

PROYECTO DE VIVIENDAS BIOCLIMATICAS DE INTERÉS SOCIAL. TAPALQUE, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

G. San Juan ¹, C. Discoli ¹, G. Viegas ², C. Ferreyro ³, L. Rodriguez ⁴
Colaboradores ⁵

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Calle 47 N°162, La Plata, C.P. 1900 – Prov. de Buenos Aires
Tel. 0221-4236587/90 int. 250-31. e-mail: gustavosanjuan60@hotmail.com

RESUMEN: El trabajo expone en forma conceptual y técnica el desarrollo de un proyecto de cuatro viviendas bioclimáticas en el municipio de Tapalqué provincia de Buenos Aires (36° 21' Lat. Sur, 60° 61' Long. Oeste). Se abordan las características del lugar y de su localización; las pautas bioclimáticas; las características generales y particulares de diseño; las tecnologías adoptadas; la metodología de dimensionamiento y los resultados de calidad térmica interior y consumos energéticos. Estos resultados teóricos a los que arribó el estudio implicaron: i. Un ahorro anual estimado de energía para calefacción del 56%; ii. Resolución presupuestaria según el monto corriente estipulado; iii. Mejora de las condiciones de confort (invierno/verano), con relación a una vivienda tradicional de producción estatal; iv. Mejoras en las condiciones de habitabilidad, reduciendo las infiltraciones de aire; evitando condensación superficial e intersticial; estabilizando la onda térmica a partir de la incorporación de aislación térmica exterior y muros acumuladores; aprovechando al máximo la radiación solar incidente en invierno y la protección solar en verano.

Palabras clave: Diseño bioclimático, vivienda social, energía solar, tecnología, transferencia.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se basa en la exposición de los resultados alcanzados en el desarrollo del proyecto de cuatro viviendas bioclimáticas orientadas a sectores sociales de escasos recursos. Dicha propuesta se ha localizado en el municipio de Tapalqué, el cual ha demostrado sensibilidad a las temáticas ambientales, paisajísticas y a la generación de emprendimientos en este marco, todo lo cual posibilitó la implementación de este proyecto.

El proyecto de desarrollo fue gestado por el Instituto de la Vivienda de la prov. de Buenos Aires (IVBA), del Ministerio de Obras y Servicios Públicos, donde se planteó la posibilidad de diseñar viviendas sociales incorporando "Diseño Bioclimático", dentro de un organismo público, a efectos de transferir, potenciar y multiplicar las líneas de investigación desarrolladas hasta el momento, dentro y fuera de la Institución. La gestión del proyecto es llevada a cabo por el IVBA ⁽⁶⁾ y el Proyecto Ejecutivo de las viviendas fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Este proceso ha tenido antecedentes relevantes a partir del año 1977 y en la década del '80 con programas equivalente tales como el proyecto CESAD, "Conjunto de viviendas de alta densidad con utilización de energía solar" del cual se construyó un prototipo -hoy desmantelado- llevado adelante por el Arq. Elías Rosenfeld y el Físico Jorge Luís Guerrero, pioneros en estas temáticas en la Argentina (IAS-FIPE-IIPAC, 2009). Dichas temáticas fueron abandonadas por las diferentes gestiones provinciales hasta la actualidad, demostrando hoy día una firme idea de retomarlas con la participación conjunta del IVBA, la FAU-UNLP, el INTI y los Municipios. En el mismo sentido en el presente año 2010 se ha aprobado el Decreto Reglamentario N°1030/10, de la Ley Provincial N° 13059, sobre "Condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de edificios", cuya finalidad es "...establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía..." (Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros, prov. de Bs. As., 2010)

Como otros antecedentes podemos mencionar que en el ámbito bonaerense existen algunas pocas viviendas con características similares pero sólo en la órbita de la construcción privada, y algún emprendimiento con acciones orientadas a lo demostrativo en cuanto a tecnologías, como puede ser el caso de la casa ecológica difundida por la Municipalidad de La Plata localizada en el Paseo del Bosque y aplicaciones no integrales en edificios escolares diseñados por el Ministerio de Educación de la prov. de Buenos Aires, Área Infraestructura Escolar (San Juan et al, 2007).

¹ Investigador CONICET; ² Becario Post-Doc. CONICET; ³ Inv. FAU/UNLP; ⁴ Becario Tipo I CONICET.

⁵ Colaboradores: L. Dicroce; J. Esparza; V. Barros.

