

EVALUACIÓN DEL CONFORT HIGROTÉRMICO EN UNA VIVIENDA RURAL DE ADOBE APLICANDO UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Héctor R. Girini, Raúl F. Navas, Ricardo R. Romarion*

Institución: Centro de Investigación para la Racionalización de la Construcción Tradicional (C.I.R.CO.T). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan

Dirección: Av. Libertador Gral. San Martín 1109, Capital. CP. 5400, San Juan

Palabras clave: vivienda-confort-energía

Resumen

Se trata de determinar el comportamiento en lo que a temperatura y humedad se refiere de ambientes de una vivienda de adobe y compararla con la misma vivienda pero de materiales tradicionales

Para esto usamos un software desarrollado por el equipo de investigación denominado SITE 12 que simula el comportamiento higrotérmico de ambientes para diferentes intervalos de tiempo.

En este caso en que se pretende comparar el comportamiento en forma general se aplica para todo un año de diseño.

El programa permite determinar diferentes variables de comparación, y también las que consideramos de mayor utilidad práctica como son los consumos anuales de calefacción y refrigeración.

Para su aplicación se necesitan dar los correspondientes datos de las viviendas, a saber:

En primer término datos geométricos de ambientes y datos físicos de los diferentes componentes del edificio.

Para esto el programa dispone de facilidades como tablas de datos de conductividades térmicas de acuerdo a Normas IRAM, etc.

Por último se deben introducir los datos climáticos de diseño del lugar de emplazamiento de la vivienda. Se usan datos estadísticos obtenidos de la estación meteorológica que el INTA posee en la Provincia de San Juan.

Desarrollo

A efectos de lograr los objetivos propuestos se ensayan tres variantes de una misma vivienda, según características de los materiales de construcción:

- **Adobe**
Vivienda con muros de adobe de cabeza con techo de caña y barro de 10 cm
- **Tradicional**
Muros de ladrillón de sogá con techo de Losa de HA y aislación de mortero de pomeca 10cm
- **Adobe mejorada**
Muros ídem a la de adobe pero con techo de caña aislado con mortero de pomeca de 10 cm

Las demás variables se han mantenido idénticas.

Se ha elegido la pomeca como agregado aislante por ser uno de los materiales mas usados actualmente en la zona

Con los datos físicos, se obtiene en primer término los correspondientes valores de la transmitancia de los diversos elementos de cierre

A continuación se dan algunos valores determinados de la transmitancia K, según IRAM:

Determinación de la Transmitancia Térmica

Muro ext 1 (Gal Chica)



NORMA IRAM 11601	CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA		
PROYECTO	ADOBE 1		
ELEMENTO	Muro ext 1 (Gal Chica)		
EPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	IIIA		

Capa del elemento constructivo	e	λ	R	ρ	M	c
	mm	W/m K	m2 K/W	Kg/m3	kg/m2	W*h/kg*Kº
Resistencia superficial exterior			0,04			
Morteros de revoques y juntas (int.)	25,00	0,93	0,026882	1900,00	47,5	651,6
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Morteros de revoques y juntas (int.)	25,00	0,93	0,03	1900,00	47,5	651,6
Resistencia superficial interior			0,13			
TOTAL	450		1,824		735,00	

Transmitancia térmica del componente [W/m2 K]	0,548
---	-------

Tab. 1 Transmitancia Térmica del muro de adobe al exterior

Determinación de la Transmitancia Térmica

Muro interno



NORMA IRAM 11601	CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA		
PROYECTO	ADOBE 1		
ELEMENTO	Muro interno		
EPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	IIIA		

Capa del elemento constructivo	e	λ	R	ρ	M	c
	mm	W/m K	m2 K/W	Kg/m3	kg/m2	W*h/kg*Kº
Resistencia superficial exterior			0,13			
Morteros de revoques y juntas (int.)	25,00	0,93	0,026882	1900,00	47,5	651,6
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Mampostería de adobe	50,00	0,25	0,20	1600,00	80	828
Morteros de revoques y juntas (int.)	25,00	0,93	0,03	1900,00	47,5	651,6
Resistencia superficial interior			0,13			
TOTAL	450		1,914		735,00	

Transmitancia térmica del componente [W/m2 K]	0,523
---	-------

Tab.2 Transmitancia térmica de los muros internos de adobe

Determinación de la Transmitancia Térmica

Ventanas Dormitorios



NORMA IRAM 11601	CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA		
PROYECTO	ADOBE 1		
ELEMENTO	Ventanas Dormitorios		
EPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Horizontal
ZONA BIOAMBIENTAL	IIIA		

