

EVALUACIÓN HIGROTÉRMICA Y ESTRUCTURAL DE SALÓN COMUNITARIO CONSTRUIDO PARTICIPATIVAMENTE CON BTC EN ZONA SEMIDESÉRTICA

Irene Blasco Lucas, Celina Michaux, Laura Simón Gil

RESUMEN

La problemática del hábitat rural en zona árido-sísmica, es propia del 30% de las áreas territoriales del planeta y del 69% de Argentina, con leves matices según el lugar. Se reconoce que un importante sector de las mismas posee situaciones socio-económicas muy deprimidas, careciendo de infraestructuras y de servicios básicos (redes viales, eléctrica, de agua, de gas, de telecomunicaciones, de salud, de educación, etc.). Por ello, se han conducido indagaciones de aspectos parciales en la búsqueda de soluciones apropiadas. En base a relevamientos y encuestas detalladas realizadas previamente sobre una muestra representativa se conocen las necesidades, prioridades y preferencias de su cultura, especialmente en sus viviendas. Éstas son muy precarias, construidas en forma espontánea con barro, paja, ramas y palos obtenidos en la zona de implantación, sin dar respuestas suficientemente adecuadas a la rigurosidad climática, la aridez extrema y la elevada sismicidad.

En ese contexto, se considera imperioso dar mayor calidad a los componentes y sistemas utilizados, a fin de resolver la escasez de recursos naturales, mitigar la severidad meteorológica, y brindar una resistencia estructural acorde al nivel de riesgos telúricos del sitio. Entre las debilidades detectadas se encuentran los vicios constructivos en muros, techos y aberturas, por lo cual se desarrollaron tecnologías mejoradas en respuesta a sus dificultades. Las mismas se aplicaron en forma participativa en el Salón Comunitario de una localidad seleccionada, el cual fue diseñado con estrategias bioclimáticas determinadas por modelos específicos, y evaluado el comportamiento higo-térmico en 2 variantes de muro de BTC mediante simulación estacionaria y dinámica, y mediciones en tiempo real, además del desempeño estructural con un método cuali-cuantitativo. Se presentan los resultados obtenidos que demuestran la conveniencia de la propuesta con aparejo compuesto y la factibilidad de autoconstrucción mediante el proceso participativo implementado. La experiencia es altamente transferible a entes gubernamentales para sustentar programas sociales de apoyo y superación.

Palabras clave: BTC, Evaluación higo-térmica, Calidad estructural, Proceso participativo

INTRODUCCIÓN

En el mundo grandes sectores del hábitat suburbano y principalmente el rural poseen condiciones socio-económicas muy deprimidas. Generalmente carecen de infraestructura de servicios básicos (redes viales, eléctrica, de agua, gas, telecomunicaciones, salud, educación, etc.), siendo esto más agudo en territorios áridos, cuya extensa superficie ocupa el 30 % del planeta, el 26 % de América Latina y el Caribe, y el 69 % de Argentina (Blasco Lucas, 2013).

La complejidad de sus problemáticas ha dado origen a numerosas investigaciones orientadas a aportar soluciones para una gran diversidad de aspectos parciales relacionados con mejoras de la construcción en tierra (Blondet et al., 2003; Rael, 2009), el uso de energías renovables en sus diferentes formas (Wüstenhagen et al., 2007; Ibstock, 2011), y modalidades participativas para facilitar la apropiación de las nuevas tecnologías (Akella et al., 2009; Díaz et al., 2010; Kaygusuz, 2011).

Dramáticas catástrofes han demostrado que para poder aprovechar las bondades de la construcción con tierra en áreas cuyas cualidades ambientales predominantes son la aridez extrema y la elevada sismicidad, es necesario adecuar la calidad de los componentes y sistemas utilizados, a fin de resolver la escasez de recursos naturales, mitigar la rigurosidad climática, y brindar una resistencia estructural acorde al nivel de riesgos telúricos del lugar.

Con este propósito en la presente investigación se desarrolló una tecnología basada en mampostería armada de bloques de tierra comprimida (BTC), que fue aplicada en un prototipo experimental de un pequeño salón comunitario (SC).

El objetivo del caso elegido fue en primera instancia, verificar la factibilidad constructiva de los sistemas y su proceso participativo, y en segunda, lograr un efecto multiplicador al materializar un caso demostrativo de pertenencia colectiva, de modo que luego esas tecnologías fuesen utilizadas para mejorar las viviendas de la zona.

El trabajo presenta las evaluaciones realizadas del clima del lugar, del comportamiento higrotérmico y de la calidad estructural del SC de los sistemas propuestos, como también la metodología constructiva desarrollada.

LUGAR DE EMPLAZAMIENTO

La localidad de Balde de Leyes, Figura 1, se seleccionó en el conjunto de una muestra analizada de casos similares, por cumplir todas las condiciones necesarias a los efectos de la investigación. Está ubicada en la zona bioambiental II (IRAM 11603, 2012), a 160 km al Este de la ciudad de San Juan, en el Departamento de Cauce, y es accesible a través de 18 Km de huella casi intransitable, hacia el Sur de la ruta 141, Figura 2.

Los centros poblados vecinos distan a 30 km (Marayes), 130 km (Colon), y 100 Km (Chepes). Sus coordenadas geográficas son: latitud $-31^{\circ} 41' 06''$, longitud $-67^{\circ} 21' 37''$, 557m snm.