⁶ Directora de Estudios Proyectos: Arq. Mirta Gnazo, Jefe del Dto. de Proyectos Arq. Patricio Mosqueras, Coordinadora: Arq. Andrea Lanzetti, profesionales del Instituto de la Vivienda de la Prov. de Buenos Aires (IVBA)

A nivel nacional, existen emprendimientos similares en la escala de prototipos demostrativos, así como en planes de viviendas desarrollados por los grupos de investigación vinculados a la temática de las energías renovables.

Con relación al diseño de las cuatro viviendas bioclimáticas en Tapalqué, los trabajos de proyecto fueron iniciados en el 2009, en el marco de los convenios respectivos de cooperación y asistencia mutua entre IVBA/UNLP/INTI/Municipio de Tapalqué. En cuanto a esta instancia, se han concluido los diseños de los 4 prototipos, así como sus evaluaciones teóricas y simulaciones termodinámicas utilizando software nacional e internacionales, validados por la comunidad científica (SIMEDIF, Inenco-UNSa-Salta² y Desing- Builder con soporte de cálculo Energy Plus-Inglaterra). Esta etapa ha permitido el armado del legajo técnico final para avanzar en la realización de certificaciones por parte del INTI⁽³⁾. El inicio de los trabajos está previsto para el mes de septiembre del 2010.

DESARROLLO

1. Modelo de Gestión

El proyecto se desarrolla en el marco de un Convenio entre: el Instituto de la Vivienda de la provincia de Buenos Aires; el Municipio de Tapalqué de la prov. de Buenos Aires; El Instituto de Investigación y Políticas del Ambiente Construido, y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial. El propósito del proyecto consiste en el diseño, modelización, cálculo y construcción de cuatro viviendas de interés social con tecnología bioclimática, a partir de la implementación de un modelo de gestión multi-actoral, según el esquema de la Figura 1. Las funciones de cada actor son: i. IVBA: Gestión general del proyecto. Coordinación territorial y de actores. Documentación final del pliego de obra. Asignación económica. Inspección. Certificación de obra. Coordinación de capacitación. ii. MT: Selección de usuarios y gremios. Proyecto y ejecución de actividades complementarias: huerta orgánica, forestación, efluentes. Asignación de terrenos. Administración del proyecto. Dirección y ejecución. Implementación de la capacitación. iii. IIPAC: Proyecto de los prototipos. Documentación técnica. Desarrollo tecnológico. Dimensionamiento y simulación. Auditoría post-ocupacional; Capacitación técnica. iv. INTI: Certificación tecnológica y de habitabilidad.

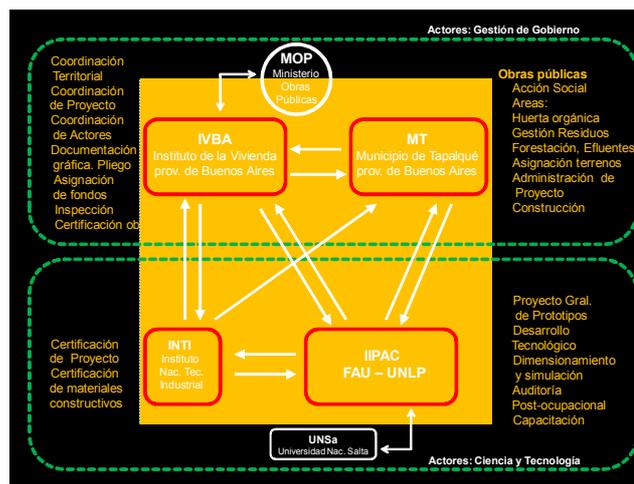


Figura 1. Modelo relacional de gestión multiactoral.

2. Localización

El municipio de Tapalqué, está localizado en el centro de la prov. de Buenos Aires sobre la Ruta N° 51, región caracterizada como pampa húmeda, en el límite de la zona bioclimática IIIb (según Norma IRAM N°11603) Latitud: 36° 21' Sur Longitud: 60° 61' Oeste, ASNM: 96 m (Figuras 2 y 3). En total se construirán cuatro viviendas. Tres de ellas se localizarán en terrenos urbanos, con lotes amplios que favorecen la captación de la radiación solar, evitándose al mismo tiempo que las sombras de cada casa incidan sobre las fachadas norte (captoras de la radiación solar) de las viviendas vecinas. Asimismo estos predios permitirán adicionar actividades productivas complementarias. Se prevé la construcción de dos prototipos de un dormitorio, uno de dos y uno de tres.