Capa del elemento constructivo	e	λ	R	ρ	M	c
	mm	W/m K	m ² K/W	Kg/m ³	kg/m ²	W*h/kg*K°
Resistencia superficial exterior			0,04			
Vidrio comun ventanas	4,00	0,58	0,006897	2400,00	9,6	770,4
Resistencia superficial interior			0,13			
TOTAL	4		0,177		9,60	

Transmitancia térmica del componente [W/m ² K]	5,653
---	-------

Tab. 3. Transmitancia Térmica de la ventana

Determinación de la Transmitancia Térmica

NORMA IRAM 11601	CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA		
PROYECTO	ADOBE 1		
ELEMENTO	Losa Caña y Barro		
EPOCA DEL AÑO	Invierno	FLUJO DE CALOR	Ascendente
ZONA BIOAMBIENTAL	IIIA		

Capa del elemento constructivo	e	λ	R	ρ	M	c
	mm	W/m K	m ² K/W	Kg/m ³	kg/m ²	W*h/kg*K°
Resistencia superficial exterior			0,04			
Filtro asfáltico	5,00	0,17	0,029412	1150,00	5,75	0
Morteros de revoques y juntas (int.)	25,00	0,93	0,03	1900,00	47,5	651,6
Arcilla	20,00	0,37	0,05	1200,00	24	0
Arcilla	20,00	0,37	0,05	1200,00	24	0
Arcilla	20,00	0,37	0,05	1200,00	24	0
Arcilla	20,00	0,37	0,05	1200,00	24	0
Arcilla	20,00	0,37	0,05	1200,00	24	0
Madera de álamo criollo	3,00	0,15	0,02	420,00	1,26	0
Camara aire estancia vertical, e=25 r	40,00	0,16	0,25	1,20	0,04818775	1002,84046
Madera de álamo criollo	3,00	0,15	0,02	420,00	1,26	0
Resistencia superficial interior			0,10			
TOTAL	176		0,752		175,82	

Transmitancia térmica del componente [W/m ² K]	1,330
---	-------

Tab. 4 Transmitancia térmica del techo de caña y barro

Ejemplos de planilla de característica física de los materiales de construcción usada por el programa y de acuerdo a normas IRAM

Clasificación	Material	n°	Conductividad Termica	Calor Especifico	densidad	Indice de refraccion n (p/luz)	Coeficiente de extincion k (p/luz)	
			λ	c	ρ			
			[w/m*°K]	[W*h] / [kg*K°]	kg/m3			
MORTEROS	Mortero de cemento y arena 1:3	41	1,130	0,181	2000	-	[1/m]	
	Mortero de cemento y arena 1:4	42	1,100	0,181	2000			
	Mortero con perlita	43	0,190		600			
	Mortero de yeso y arena	44	0,650		1500			
	Mortero de cal y yeso	45	0,700		1400			
	Enlucido de yeso	46	0,490	0,30242619	1000			
	Revoque	47	1,160	0,181	2000			
	Morteros de revoques y juntas (ext.)	48	1,160	0,181	2000			
	Morteros de revoques y juntas (int.)	49	0,930	0,181	1900			
	Mortero de piedra pomez	50	0,250	0,181	750			
	Mortero de pomeca	51	0,150	0,181	500			
			52					
			53					
			54					
			55					
			56					
		57						
		58						
		59						
		60						
Clasificación	Material	n°	Conductividad Termica	Calor Especifico	densidad	Indice de refraccion n (p/luz)	Coeficiente de extincion k (p/luz)	
			λ	c	ρ			
			[w/m*°K]	[W*h] / [kg*K°]	kg/m3	-	[1/m]	

Tab. 5 Características físicas de algunos materiales de construcción

A continuación se introducen los datos climáticos del lugar, y que a modo de ejemplo se adjuntan gráficos de temperatura y humedad de diseño para el mes de enero. Las energías se calculan para mantener una temperatura interior constante de 21 °C y 50% de humedad relativa.

