,5 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
BTC	12,5	1595,0	0,6	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso

Tabla 12. Paquetes de muro - prototipo 6.

Paquete N°6 – BTC					
Material	Espesor (cm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad (W/mK)	Cp (J/kgK)	Rugosidad
Muro perimetral – 31,5 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
BTC	27,5	1595,0	0,6	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
Muro interior – 16,5 cm					
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso
BTC	12,5	1595,0	0,6	1000,0	Medio rugoso
Revoque	2,0	-	-	-	Rugoso

### 3.3 Modelado y simulación de prototipos

Una vez definidos los prototipos, haciendo uso de los parámetros previamente expuestos, fue realizado el modelado y simulación de cada uno de ellos. En primer lugar, se generó el modelo 3D de la vivienda base, que puede observarse en las figuras 2 y 3, definiendo en él los parámetros comunes a todos los prototipos. Dicho modelado fue realizado con el software SketchUp, aprovechando la posibilidad de vincular el mismo con EnergyPlus para la evaluación energética.

Finalizado el modelo, se procedió a modificar los paquetes de cada uno de los muros por los previamente expuestos, generando seis prototipos diferentes, de los cuales se evaluaron distintos parámetros vinculados al consumo energético y confort.

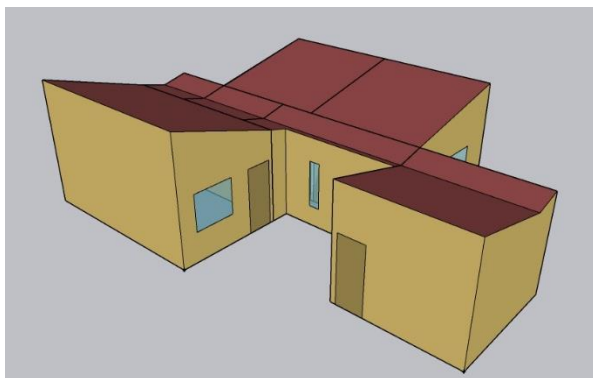


Figura 2. Modelo 3D de la vivienda base – visual 1

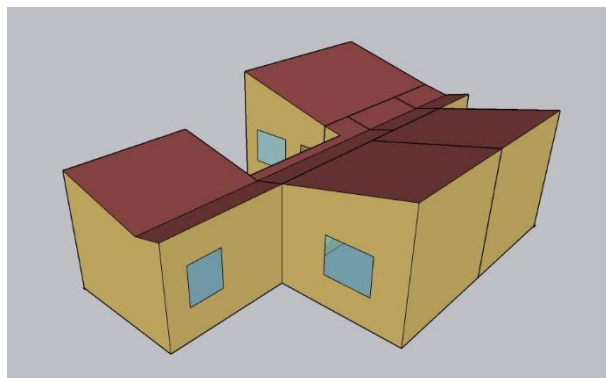


Figura 3. Modelo 3D de la vivienda base – visual 2

#### 4 RESULTADOS

Pueden observarse en la tabla 13 los valores de temperatura y humedad media para los prototipos evaluados, incluyendo la discriminación de algunos de los ambientes principales. Debe considerarse que, en locales de servicio, como pasillo y baño, se presentaron temperaturas menores a las expuestas en la tabla; siendo estas también contempladas para la determinación de la temperatura media de la vivienda.

En la tabla 14, por otro lado, pueden observarse los valores de consumo energético obtenidos. Vale la pena destacar que, en cuanto a los consumos eléctricos medios mensuales, los valores más altos se dieron, para todos los prototipos, en los meses de invierno (junio o julio).

Tabla 13. Temperatura y humedad media, según prototipo (primera parte)

Prototipo N°	Ambiente	Temperatura media (°C)	Temperatura media por ambiente (°C)	Humedad media (%)	Humedad media por ambiente (%)
1 - Original	Cocina	21,74	22,1	59,61	57,4
	Dormitorio 2		22,5		57,1
	Estar		22,4		56,7
2 – Adobe	Cocina	21,54	20,8	60,89	58,6
	Dormitorio 2		22,3		59,6
	Estar		22,2		58,0
3 – Quincha	Cocina	21,43	21,7	61,26	59,0
	Dormitorio 2		22,3		59,9
	Estar		22,1		58,4
4 – Tapia	Cocina	21,61	20,8	60,29	63,4
	Dormitorio 2		22,4		58,8
	Estar		22,3		57,5
5 – BTC	Cocina	21,63	22,0	60,37	58,1
	Dormitorio 2		22,4		58,8
	Estar		22,3		57,5
6 – BTC	Cocina	22,06	22,0	60,46	58,1
	Dormitorio 2		22,4		58,9
	Estar		22,3		57,6