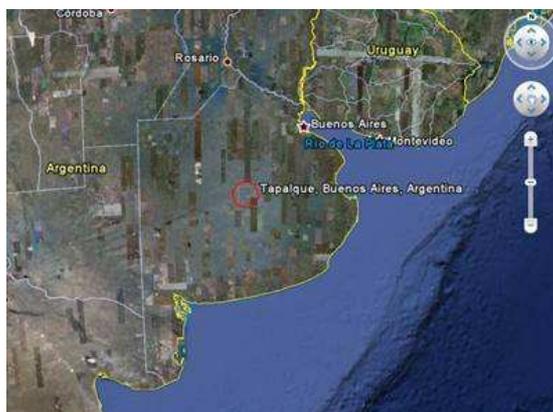


Figura 2 y 3: Localización de la ciudad de Tapalqué y localización de los terrenos.

² Las simulaciones dinámicas en SIMEDIF se resolvieron simultáneamente con el asesoramiento y la colaboración de la Dra. Silvana Flores Larsen y el Dr. Alejandro Hernández, del INENCO-UNSa.

³ A cargo del Ing. Vicente Volantino y equipo del INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

3. Pautas de diseño

El diseño de los cuatro prototipos se basa en el concepto de “arquitectura bioclimática”, donde se han tenido en cuenta:

- i. El sitio de **localización** en función de sus variables climáticas y situación helio-energética.
- ii. **Situación socio-cultural** (de los usuarios y de los constructores).
- iii. Adecuación del prototipo a una **situación suburbana** con loteo sobre la cuadrícula.
- iv. **Aislación de la envolvente** (muros + piso + techo), con el objeto de: disminuir en el período anual la carga térmica, y en el período invernal las pérdidas térmicas por envolvente (PT). Mejorar las condiciones ambientales interiores, higro-térmicas y confort de los ocupantes. Hacer eficiente la producción de calor, por ganancia solar.
- v. **Captación de la radiación solar directa con fines de producción de calor**, aprovechando la radiación solar con lo cual poder considerarla como una fuente auxiliar de calefacción.
- vi. **Iluminación natural**, incorporando en cada uno de los locales aventanamientos que aseguren una correcta iluminación durante el día.
- vii. **Calefacción** por muro acumulador de calor (MAC), tipo “**Trombe-Michel**” (pesado, de hormigón y/o con materializaciones mixtas). Sistema de producción y acumulación de calor con protección nocturna para calefaccionar los ambientes por conducción y radiación, produciendo un retardo de la onda térmica, sólo en los dormitorios.
- viii. **Producción de aire caliente para calefacción y secado de ropa**. Inclusión de un invernadero para aportar calor a través de ganancia directa o secar ropa por transferencia de calor y masa.
- ix. **Control de la radiación solar en el período estival** (pergolato, forestación, toldo). Generación de un sistema sencillo de protección del área vidriada y paramentos orientados al norte, a través de un sistema de sombreo vegetal, forestación de hojas caducas y cortinas de enrollar para el caso de superficies vidriadas de los MAC.
- x. **Ventilación cruzada**, preferentemente nocturna con lo cual ayudar a la evacuación de la carga térmica interior durante el período estival, a partir de ventanas al norte (banderola) y ventanillas en las fachadas orientadas al sur-este.
- xi. **Sistemas alternativos: colector solar plano para calentamiento de agua (CSP)**, el cual consta de 4 m² de superficie de coleccion y un tanque de acumulación del agua caliente de 300 l, asociado al tanque de reserva de agua domiciliaria, con funcionamiento termosifónico y **sistema fotovoltaico para iluminación eléctrica**, dimensionado según cálculo, en función de la demanda a determinar.