La comunidad se originó 70 años atrás, y actualmente la forman 10 familias (30 personas) que viven en viviendas precarias construidas con adobe, cañas, ramas y barro, dispersas en un radio de 1.5 Km. Cabe notar que cada casa posee un sistema domiciliario solar desde el año 1994, que los usuarios conservan y usan todavía para ahorrar consumo pago, pues en el año 2012 el pueblo fue conectado a la red provincial de servicio eléctrico.

El equipamiento comunitario, consiste en una escuela, una capilla, un tanque elevado y uno australiano que son alimentados por una planta de bombeo solar y un pozo con motor Diesel. Distante a 1 Km hacia el Oeste, una represa natural acumula el agua de lluvia durante los 3 meses estivales, para abreviar el ganado (caprino, bovino, ovino y equino). Sin embargo, la escasez del preciado líquido es lo usual, en especial durante los prolongados períodos de sequía, cuando el Municipio debe abastecerlos con camiones. Durante el verano quedan aislados por las aguas de escorrentías de las típicas lluvias torrenciales (Blasco Lucas, 2013).



Figura 1: Vistas del pueblo Balde de Leyes

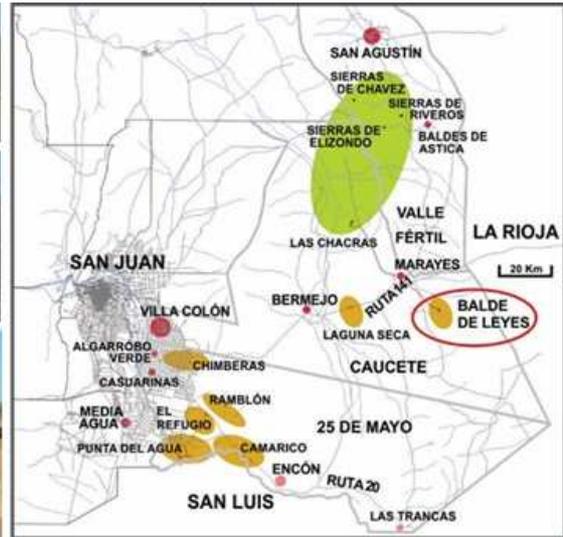


Figura 2: Localización de Balde de Leyes

ANÁLISIS CLIMÁTICO

Se realizó un análisis exhaustivo del clima en base a mediciones registradas durante cinco años consecutivos con una estación meteorológica DAVIS Vantage Pro-Plus instalada en el lugar. Los parámetros monitoreados fueron: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, dirección y velocidad de vientos, procesados con el programa PROCLIM (Blasco Lucas, 2013), mediante tablas dinámicas, y diagramas lineales y de superficie.

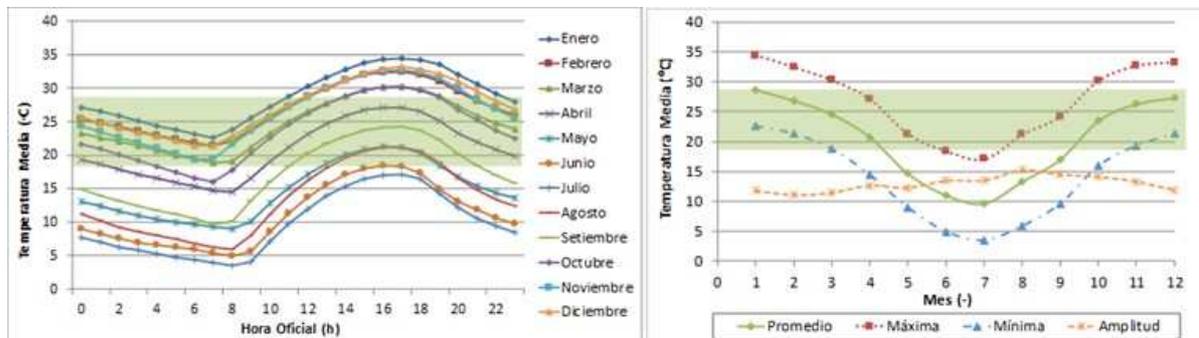


Figura 3: Zona de Confort (gris) con evolución de la temperatura media en días tipo mensuales (Izq.); y valores medios, mínimos y máximos junto con sus amplitudes térmicas por mes (Der.).

La Figura 3 muestra a la izquierda el diagrama de evolución temporal de las temperaturas medias en un día tipo mensual, y a la derecha, exhibe las medias de temperatura máximas, mínimas y promedios junto con la amplitud térmica. La franja de color grisáceo indica las condiciones ampliadas de confort humano, donde más del 50 % del tiempo los valores se encuentran fuera de dicha área de referencia. Se transformó el archivo climático al formato *Energy Plus Weather* para procesar los datos con el software *Climate Consultant 6* (CC6) (Liggett et al., 2018), adoptando el modelo de confort adaptativo de *ASHRAE Standard 55-2010*, cuyos umbrales son 18.4°C y 29.4°C, Figura 4.