Obs.: los valores medios de temperatura y humedad fueron calculados con los datos correspondientes a la totalidad de los ambientes de la vivienda

Tabla 14. Consumo anual y pico de acondicionamiento térmico, según prototipo

Prototipo N°	Consumo eléctrico anual (kW/h)			Máximo consumo pico (kW/h)	Mes de máximo consumo pico
	Calefacción	Refrigeración	Total		
1 – Original	10773,75	2178,80	17176,63	7260,00	Junio
2 – Adobe	7901,58	1324,01	13611,02	5660,00	Diciembre
3 – Quincha	7198,35	1320,52	12997,95	5830,00	Diciembre
4 – Tapia	8714,40	1520,32	14536,76	5920,00	Diciembre
5 – BTC	8784,41	1509,71	14581,92	5860,00	Diciembre
6 – BTC	8642,01	1466,56	14409,06	5790,00	Diciembre

Obs.: los consumos eléctricos total y pico consideran también las cargas de iluminación y ventilación

## 5 DISCUSIÓN

Analizando los resultados obtenidos, pueden advertirse ciertas particularidades. En primer lugar, observando los valores de temperatura y humedad media correspondientes a cada prototipo, es posible notar que las disparidades entre cada uno son muy pequeñas. Si bien se percibe una cierta variación dependiendo de la materialidad de los muros, estas no superan diferencias de alrededor del 6%, siendo esta básicamente imperceptible en el confort humano. La humedad en cada ambiente se comporta de forma análoga, variando en un máximo de hasta 10%.

Si bien esta constancia en ambos parámetros no presenta mayor variación en la utilización de distintos tipos de cerramiento, puede notarse tendencia de disminución de temperatura y aumento de porcentaje de humedad al utilizar muros de tierra, en comparación con la mampostería original.

Por otro lado, analizando los consumos eléctricos de los prototipos, pueden observarse diferencias notables. En cuanto a la energía necesaria para el acondicionamiento térmico de la vivienda, puede corroborarse la existencia de una correlación positiva: mientras más aislante sea el material de cerramiento, menor es el consumo eléctrico anual requerido para mantener las condiciones de confort. Esto se evidencia, por ejemplo, en los valores de consumo para calefacción. En estos, el cerramiento con mayor aislación térmica (la quincha, prototipo N° 3) presenta un consumo un 50% menor al necesario para calefacción en el prototipo original (prototipo N°1). Esto implica destinar para calefacción un 55% y 63% respectivamente del consumo total anual, como puede observarse en las figuras 4 y 5. Estos resultados coinciden, a pesar de la diferencia en las condiciones climáticas, con los publicados por Giovino y Flores Larsen (2024) para viviendas construidas con quincha en la montaña andina, Argentina.

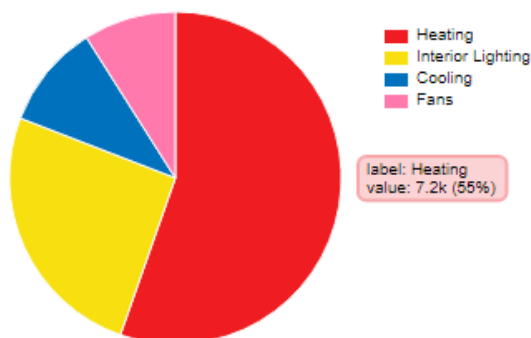


Figura 4. Consumo total anual.  
Prototipo N°3 – Quincha

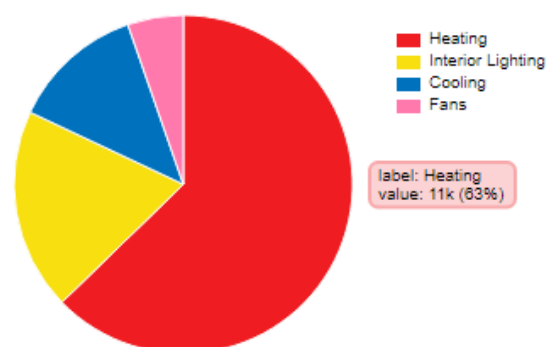


Figura 5. Consumo total anual.  
Prototipo N°1 – Original

Además, con las simulaciones ejecutadas se ponen de manifiesto disminuciones considerables en el máximo consumo pico anual, que presenta valores entre un 23% y 28% menores al utilizar cerramientos de tierra. Resulta también particular el momento del año donde se dan dichos valores: para la envolvente original, el mes con máximo consumo pico es el mes de junio (como se ve en la Figura 6); mientras que, para los prototipos con muros de tierra, este consumo se da durante los meses de verano, como se observa, por ejemplo, en la figura 7.