4. Climatología del sitio y condiciones de simulación

Las viviendas se encuentran cercanas al nivel del mar (96 m), por lo que se adopta una densidad de aire de 1.2 kg/m³. Se consideró un albedo para el suelo de 0.3 (pasto seco). Para el período invernal se utilizaron datos promedio, simulándose un período de 25 días de invierno (desde el 8 de junio al 2 de julio), para los cuales se supusieron temperaturas exteriores media, máxima y mínima de 7.7°C, 14.2°C y 2.4°C respectivamente (las mismas temperaturas para todos los días del período simulado). En cuanto a la radiación, se supusieron 10 días con condiciones promedio (5.4 MJ/m²día) (Grossi Gallegos y Righini, 2007), necesarios para que el edificio entre en régimen. Además se simularon tres días de cielo claro con buenos niveles de radiación (10.5MJ/m²día) y finalmente 12 días con radiación promedio (5.4MJ/m²día). De esta forma, se puede analizar la carga y descarga de los MAC. En el período estival, también se utilizaron datos promedio (adoptándose los de Las Flores) simulándose un periodo de 25 días de invierno (desde el 1 de diciembre al 25 de diciembre), para los cuales se supusieron temperaturas exteriores media, media-máxima y media-mínima de 15.6°C, 21.6°C y 9.4°C respectivamente (las mismas temperaturas para todos los días del período simulado). En cuanto a la radiación se supusieron 10 días con radiación promedio de 23.4 MJ/m²día, luego 3 días con radiación alta de 32.6 MJ/m²día y finalmente 12 días con radiación promedio. En las Tablas 1 a 4, se observan las condiciones climáticas de referencia.

Estación	LAT	Long	ASNm	Tmed	Tmáx	Tmin	TDM	TDm	Troc	Tvap	HR	Prec	GD18	GD20	GD22
			m	°C	°C	°C	°C	°C	°C		%	mm	°C	°C	°C
Azul	36.8	59.8	132	7.7	14.2	2.4	3.2	-2.1	4.7	9.0	84	42	1598	2166	2843
Bolívar	36.3	61.1	93	9.5	15.1	3.8	5.0	-0.7	6.8	10.4	83	41	1284	1765	2337
Las Flores	36.0	59.1	34	9.1	14.9	3.8	4.6	-0.7	5.8	9.7	81	21	1337	1859	2480

Tabla 1. Datos climáticos de invierno, para localidades de referencia. (Norma IRAM 11603)

Estación	LAT	Long	ASNm	Tmed	Tmáx	Tmin	TDM	TDM	Troc	Tvap	HR	Prec
			m	°C	°C	°C	°C	°C	°C		%	mm
Azul	36.8	59.8	132	20.1	28.2	12.6	19.9	31.7	14.3	16.8	73	94
Bolívar	36.3	61.1	93	22.4	29.8	14.4	21.6	33.3	16.8	19.7	74	95
Las Flores	36.0	59.1	34	21.5	28.8	13.6	20.7	32.3	14.4	16.9	67	79

Tabla 2. Datos climáticos de verano, para localidades de referencia (Norma IRAM 11603).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Radiación Global Diaria (Kwh/m ²)	6.5	6	4.5	3	2	1.5	2	2.5	3.5	5	6	6.5
Heliofanía Efectiva Diaria en horas	8	8	7	6	5	4	4	5	6	7	8	8

Tabla 3 Datos de radiación solar (Fuente: Grossi Gallegos).

Localidad	Provincia	Invierno		Verano	
		Direcciones predominantes	Velocidad Media (Km/h)	Direcciones predominantes	Velocidad Media (Km/h)
Azul	Buenos Aires	SO	8.7	NO – N – NE	10.0
Las Flores	Buenos Aires	SE - SO	5.0	N – NO	6.0

Tabla 4. Datos de viento (Norma IRAM 11603).

RESULTADOS

1. Partido energético-ambiental

En función de las pautas bioclimáticas establecidas, se adoptó una solución de “partido energético-ambiental”, el cual consideró como decisión fundamental la de orientar la fachada principal de la casa con orientación norte (Acimut 0), concentrando e integrando la totalidad de los sistemas pasivos de producción energética (SP). Además se buscó brindar un aporte estético a la propuesta de diseño, con una resolución técnica localizada, de los sistemas solares involucrados (ganancia directa, muros trombe acumuladores, invernadero secadero de ropa, ventilación, iluminación natural, control solar). Se complementa con el criterio de conservación de energía (C) y disminución de puentes térmicos a partir de una envolvente aislada, con distribución continua del material aislante. En las Figuras 4 y 5 se observa la “fachada solar”, en las Figuras 6 a 9, la distribución de los prototipos en los lotes y una síntesis de la documentación técnica del prototipo de 3 dormitorios.

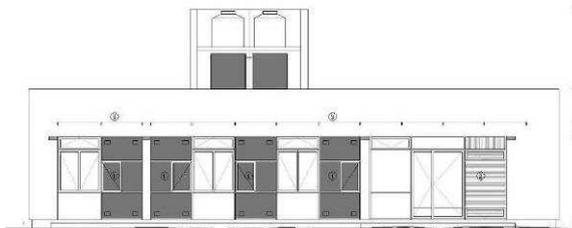


Figura 4: Fachada Norte. Tipología 3 dormitorios.