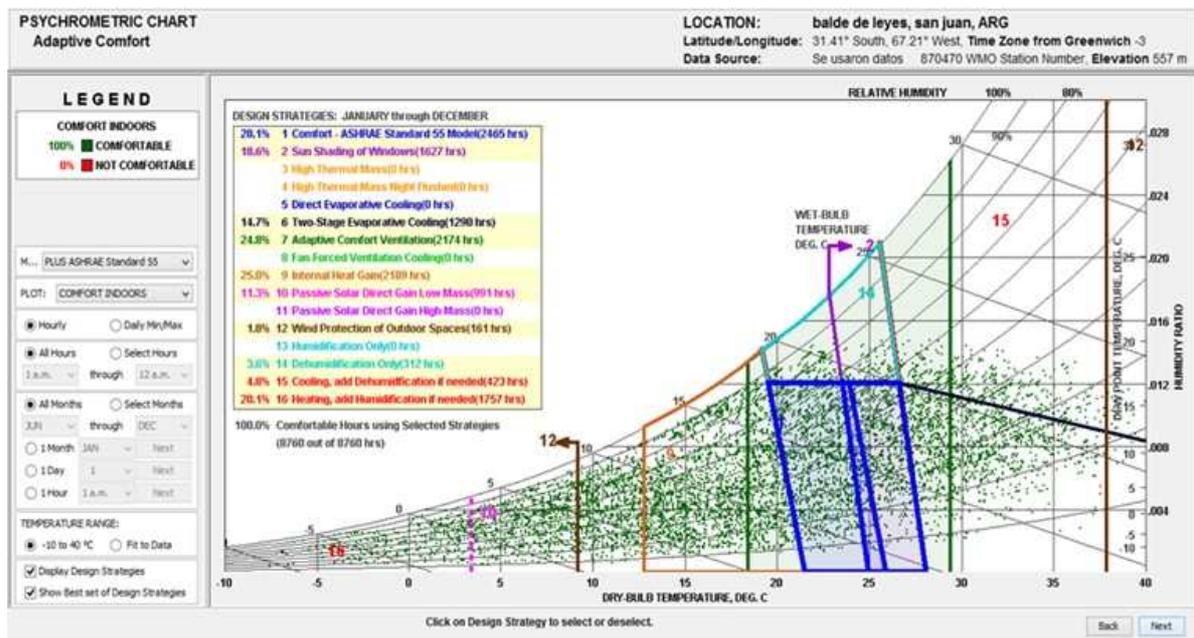


Figura 4: Carta psicrométrica obtenida con CC6, según el modelo de confort adaptativo de ASHRAE Standard 55-2010.

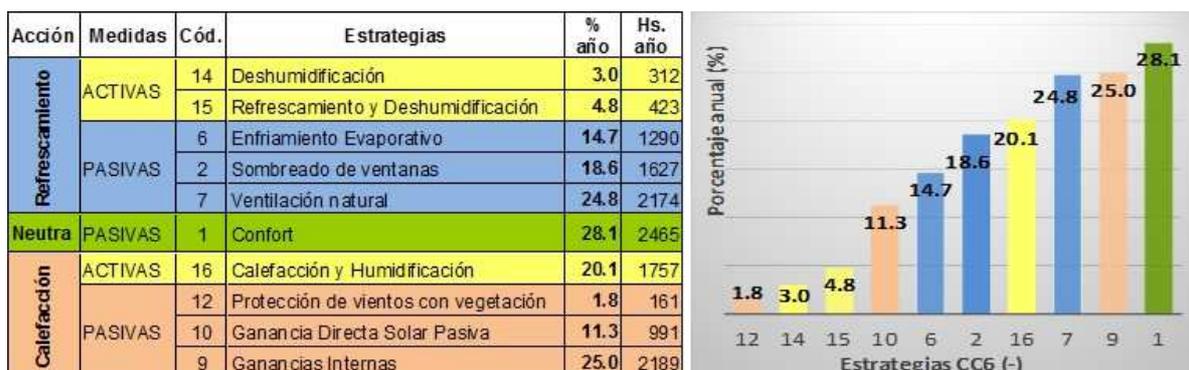


Figura 5: Valores relativos y absolutos del tiempo de validez de las estrategias de diseño a lo largo del año, obtenidas con CC6.

Los valores del tiempo de validez de las estrategias de diseño durante un año obtenidas con CC6 se solapan, pues resultan recomendables varias a la vez.

Debido a las carencias de la zona de implantación del proyecto se adoptan solo las medidas pasivas que tienen un impacto mayor. Cálculos realizados con otros modelos, enfatizan la necesidad de sombra con un 58% según BNA (Mesa, 2002), y la inercia térmica tanto para calefacción como para refrescamiento, con más del 22% mediante ABC (USC, 2006) y GWS-EBH (Blasco Lucas, 2013).

PROYECTO DEL CENTRO COMUNITARIO

En la Figura 6 se presenta la maqueta virtual y la planimetría del conjunto de espacios que componen el Centro Comunitario, cuya orientación y emplazamiento en el ingreso del pueblo, cercano a la escuela y a la cancha de fútbol, fue definido por los habitantes, al igual que el programa de necesidades. Se previó la construcción en cuatro etapas, indicadas con colores y números romanos en el dibujo, de las cuales se materializaron las dos primeras, correspondiendo la I a la Letrina Solar Seca (LSS), la II al Salón Comunitario (SC), la III la zona húmeda y de laboreo y la IV a la sala de radio y el consultorio médico. La Figura 7 exhibe la planta del SC y dos vistas del edificio ya construido (Blasco Lucas, 2013).