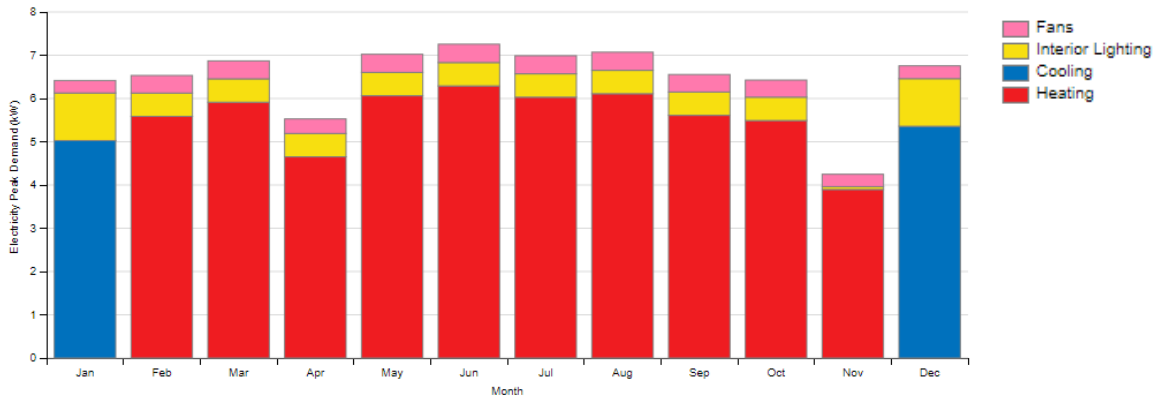


Figura 6. Consumo eléctrico pico mensual. Prototipo N°1 – Original

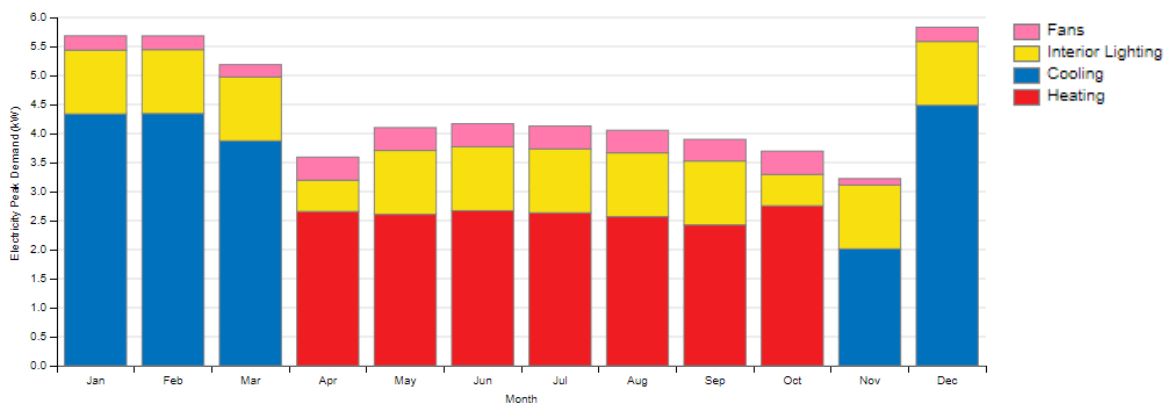


Figura 7. Consumo eléctrico pico mensual. Prototipo N°3 – Quincha.

Esto, de todas formas, se puede inferir verdadero sólo para la comparación de los consumos picos por mes, ya que, como se plasma a manera de ejemplo en las figuras 8 y 9, el consumo medio de cada mes presenta los mayores valores en los meses de junio o julio, para todos los prototipos.