Figura 5: Fachada Norte. Tipología 2 dormitorios.



Figura 6: Vista de conjunto.

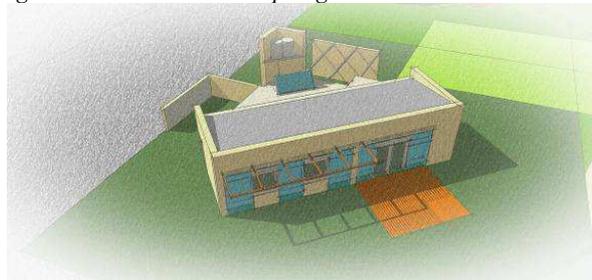


Figura 7: Perspectiva de un prototipo.

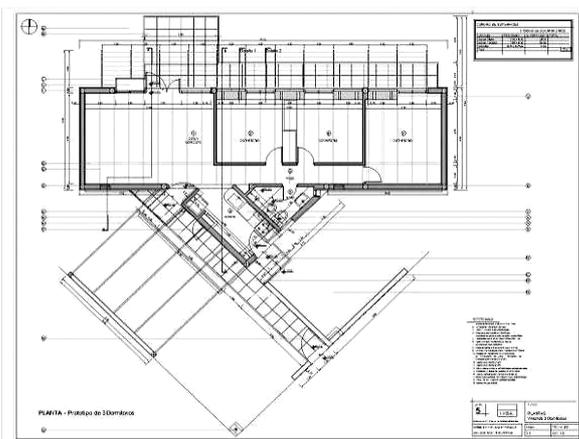


Figura 8: Planta. Tipología 3 dormitorios.

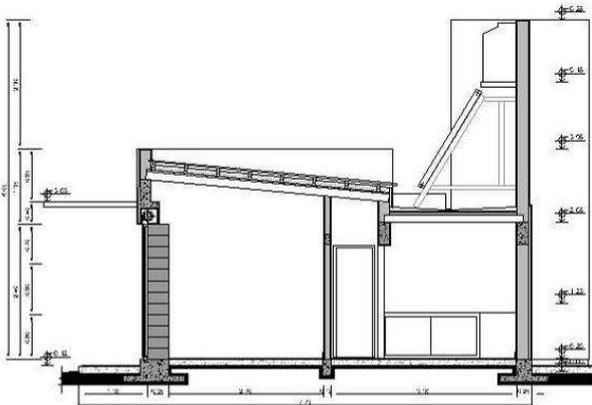


Figura 9: Corte transversal prototípico.

2. Descripción de la tecnología adoptada

La tecnología constructiva adoptada es tradicional, con modificaciones sencillas, con lo cual las modalidades constructivas y productivas corresponden a conocimientos ya adquiridos. Esto se debe a que el Municipio realizará la ejecución de las obras con personal municipal de planta no especializado. El emprendimiento está constituido por: dos prototipos de un dormitorio (50 m²), uno de dos dormitorios (63 m²) y uno de tres dormitorios (70 m²), con una superficie total construida de 240 m². Se describen a continuación los principales ítems:

- i. **Mampostería perimetral:** de ladrillos cerámicos huecos de 0,18 x 0,18 x 0,33 m de 16 agujeros, revoque grueso y fino a la cal interior, y exterior bajo tecnología EIFS (*Exterior Insulation and Finish Systems*), con aislación térmica según cálculo. Desde el interior al exterior: revoque, ladrillo cerámico hueco, pegamento para cerámicos, placas de EPS de una densidad de 20 kg/m³, malla de fibra de vidrio de 160 gr y revestimiento elastomérico (grano fino, color a determinar);
- ii. **Muro exterior norte, tipo trombe (MAC):** bloque prefabricado de hormigón de 1,20 m de ancho x 2,40 m de alto y 0,35 m de espesor (densidad 2.200kg/m³), conformado por 10 unidades; pintura exterior negro mate, con cubierta exterior de vidrio simple con una separación de 0,05 m, y protección exterior con cortina de enrollar plástica, color blanco.
- iii. **Techo de chapa ondulada galvanizada N° 24,** sobre estructura resistente de madera, aislación térmica según cálculo, machimbre y cabios a la vista.