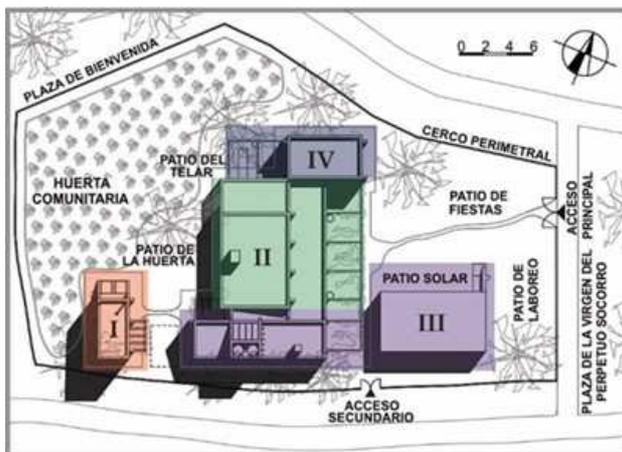


Figura 6: Planimetría y maqueta virtual del CC-BdeL

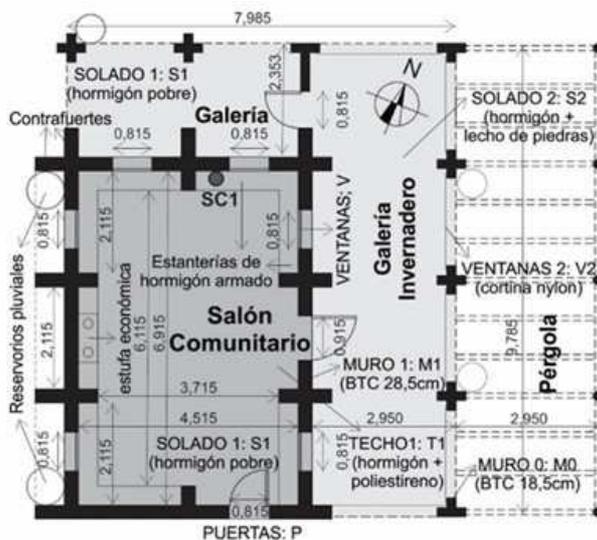


Figura 7: Planta del SC y fotos de fachadas NE (Sup.) y NO (Inf.) de la construcción.

Los pobladores decidieron que el CC-BdeL fuese hecho con muros de aparejo compuesto de BTC, cuyo desarrollo aprovecha la prensa que se tenía y permite un mayor espesor de mampostería. También aceptaron usar para el techo las losetas de hormigón de doble curvatura de 0,60 x 0,60 x 0,02 m, Figura 8. Este sistema constructivo es apropiado para las costumbres del lugar, brindando economía, seguridad sísmica, habitabilidad higro-térmica y sanitaria.

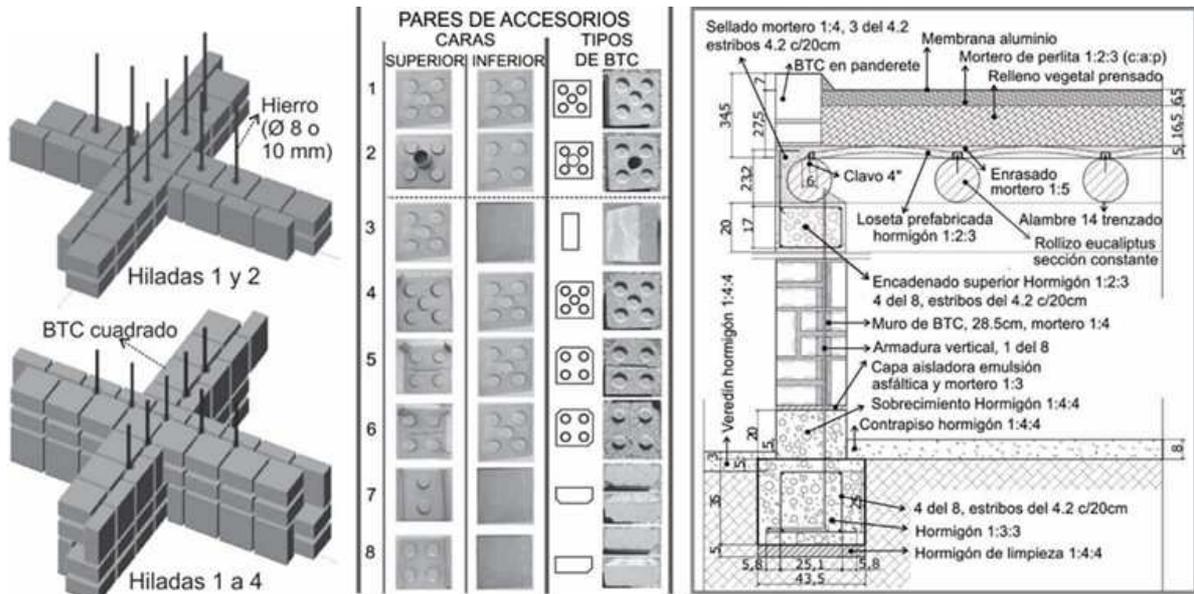


Figura 8: Muro de aparejo compuesto de BTC (Izq.). Pares de accesorios diseñados para lograr la traba y los orificios de la armadura vertical (centro). Corte con detalles constructivos (Der.).

PROCESO PARTICIPATIVO

Un aspecto importante de la investigación consistió en buscar las modalidades más adecuadas que permitiesen la participación de la comunidad en todo el proceso de gestación del proyecto, a fin de rescatar sus saberes, respetar sus decisiones y comunicar nuevos conocimientos que pueden mejorar su hábitat.

El análisis exhaustivo de la gran cantidad de datos relevados previamente facilitó una mayor comprensión de la realidad cotidiana de los habitantes, propiciando el ambiente amigable y el diálogo necesario para este fin. Los medios utilizados consistieron en reuniones periódicas con toda la comunidad para tratar los distintos temas, y con grupos reducidos de familias, mujeres, hombres y jóvenes.