Datos climáticos

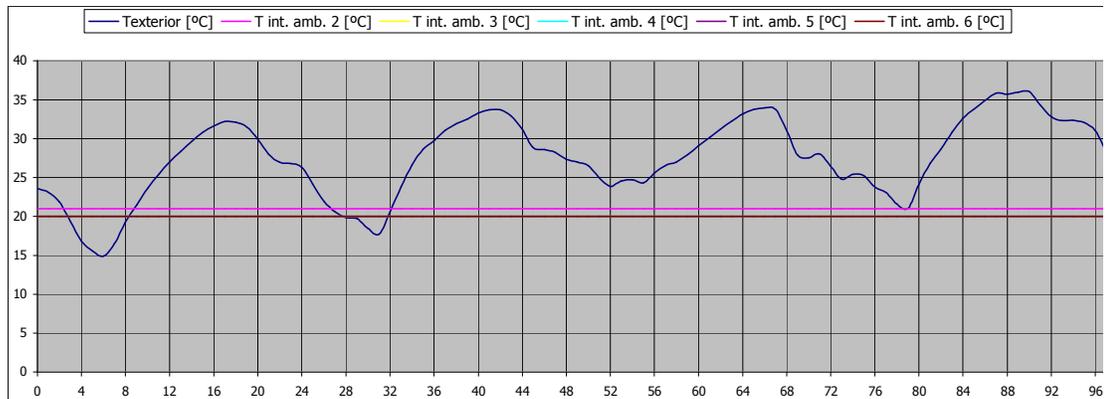


Fig. 1 Temperatura seca del aire exterior (°C), inicio mes de enero.

Aclaración: El mantenimiento de 21 °C y 50% de HR, constantes a lo largo del año en el ambiente interior de la vivienda, produce como resultados un mayor consumo que el mantenimiento en una franja de confort de temperatura y humedad relativa.

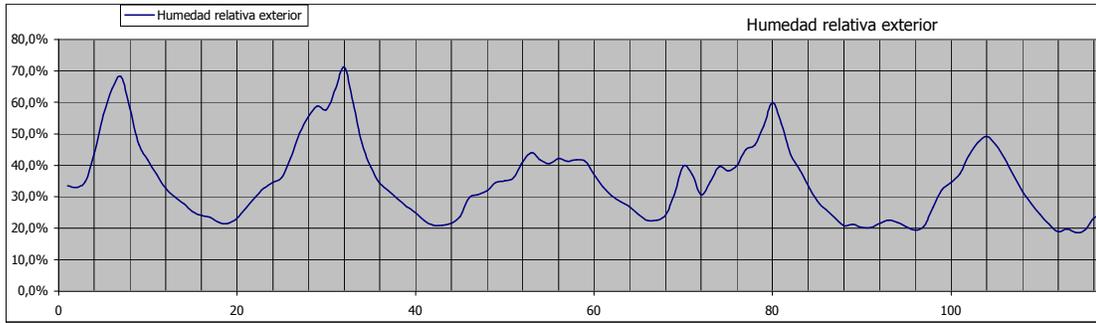


Fig. 2 Humedad relativa del aire exterior (%), inicio mes de enero

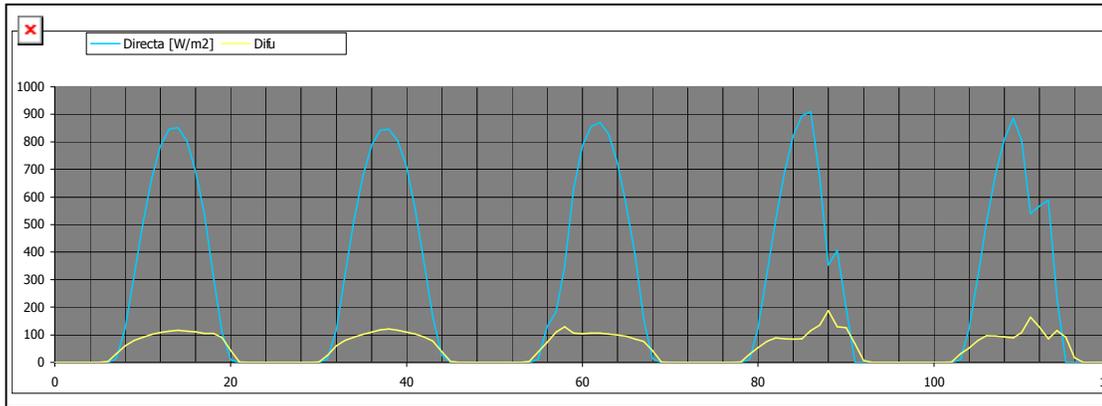


Fig. 3 Radiación Solar Directa y difusa, para inicio mes de enero.