- iv. Techo de losa: constituido por viguetas pretensadas de hormigón y bloques de poliestireno expandido (10 k/m³ Tipo 2 de 0,125m de altura) con capa de compresión de hormigón armado y malla de hierro de diámetro 42 de 0,15 x 0,15 m, aislación térmica según cálculo, carpeta de cemento y protección hidráulica.
- v. Ventanas: marcos y hojas de PVC reforzado con vidrio DVH. En MAC: cortina de enrollar de PVC reforzado.
- vi. Puertas y puertas ventana: en cocina, estar y puerta de acceso: de PVC reforzado. Puertas placas interiores de pino.
- vii. Invernadero: Estructura y aberturas de PVC liviano, con policarbonato alveolar de 0,006 m.

3. Orientación helio-energética

Se optó por la orientación de la fachada principal de la vivienda al NORTE pleno, acimut 0° y paramentos verticales a 90°, con lo cual se maximiza el aprovechamiento de la radiación solar invernal produciendo la máxima cantidad de energía térmica útil posible. Si bien se admiten desplazamientos máximos de acimut con respecto al Norte de 15°, la orientación de la manzana y los lotes no permiten una buena consolidación de las líneas medianeras o línea municipal. La propuesta de giros mayores en el acimut aumenta la ineficiencia en los sistemas de captación solar. Para la toma de esta decisión se realizó la simulación de un módulo edilicio teórico (similar a una habitación) de 27 m³ incorporando 1/3 de la superficie de la fachada principal con ventana y 2/3 con un muro acumulador de calor pesado. La incidencia de la ganancia solar (kWh) y la temperatura (°C) arroja indicadores de pérdida de eficiencia en función del desvío respecto al Norte (se adoptaron las siguientes variables Ac= 0°, 15°, 30°, 45°). La simulación dinámica fue realizada con dos programas: ENERGY-PLUS y SIMEDIF, cuyos resultados poseen consistencia. La adopción de un giro de la vivienda a 45° respecto al Norte, posicionada en forma paralela a la línea municipal, implica una ineficiencia del sistema de captación solar, con una disminución del 25%, situación no apropiada para este tipo de sistema. Por lo tanto se adoptó la orientación solar más aconsejable, emplazando el prototipo al Norte con la mayor exposición a la fachada de captora (Tabla 5, Figuras 10 y 11).

Período	A: 15° =	A: 30° =	A: 45° =
ENERGY-PLUS			
Mes de Junio:	-3,6%	-13,6%	-26,8%
Meses: Abril a Septiembre	-3,1%	-9,0%	-17,6%
SIMEDIF			
Mes de JUNIO:	-7,6	-13,8	-25,0

Tabla 5: Disminución de la ganancia solar según orientación

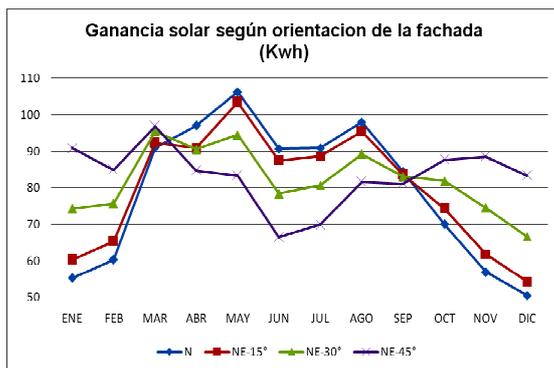


Figura 10: Ganancia térmica mes a mes, según orientación del módulo teórico (kWh) (ENERGY-PLUS)

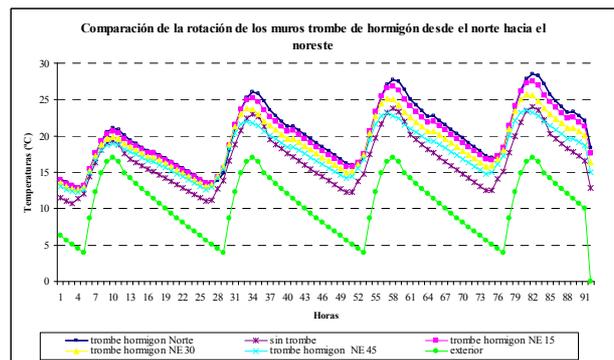


Figura 11: Comportamiento térmico en días de junio (°C), variando la orientación de un módulo teórico. (SIMEDIF)