Las técnicas empleadas se basaron en mostrar las tecnologías posibles de aplicar, con láminas, fotos, videos, maquetas y prácticas concretas de fabricación de componentes mediante prensas, moldes y herramientas sencillas. En las Figuras 9 y 10 se muestran algunos momentos del proceso participativo, que estuvo marcado por numerosas dificultades debidas a las condiciones de extrema pobreza y escasez en el lugar.



Figura 10: Momentos de distintas etapas durante el proyecto y la construcción participativa del SC.

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

Siguiendo los procedimientos estipulados por la Norma IRAM 11604 (2001), se utilizó el programa KG-MOD (Blasco Lucas, 2013) para calcular la Transmitancia Térmica (K) de cada componente y compararla con los admisibles para calidad B en la zona, según la Norma 11603 (2012).

Los resultados se muestran en la Tabla 1, junto con los valores relativos (%) de la distribución de la Carga Térmica Anual de calefacción (Qcal) por componente constructivo.

Tabla 1: Valores K de los componentes calculados según la Norma IRAM 11604 (2001). Comparación con los admisibles fijados para calidad B en la IRAM 11603 (2012) y distribución de las pérdidas de calor por componente constructivo.

COMPONENTE	Cód.	MATERIAL	Transmitancia Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno		Pérdida de calor
			[W/m ² °C]	[W/m ² °C]	[%]	[W/m ² °C]	[%]	[%]
MURO	M0	BTC 18.5cm	2.1	-0.3	-18.6	-0.4	-22.0	62.0
	M1	BTC 28.5 cm	1.6	0.2	11.8	0.2	9.3	44.5
TECHO	T1	Losetas hormigón	0.4	0.4	49.7	0.6	62.8	7.7
SOLADO	S1	Hormigón pobre	0.4	0.3	36.0	0.6	56.7	25.0
	S2	Hormigón pobre + lecho de piedras	0.4	0.2	33.3	0.6	55.0	
PUERTA	P	Hoja de Madera	2.3	-0.5	-27.2	-0.5	-30.9	4.6
		Marco de Hormigón	4.9	-3.1	-170.1	-3.1	-177.8	
VENTANA	V1	Vidrio 4mm	5.7	-4.6	-258.2	-4.8	-271.8	12.0
		Hoja de Madera	2.3	-0.5	-27.2	-0.5	-30.9	
	Marco de Hormigón	4.9	-3.1	-170.1	-3.1	-177.8		
	V2	Polietileno	5.9	-4.1	-226.0	-4.1	-235.3	

Se comprueba que las K correspondientes al muro de 28.5cm y el techo propuestos son inferiores a los admisibles respectivamente de 8.5 % a 36 %, y 49.6 % a 62.8 %, mientras que el muro de BTC de 18.5cm es mayor entre 18.6 % y 22 %.

Estudios realizados demuestran que los techos de tecnologías locales los superan entre 5.7 % y 15.1 %. Con KG-MOD se calcula además la Carga Térmica Anual de calefacción (Qcal), la de Refrescamiento (Qref), sus Coeficientes Volumétricos Globales (Gcal y Gref), los índices morfológicos Factores de Forma (FF) y de Área Envolvente-Piso (FAEP), de Masa Térmica relativa (%) y de Fenestración, Figura 11.

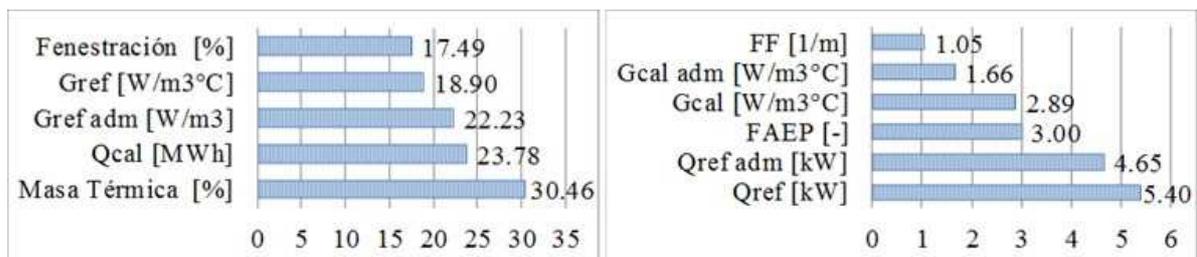


Figura 11. Índices morfológicos y termo-energéticos de calefacción y refrescamiento de SC1 calculados según los procedimientos establecidos en la Serie 11600 de las Normas IRAM.

El salón con el muro de 28.5cm de espesor (SC1) reduce un 21 % la diferencia de Gcal respecto al valor admisible con el muro de 18.5cm (SC2), y entre 31 % y 11 % respecto a las arquitecturas vernáculas (Blasco Lucas, 2013). SC1 posee la menor Qcal, mediante importante volumen de masa térmica distribuida y buen aislamiento térmico del techo, mejorando a la vez la iluminación natural, con adecuada área de ventanas.

Considerando que en verano existe un déficit de 400°C Grados-Día base 24 °C, se los multiplica por el Qref obtenido en valores de potencia, y por 24h, obteniendo un Qref en unidades de energía de 51.41 MWh, que al sumarla a la Qcal resulta una Qtotal anual teórica de 75.01MWh en necesidades energéticas para climatización.