Se obtienen mes a mes los resultados, especialmente los valores de energías transmitidas al aire interior por los diferentes flujos térmicos

Resultados

Mes		enero	febrero	marzo
fecha inicial		1-1-04 0:00	1-2-04 0:00	1-3-04 0:00
fecha final		1-2-04 0:00	1-3-04 0:00	1-4-04 0:00
Duracion del intervalo	dias	31	29	31
Temperatura exterior media del intervalo	°C	28,21	26,89	24,52
Temperatura interior media del intervalo	°C	20,98	20,97	21,04
Diferencia de temperaturas (Te - Ti) media del intervalo	°C	7,23	5,93	3,49
Humedad relativa exterior media del intervalo	%	40,53%	42,34%	61,05%
Humedad relativa interior media del intervalo	%	55,79%	55,46%	69,52%
Humedad absoluta exterior media del intervalo	g/m3	11,11	10,42	13,65
Humedad absoluta interior media del intervalo	g/m3	10,36	10,29	12,94
Velocidad del viento media en la estacion	km/h	6,68	4,10	6,05
Velocidad del viento media en el proyecto	km/h	4,77	2,93	4,32
Numero de renovaciones horarias media	ren/hora	0,11	0,07	0,10
Irradiacion para el intervalo sobre 1m2 de sup. Horizontal	joule/m2	846196263	709537806	619975947
Energia transmitida al aire interior por infiltraciones	joule	308610958	146664422	152430024
Energia transmitida al aire interior por conduccion	joule	5238044879	3969625287	2359473660
Energia transmitida al aire interior por radiacion	joule	1635734530	1364767301	1216752834
Energia transmitida al aire interior por calefaccion	joule	0	20369135	223667284
Energia transmitida al aire interior por refrigeracion	joule	-7214484534	-5519810775	-3957711745
Energia transmitida al aire interior por aportes internos	joule	0	0	0
Energia neta transmitida al aire interior	joule	-32094167	-18384630	-5387943

Tab. 6 Resultados mensuales, para la vivienda de adobe, caso 1.

abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
1-4-04 0:00	1-5-04 0:00	1-6-04 0:00	1-7-04 0:00	1-8-04 0:00	1-9-04 0:00	1-10-04 0:00	1-11-04 0:00	1-12-04 0:00
1-5-04 0:00	1-6-04 0:00	1-7-04 0:00	1-8-04 0:00	1-9-04 0:00	1-10-04 0:00	1-11-04 0:00	1-12-04 0:00	1-1-05 0:00
30	31	30	31	31	30	31	30	31
19,34	13,10	9,69	5,43	9,85	10,09	17,66	25,06	29,59
21,27	21,06	21,10	21,02	21,02	21,06	21,27	20,99	21,00
-1,93	-7,96	-11,41	-15,60	-11,17	-10,97	-3,61	4,07	8,59
67,22%	76,79%	74,54%	72,11%	59,48%	63,61%	49,60%	43,11%	68,33%
56,32%	47,39%	35,28%	33,33%	32,76%	31,52%	36,24%	45,58%	86,03%
11,22	8,63	6,20	4,81	5,25	5,68	6,90	10,07	20,87
10,64	8,84	6,58	6,20	6,09	5,88	6,84	8,47	15,99
5,40	5,12	9,02	3,59	2,27	4,12	4,84	6,73	4,23
3,86	3,66	6,45	2,56	1,62	2,94	3,46	4,81	3,02
0,09	0,08	0,15	0,06	0,04	0,07	0,08	0,11	0,07
416322582	221045611	212531394	348790748	450094315	466957967	664735827	845683788	922438516
1878351	-144436260	-281023235	-173117559	-90254511	-221028109	-47127387	142442195	237298683
-1771408449	-6447396337	-8810005113	-12294472431	-8889239171	-8461724252	-3113072050	2722953338	6276693814
981544658	765845656	1000069260	748725815	1049627279	1034942844	1134326672	1703419332	1971030191
1241447514	5844663134	8120269379	11737745162	7935477116	7654525333	2697090976	236912514	0
-450762338	0	0	0	0	0	-672763078	-4844163861	-8629551298
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2699735	18676193	29310290	18880986	5610713	6715816	-1544866	-38436483	-144528610

Tab. 7 Continuación de resultados mensuales para la vivienda de adobe, caso 1.

A continuación, el gráfico de energías totales anuales transmitidas al aire interior en el caso de la vivienda de adobe, caso 1