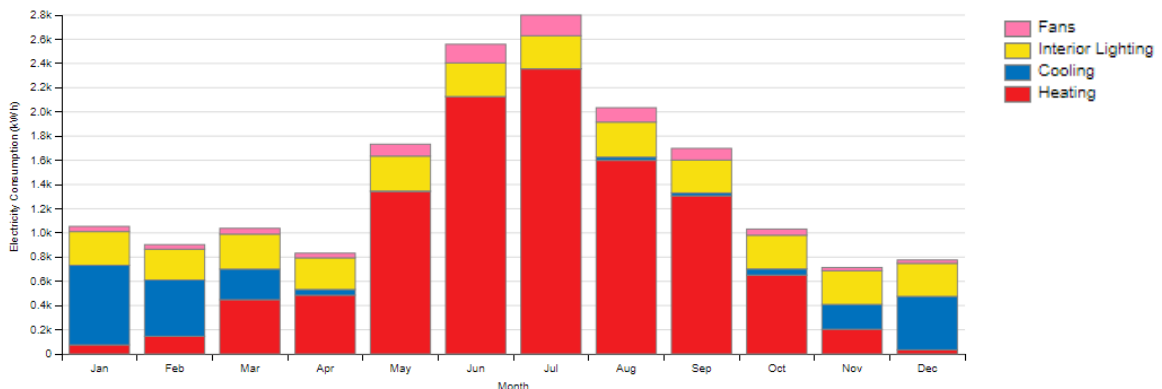


Figura 8. Consumo eléctrico medio mensual. Prototipo N°1 – Original

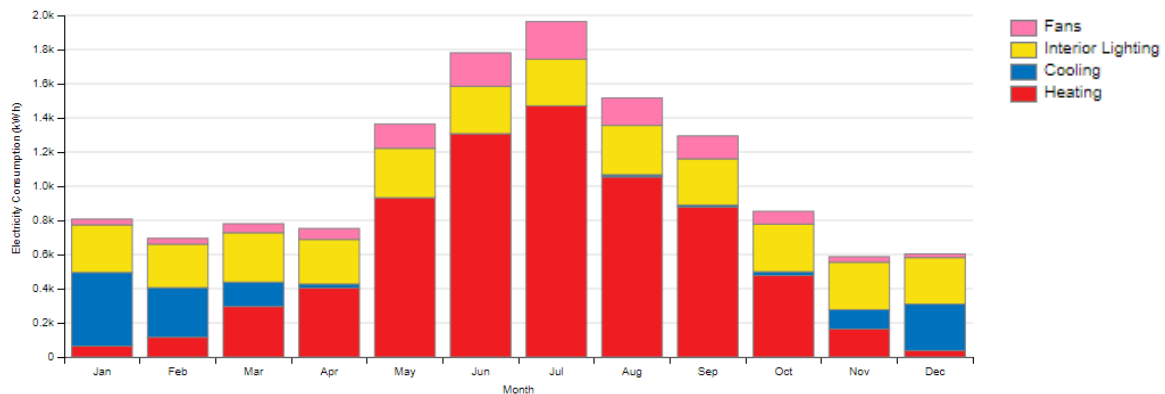


Figura 9. Consumo eléctrico medio mensual. Prototipo N°3 – Quincha

## 6 CONCLUSIONES

A partir de los datos recopilados, estudiados y expuestos, es posible extraer una serie de conclusiones. Primeramente, si bien no se encuentran variaciones notables en las temperaturas y humedades medias del interior de la vivienda entre los distintos prototipos, sí se encuentra una significativa variación en cuanto a los consumos energéticos. Debido a que para todos los casos planteados fue utilizada la misma configuración de acondicionamiento mecánico, puede considerarse que las condiciones de confort interno se encuentran altamente influenciadas por dichos equipos, relegándose a segundo plano la influencia o falta de ella de las distintas envolventes.

Sin embargo, a partir de lo expuesto en la tabla 13, se corroboró que, al utilizar envolventes de tierra, las temperaturas interiores disminuyen, mientras que el porcentaje de humedad aumenta. Considerando un margen de entre 22 y 24 °C y un porcentaje de humedad de alrededor del 40% como condiciones de confort, puede concluirse que la vivienda no se encuentra en su totalidad bajo dichas condiciones, presentando en todos los casos una humedad demasiado alta. Esto puede deberse principalmente a la ubicación de la vivienda: Sauce Viejo es una localidad alejada al río Coronda, siendo esperable un clima húmedo durante todo el año. Debido a que la tierra es un material higroscópico, puede asumirse que la misma absorbe gran cantidad de la humedad ambiente, permitiendo su ingreso al interior de la vivienda con mayor facilidad que los muros de mampostería de ladrillo cerámico macizo.