Con el fin de contrastar las condiciones higrotérmicas interiores respecto al clima, se realizaron simulaciones dinámicas utilizando el software *Energy Plus* (DOE-UC, 2018) y se compararon con mediciones registradas durante los meses de julio y noviembre completos, en el interior con un datalogger HOBO U12, y en el exterior con una estación meteorológica DAVIS.

Los datos fueron procesados con el programa PROMEDI-HTL (Blasco Lucas, 2013).

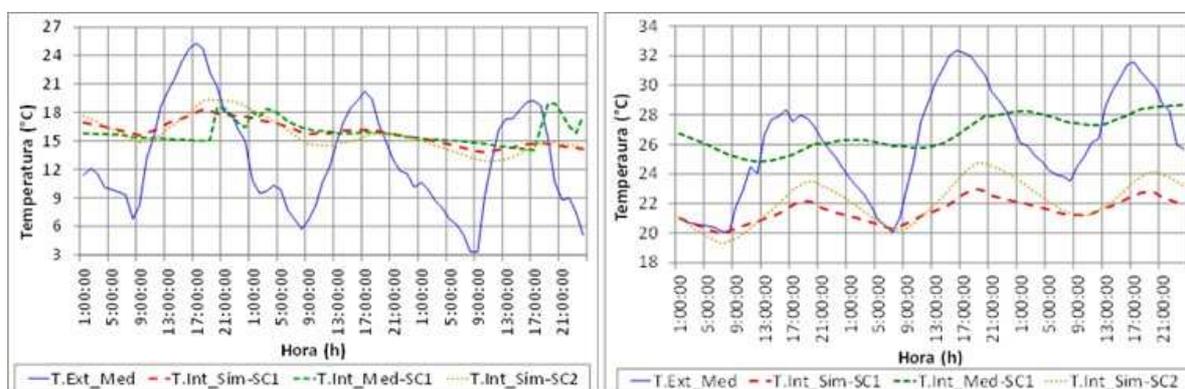


Figura 12. Temperaturas medidas y simuladas en período invernal (Izq.) y estival (Der.).

El sensor interior estuvo ubicado a 2m de altura en el lugar que se muestra en la Figura 7 Izq., con el código SC1. En la Figura 12 se exhibe una selección de tres días, correspondiendo el gráfico de la izquierda al período del 14 al 16 de julio, y el de la derecha al comprendido entre el 20 y 22 de noviembre.

El código SC1 identifica el salón con el muro de 28.5cm de espesor (como está construido) y el SC2 a la simulación del mismo con el muro de 18.5cm. La Tabla 2 presenta los respectivos valores estadísticos de estos días de julio (Izq.) y de noviembre (Der.).

Tabla 2: Estadísticas de temperaturas en días seleccionados.

Concepto	Temperaturas en el mes de julio				Concepto	Temperaturas en el mes de noviembre			
	Medidas		Simuladas			Medidas		Simuladas	
	Exterior	SC1	SC1	SC2		Exterior	SC1	SC1	SC2
Promedio	13.16	15.90	15.85	15.63	Promedio	26.03	26.75	21.49	22.12
Máximo	25.30	18.96	18.28	19.39	Máximo	32.36	28.69	22.95	24.76
Mínimo	3.30	13.98	13.85	12.87	Mínimo	20.03	24.82	19.93	19.28
Amplitud	22.00	4.98	4.43	6.53	Amplitud	12.32	3.87	3.01	5.48

En la simulación no se consideraron cargas internas, ni aperturas o cierres de ventanas y puertas, ya que no se tuvo registro del régimen de uso del salón. Esto ocasiona divergencias entre los resultados medidos y los simulados.

La estimación del R^2 a partir de la regresión lineal entre ambos, muestra que en julio existió una fuerte similitud, siendo de 0.1086, mientras que en noviembre fue de 0.4573, con un paralelismo entre ambas curvas y diferencias promedio de 5.26°C.

Es muy posible que las ventanas hayan permanecido abiertas en la realidad, mientras que en la simulación se las consideró siempre cerradas. La gran inercia lograda con SC1 se verifica en la importante disminución de las amplitudes térmicas respecto a las exteriores, que resultan un 77 % en julio y un 69 % en noviembre, y respecto a SC2 respectivamente un 47 % y un 82 %.

Sin utilizar ningún tipo de energía auxiliar, durante los días seleccionados el salón permaneció en el período estival dentro de la zona de confort ampliada, y tuvo temperaturas cercanas al confort en invierno, con diferencias de hasta 12°C por encima de la exterior cuando ésta alcanzó su pico más bajo.

La Figura 13 contiene las gráficas de dispersión del total de mediciones, en las cuales se observa que en julio el SC estuvo un 60 % del tiempo en confort (indicado con verde la zona estricta y con naranja la ampliada), y en noviembre solo un 30 %.