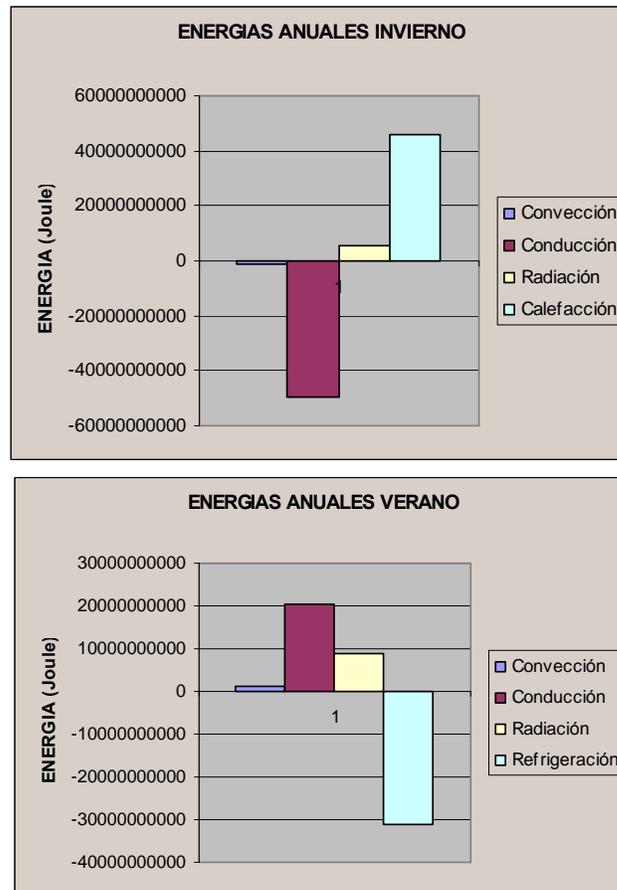


Fig. 4 Energías anuales transmitidas al aire interior de la vivienda de adobe, caso 1

Factibilidad económica

Por último, el análisis económico de las tres alternativas

FACTIBILIDAD ECONOMICA DE MEJORAS EN EL PROYECTO

ADOBE 1

BENEFICIOS ANUALES

INVIERNO				VERANO				Total Anual Kwh	CU \$/Kwh	CONSUMO ANUAL \$/Año
Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh	Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh			
-265,83	-13829,82	1550,21	-12545,44	274,81	5713,00	2507,23	8495,05	21040,49	0,172	3614,24

FACTIBILIDAD ECONOMICA DE MEJORAS EN EL PROYECTO

TRADICIONAL

BENEFICIOS ANUALES

INVIERNO				VERANO				Total Anual Kwh	CU \$/Kwh	CONSUMO ANUAL \$/Año
Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh	Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh			
-261,39	-17840,47	1720,52	-16381,34	275,88	7620,18	2693,34	10589,40	26970,74	0,172	4632,91

FACTIBILIDAD ECONOMICA DE MEJORAS EN EL PROYECTO

ADOBE Techo Mortero

BENEFICIOS ANUALES

INVIERNO				VERANO				Total Anual Kwh	CU \$/Kwh	CONSUMO ANUAL \$/Año
Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh	Convección Kwh	Conducción Kwh	Radiación Kwh	Totales Kwh			
-263,44	-11150,28	1320,36	-10093,36	275,70	4479,45	1953,45	6708,60	16801,96	0,172	2886,16

Conclusiones

De la comparación de resultados de las tres viviendas ensayadas, se obtiene

VIVIENDA	ENER INV	ENER VER	ENER TOT	COMPARACIÓN	Observaciones
ADOBE	12545,44	8495,05	21040,49	1	Techo caña y B
TRADICIONAL	16381,34	10589,40	26970,74	1.282	Techo Losa HA
ADOBE M	10093,36	6708,60	16801,96	0.798	Techo caña y A

Lo que significa que la vivienda tradicional, con muros de ladrillón de 20 cm de espesor y losa de HA con aislación típica, consume anualmente un 28,2 % mas de energía que la vivienda de adobe con techo de caña y barro.

Mientras que la misma vivienda de adobe pero mejorada en su techo, con aislación de morteros de materiales aislantes especiales como pomeca en lugar de barro, consume un 20,2 % menos

Como era de esperar dadas las características de las diferencias entre las viviendas, el flujo de calor que mas influye es el de conducción, seguido por el de radiación solar, mientras que el de infiltración permanece constante ya que no se tocaron las aberturas ni los datos climáticos.

Bibliografía

*Duffie J.A y Beckmam W.A.. *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2° edición, capítulos 1-5. Año, 1980

*Hütte. *Manual del Ingeniero*, 3° edición española, Cap. III Terminología. Año, 1965

*Girini Héctor R.- *Ingeniería Bioclimática. Aplicación al Diseño y Construcción de Edificios*. EFU. UNSJ . Argentina, 2005.

*Paparelli, Kurban, Cunsulo, De Rosa, Lelio y Solanes. *Arquitectura y Clima en zonas Áridas*. EFU U.N.S.J. Argentina, 1991.

*Roy J.Dossat. *Principios de Refrigeración*, 5° edición, Procesos Termodinámicos, pp 51-83. (1970)

*IRAM-Instituto Argentino de Normalización. Normas: IRAM 11604 (2001), IRAM 11601 (1996)