4. Determinación del espesor de aislación térmica aconsejada

Con el objeto de determinar la aislación térmica a adoptar en función de las condiciones climáticas del sitio de emplazamiento y las características dimensionales de las tipologías, se calculó la demanda de energía auxiliar necesaria para calefaccionar los locales (interior: 20°C), a partir de simulación térmica en SIMEDIF y de balance estacionario. Se utilizaron los niveles de K_{máx} para invierno y verano, según Norma IRAM 11605 (Tabla 6 y 7) y se propuso un nuevo nivel que responda a las necesidades del proyecto en consonancia con otros antecedentes (Mercado y Esteves, 2004)⁴. Se establecieron los espesores de aislación recomendados según componente: muro perimetral: 3cm; cubierta de chapa: 10 cm; cubierta de losa: 3cm (Tabla 8). Las variantes de cálculo son las siguientes:

- i. **Prototipo original:** Según tecnología constructiva tradicional.
- ii. **Situación mejorada, Nivel "C"**, según Norma IRAM 11605, con criterio de eliminar la condensación superficial.
- iii. **Situación mejorada, Nivel "B"**, según Norma IRAM 11605, con criterio de conservación de la energía.
- iv. **Situación mejorada, Nivel "B2"**, según la construcción del indicador (media aritmética entre Nivel "B" y "A").
- v. **Situación mejorada, Nivel "A"**, según Norma IRAM 11605, con criterio de conservación de la energía, nivel ecológico.

IRAM	Nivel A		Nivel B2 (*)		Nivel B		Nivel C	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
K _{máx} .	0,36	0,31	0,675	0,555	0,99	0,80	1,75	1,00

Tabla 6: Valores de K_{máx}. Adm. para condición de INVIERNO, según norma IRAM 11605/96.

Temperatura exterior de diseño considerada (-1), según Norma IRAM. Según datos Meteorológicos TDM_{in} = -0.7°C)

(*) Construcción propia en función de la media entre A y B.

⁴ Otras investigaciones demostraron la necesidad de buscar niveles intermedios de transmitancia térmica que respondan a la economía, al confort y a las necesidades técnicas (Mercado y Esteves, 2004).

IRAM	Nivel A		Nivel B2 (*)		Nivel B		Nivel C	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
Kmáx.	0,50	0,19	0,875	0,335	1,25	0,48	2,00	0,76

Tabla 7: Valores de Kmáx para condición de VERANO, según norma IRAM 11605/96.

Zona Bioambiental IIIb, Norma IRAM 11603/96. (*) Construcción propia en función de la media entre A y B.

	Nivel A			Nivel B2 (*)			Nivel B			Nivel C			Original		
	Muro	Techo Chapa	Losa	Muro	Techo Chapa	Losa	Muro	Techo Chapa	Losa	Muro	Techo Chapa	Losa	Muro	Techo Chapa	Losa
K=	0,36	0,19	0,20 0,70(PT)	0,67	0,32	0,20 0,70(PT)	0,83	0,47	0,20 0,70(PT)	1,09	0,72	0,20 0,70(PT)	1,5	1,27	0,29 2,58(PT)
cm	7,5	17	3	3	10	3	2	6,5	3	1	4	3	-	2	-

Tabla 8: Tabla síntesis de transmitancia térmica (K) por componente y espesores de aislación térmica para cada situación.

Poliestireno expandido, densidad 20kg/m³. Norma IRAM 11601/02.

(*) Construcción propia en función de la media entre A y B.

5. Estudio de comportamiento higro-térmico-energético

i. **Invierno:** Para comparar las variantes anteriores, se verificó el comportamiento térmico interior de la vivienda y la demanda de energía auxiliar necesaria para calefaccionar los locales (20°C en el estar, dormitorio y paso y 16°C en cocina y baño) a partir de simulación térmica en SIMEDIF. En la Figura 12, a modo de ejemplo, se observan las temperaturas alcanzadas en el dormitorio principal (externo, con mayor grado de exposición), sin incorporar energía auxiliar. Se ha adoptado una serie de días con radiación media y alta para el mes de junio, verificando el comportamiento edilicio en función de las medidas adoptadas según los niveles de la norma IRAM, ya enunciados. Se observa que para el día uno (1) de baja radiación solar (5,4MJ/m² día), en la situación “tradicional”, (C), la diferencia de la temperatura interior máx= 13°C y mín= 10,5°C, con un ΔT=2,5°C, con niveles térmicos por debajo de la situación de confort. Para un día de radiación alta (ver día 3, 10,5MJ/m² día), la respuesta es más favorable con valores máx.= 18°C y mín= 12,5°C, con un ΔT=5,5°. Para las demás situaciones (C, B, B2 y A) se observa que la diferencia entre ambas temperatura (máx y mín) es sensiblemente menor, así como también se manifiesta el aprovechamiento de la masa interior a partir de su inercia térmica. Las necesidades de energía auxiliar son lógicamente menores al ir incrementándose la capacidad aislante de la envolvente edilicia y hacer más eficiente la radiación solar incidente. Para el cuarto día, la vivienda está en régimen y se encuentra dentro de los valores de confort de invierno (18°C a 20°C), en fase solar. En la Figura 13, se observan los resultados obtenidos al calcular la energía auxiliar para todas las variantes de aislación térmica o nivel de norma, en un día con radiación media, en los locales de dormitorio y estar.