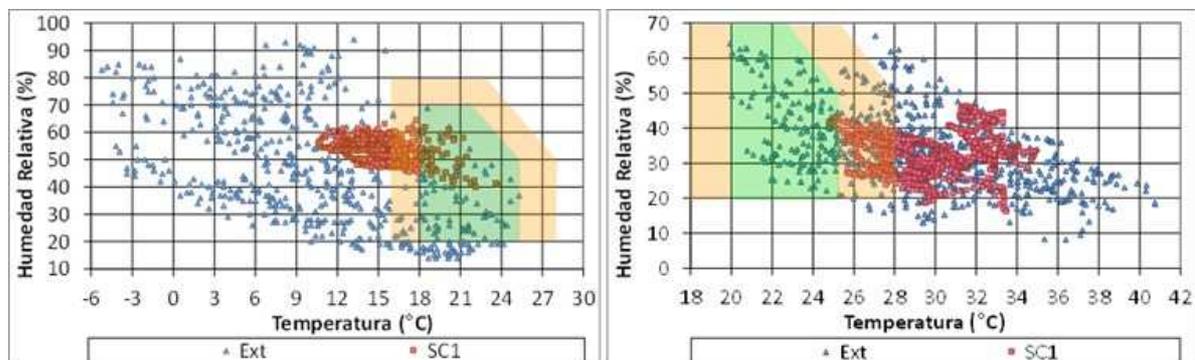


Figura 13: Dispersión del total de mediciones de temperatura y humedad relativa en período invernal (Izq.) y estival (Der.).

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Desde el inicio del proceso proyectual se utilizó el Modelo MECE (Evaluación de Calidad Estructural) (Simón Gil y Blasco Lucas, 2009).

Tabla 3: Evaluación de la calidad estructural del SC con muro de 28.5cm de espesor (SC1) y de 18.5cm (SC2).

SUB-SISTEMA	VARIABLES	ASPECTOS / CONCEPTOS	MAX	SC1	SC2	
FORMA ESTRUCTURAL	FORMA EN PLANTA	Cuadrada, rectangular	1.00	1.00	1.00	
		Inscripta un 85% en un cuadrado o un rectángulo	0.70			
		L, T, H, U, Z, si no cumple condición anterior	0.35			
		Irregular	0.00			
	SIMETRÍA	En 2 direcciones	Totalmente simétrica	1.00		
			Simetría parcial (e = 85%)	0.80		
		En 1 dirección	Totalmente simétrica	0.60	0.60	0.60
			Simetría parcial (e = 85%)	0.40		
	Ninguna simetría	0.00				
	ALTURA MÁX. / DIMENS. MENOR	Hasta 3	1.00	1.00	1.00	
Más de 3		0.00				
PROMEDIO				0.87	0.87	
FUNCIÓN	EQUILIBRIO	Estructura en perfecto estado	1.00	1.00	1.00	
		Estructura con fisuras	0.50			
		Estructura derrumbada	0.00			
	RIGIDEZ	Sin deformación ni daño	1.00	1.00	1.00	
		Deformación en placa	0.50			
		Daño en placa	0.30			
		Estructura derrumbada	0.00			
	RESISTENCIA	Placa pesada con vinculación	muy buena	1.00	1.00	
			buena	0.70		0.70
			mala	0.00		
Placa liviana con vinculación		muy buena	0.80			
		buena	0.60			
mala	0.00					
PROMEDIO				1.00	0.90	
SIGNIFICADO	EVIDENCIA	Estructura a la vista	1.00	1.00	1.00	
		Estructura oculta	0.00			
	PERCEPCIÓN	Brinda mucha seguridad	1.00	1.00		
		Brinda una seguridad media	0.70		0.70	
		No causa ningún efecto psicológico	0.50			
		Brinda desconfianza	0.35			
		Brinda temor	0.00			
PROMEDIO				1.00	0.85	
TECNOLOGÍA ESTRUCTURAL	MATERIALES	Ladrillón	Ladrillón	1.00		
			Boque de hormigón	1.00		
			Suelocemento (BTC)	0.90		
			Ladrillo cerámico hueco	0.80		
			Acero o madera	0.70		
		Adobe	0.50			
		Suelocemento de 28.5cm con armadura interna	0.80	0.80		
		Suelocemento de 18.5cm con armadura interna	0.60		0.60	
		Acero o madera exclusivamente	0.60			
	Quincha	0.50				
	Adobe con contrafuertes	0.20				
TÉCNICA CONSTRUCTIVA	Apropiada: Recursos materiales de la zona y recursos humanos propios previa capacitación	1.00	1.00	1.00		
	Espontánea: Recursos humanos y naturales de la zona	0.60				
	Foránea: Recursos materiales y humanos externos	0.30				
PROMEDIO				0.90	0.80	
PROMEDIO TOTAL				0.94	0.85	

El método MECE permitió una valoración cuali-cuantitativa de distintas variantes constructivo-estructurales para el anteproyecto arquitectónico teniendo en cuenta los subsistemas: *Forma, Función, Significado y Tecnología de las Estructuras*.

Evaluaciones previas realizadas con MECE determinaron variaciones en las proporciones de la geometría edilicia del CC, consistentes en subdividir el anteproyecto original mediante dos juntas de dilatación, a fin de lograr espacios más simétricos -aptos en zona de elevado riesgo sísmico-, lo cual además aportó para facilitar la construcción por etapas. También se analizaron dos tipos constructivos usuales en la zona (adobe y quincha), y con mejoras incorporadas, los cuales se compararon con la tecnología propuesta (mampostería de BTC armada), comprobando la mayor calidad de esta última.

En la Tabla 3 se muestran las valoraciones realizadas por cada aspecto y/o concepto de las variables consideradas en los cuatro subsistemas, del salón con muro de 28.5cm de espesor (SC1) y con muro de 18.5cm (SC2). SC1 ameritó la máxima cantidad de puntos en los subsistemas Función, Tecnología Estructural, y Significado, en sus conceptos de Resistencia, Percepción del usuario y Materiales, mientras que SC2 obtuvo menores puntajes en los mismos. Esto implicó que el promedio total de SC1 fuese un 9.3 % superior.