Por otro lado, en cuanto al acondicionamiento de los locales, se aprecia una relevante variación del consumo. Como fue mencionado en la discusión, los prototipos con envolventes más aislantes, como lo son la quincha o el adobe, requieren hasta un 52% menos de consumo energético para poder climatizar los ambientes; logrando una temperatura dentro de los rangos de confort.

De esta forma, es posible concluir que la utilización de envolventes de tierra frente a mampostería “tradicional” presenta una disminución significativa de consumo energético. Esto implica ventajas tanto económicas como ambientales, generando una forma de colaborar con la reducción de gases de efecto invernadero y ayudando a mitigar consecuencias del calentamiento global, entre otras problemáticas de elevado interés a nivel mundial, sin la necesidad de sacrificar condiciones de confort dentro de la vivienda.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Auday Cruz, S.; Caffaratti, S. (2022). Evaluación transdisciplinaria de la construcción con tierra en el Litoral Argentino. Jornada de Jóvenes Investigadores Tecnológicos 2022, Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de <https://doi.org/10.33414/ajea.1283.2023>

- Balter, J.; Ganem, C.; Barea, G. (2020). Mejoras en el desempeño energético de edificios en verano mediante la integración de envolventes ventiladas en fachadas norte y cubiertas. El caso de Mendoza, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 10(2), 94–105. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.02.07>
- Cabrera, S. P.; Guillarducci, A.; González, D.; Suarez, M. (2023). Evaluación del coeficiente de conductividad y transmitancia térmica de elementos constructivos de tierra. *Hábitat Sustentable*, 13(1), 08–19. Recuperado de <https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.01.01>
- Castro-Martínez, C., Beltrán-Arredondo, L. I. & Ortiz-Ojeda, J. C. (2012). Producción de biodiesel y bioetanol: ¿Una alternativa sustentable a la crisis energética? *Ra Ximhai*, 8(3), 93-100. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/461/46125177010/>
- Dorado, P.; Cabrera, S.; Rolón, G. (2022). Contemporary difficulties and challenges for the implementation and development of compressed earth block building technology in Argentina. *Journal of Building Engineering*, 46, 103748. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103748>
- Esteves, J. M.; Cuitiño, M. G. (2020). El sistema constructivo de la quincha en zonas rurales del Norte de Mendoza (Argentina). *Estoa*, 9(17), 93–102. <https://doi.org/10.18537/est.v009.n017.a08>
- Giovino, M. L.; Flores Larsen, S. (2024). Desempeño térmico de una vivienda de arquitectura de tierra en la montaña andina. *PENSUM*, 10(12), 126–146. <https://doi.org/10.59047/2469.0724.v10.n12.41117>
- Martínez Pérez, F. & Gassinski, L. (2022). La eficiencia energética y el papel del mantenimiento en la misma. *Ingeniería Energética*, 43(2), 10-18. Epub 11 de julio de 2022. Recuperado en 08 de junio de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012022000200010&lng=es&tng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012022000200010&lng=es&tng=es)
- Nogar, A. G.; Clementi, L. V.; Decunto, E. V. (2021). Argentina en el contexto de crisis y transición energética. *Revista Universitaria de Geografía*, 30(1), 107-131. Recuperado de <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.52292/j.rug.2021.30.1.0018>
- Pacheco-Torgal, F.; Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>
- Rotondaro, R. (2018, December). Construir con tierra: Tecnología y arquitectura del siglo XX. Notas CPAU.
- Tepale Gamboa, B. A. (2016). La tierra vertida compactada como sistema tecnificado para la autoconstrucción de vivienda en zonas rurales [Universidad Nacional Autónoma de México]. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/76043>

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a la Ing. Nadia Román por la información brindada respecto al software EnergyPlus; y al TCN Franco Aguado por su colaboración en el modelado y simulación energética.

## AUTORES

Sabrina María Caffaratti, estudiante de 4° año de Ingeniería Civil e investigadora categoría “G” de la Carrera del Investigador de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe “UTN FRSF” (Argentina). Técnica Constructora Nacional; miembro del grupo de Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra de la UTN FRSF.

Lara Auday Cruz, estudiante de 4° año de Ingeniería Civil e investigadora categoría “G” de la Carrera del Investigador de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe “UTN FRSF” (Argentina). Técnica Constructora Nacional; miembro del grupo de Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra de la UTN FRSF.

Santiago Cabrera, Ingeniero Civil y Doctor en Ingeniería por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe “UTN FRSF” (Argentina). Actualmente es codirector del Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra de la UTN FRSF; codirige la Red Argentina de Construcción con Tierra PROTIERRA e integra la Red Iberoamericana PROTERRA