CONCLUSIONES

El análisis climático realizado con herramientas digitales es fundamental al iniciar el proceso de diseño, pues permite definir sobre una base científica las recomendaciones bioclimáticas adecuadas para el lugar, con el propósito de incorporar las estrategias pasivas de mayor rendimiento, dado que la zona de implantación se caracteriza por la gran escasez de recursos, infraestructura y medios económicos.

De los programas utilizados para este fin se han mostrado resultados obtenidos con CC6, pero también se tuvieron en cuenta los de ABC, BNA y GWS-EBH, por lo cual se provee al salón de abundante protección solar (galerías y pérgolas), ventilación natural cruzada, ganancia solar directa e invernadero, alta inercia (masa) y aislación térmica. Las mismas permiten que exista confort interior durante un 52% del tiempo en el año, que sumado al 28% de confort natural exterior, completa un 80% en bienestar higrotérmico.

Los cálculos estacionarios realizados con KG-MOD según lo estipulado por la serie 11600 de las Normas IRAM determinan una importante mejora de la tecnología empleada con el aparejo compuesto de BTC respecto a las locales y al muro de BTC con aparejo simple.

La simulación dinámica con EnergyPlus muestra que ambas tecnologías tienen un comportamiento térmico edilicio más apropiado en julio que en noviembre, siendo más confortable el SC con aparejo compuesto (SC1) lo cual se confirma con las mediciones realizadas.

El modelo MECE verifica cuali-cuantitativamente una buena calidad estructural del proyecto y del sistema constructivo propuesto, que resulta mayor con el aparejo compuesto en cuanto a materiales, resistencia y percepción.

El proceso de proyecto y construcción participativa fue fundamental para que los pobladores se apropiaran del espacio y de la tecnología, que asimilaron perfectamente, aprendiendo con rapidez a interpretar la documentación de detalles hilada por hilada. Esta fue muy importante para que ellos llevaran a cabo la tarea en forma correcta.

La experiencia es factible de ser transferida a entes gubernamentales para la implementación de programas efectivos de autoconstrucción, destinados a sanear las viviendas de los habitantes en extensos territorios del país, con elevada vulnerabilidad ambiental. Cada instancia de evaluación realizada con herramientas pertinentes facilitó el proceso de proyecto y construcción brindando precisiones sobre la conveniencia de cada decisión.

La combinación de lo analítico con lo empírico coadyuvó a garantizar buenos resultados. Se comprueba la aptitud de la tecnología propuesta en los tres aspectos analizados: el higrotérmico, el estructural y el participativo. Se puede afirmar que contribuye a elevar la calidad del hábitat rural en zonas árido-sísmicas brindando sustentabilidad socio-económica, ambiental e institucional.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo brindado a esta investigación, se agradece al Programa de Doctorado de la Universidad de Mendoza, al Gobierno de la Provincia de San Juan, a la UNSJ, a SECyT, a la Secretaría Nacional de Políticas Universitarias, y especialmente al pueblo de Balde de Leyes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akella A., Saini R., Sharma M. (2009). *Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems*. Renewable Energy, Volume 34, Issue 2, Pages 390-396.
- Blasco Lucas I. (2009). *Aparejo compuesto con mampuestos cuadrados de suelo-cemento*. Memorias del VIIIº Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra”, pp. 188 a 197. FADU-UNT.
- Blasco Lucas, I. (2013). *Arquitectura Sustentable en Hábitat Rural de Zona Árido-Sísmica: Aportes Teórico-Metodológicos*. Tesis Doctoral en Arquitectura. UM, Mendoza.
- Blasco Lucas I. (2014). *Propuestas de mejoras para construcciones con tierra en hábitats áridos y sísmicos*. Construcción con Tierra 6, pp. 2-14.
- Blondet M., Villa García G., Brzev S. (2003). *Adobe use in seismic areas, earthquake-resistant construction of adobe buildings: a tutorial*. EERI, Oakland, California.

- Díaz P., Arias C., Peña R., Sandoval D. (2010). *FAR from the grid: A rural electrification field study*. Renewable Energy, Volume 35, Issue 12, December, Pages 2829-2834.
- DOE-UC (2018). *EnergyPlus open source software.9.01*. US Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Ibstock (2011). *Ecozone: Ecoproducts. Ecoterre Earth Bricks*.
<http://www.ibstock.com/sustainability-ecozone.asp>
- IRAM (2012). Norma 11603. *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- IRAM (2001). Norma 11604. *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Kaygusuz K. (2011). *Energy services and energy poverty for sustainable rural development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 2, February, Pages 936-947.
- Liggett R., Milne M-, Gomez C., Leeper D. (2018). *Climate Consultant 6*. UCLA Energy Design Tools Group. California.
- MESA, A. (2002). BNA: *Método Bruce-Novell Ampliado*. LAHV-CRICYT, Mendoza.
- USC (2006). ABC: *Architectural Bioclimatic Classification 1.3*. Universidad de San Carlos, San Pablo.
- Rael R. (2009). *Earth architecture*. Pinceton Architectural Press. NY.
- Simon Gil L., Blasco Lucas I. (2009). *Calidad estructural de tecnologías en tierra aplicadas a centro comunitario*. Memorias del VIIIº Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra”, pp. 333-345. FADU-UNT.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M., y Bürer, M. J. (2007). *Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept*. Energy Policy, 35, 2683-2691.