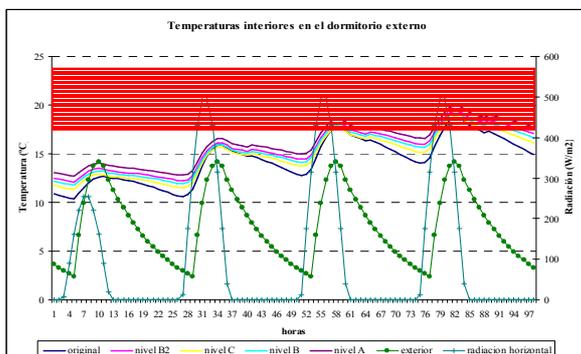


Figura 12. Temperaturas obtenidas en el dormitorio externo para los diferentes niveles de aislación. INVIERNO, sin incorporar energía auxiliar.

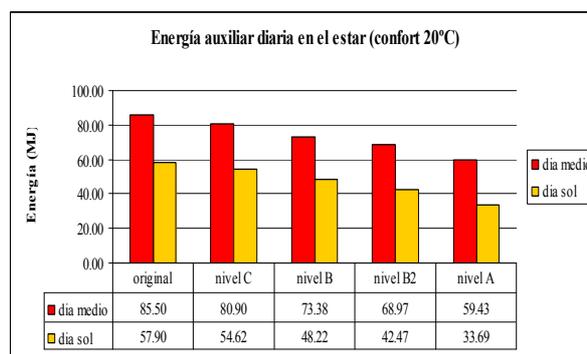


Figura 13. Energía auxiliar necesaria para el estar en un día de radiación media (5,4 MJ/m² día) y en uno de buena radiación (10,5 MJ/m² día)

En la Tabla 9, se sintetiza el ahorro de energía necesaria (carga térmica, CT), para llegar a los 20°C. Para la situación B2 los ahorros para un día del mes de junio con radiación baja (5,4MJ/m² día) son de: 26% en el dormitorio principal y 19% en el estar – comedor. Se debe considerar además la mejora de las condiciones de confort térmico para el usuario, la incidencia a partir de una estabilización de la onda térmica y su desfase hacia horas nocturnas. La integral a lo largo del año, arroja ahorros de energía mayor.

	Original	Nivel C	Nivel B	Nivel B2	Nivel A
DORMITORIO					
CT(MJ/día)	41,04	35,6	32,17	30,42	24,79
% reducción de consumo	0	13%	22%	26%	40%
ESTAR - COMEDOR					
CT(MJ/día)	85,5	80,9	73,38	68,97	59,43
% reducción de consumo	0	5.5%	14%	19%	31%

Tabla 9: Estimación de la carga térmica media y el ahorro medio diario para un día tipo de junio.

Condición de INVIERNO con radiación media de 5,4MJ/ m²día.

Verano: En la Figura 14 se observan los niveles térmicos alcanzados en el prototipo para cada una de las variantes de aislación o niveles de norma, en condiciones exteriores medias de un día de diciembre. Para la situación original la temperatura interior máx= 25,5°C y mín= 21°C, con un $\Delta T=4,5^\circ C$. Para la situación B2 y A (que presentan similar comportamiento) la temperatura interior máx= 24,2°C y mín= 22,2°C, con un $\Delta T=2^\circ C$.

ii. *Comportamiento energético anual:* Se realizó el cálculo sobre el prototipo de 2 dormitorios en las diferentes opciones de optimización de la envolvente edilicia (niveles: C, B, B2, A) en función de los parámetros establecidos. Se realizó una simulación estacionaria mes a mes considerando los valores de transmitancia según Norma IRAM N°11.601, verificando las necesidades energéticas para calefacción. Se adoptaron los parámetros de cálculo expuestos en la Tabla 10. Los resultados se observan en la Tabla 11.

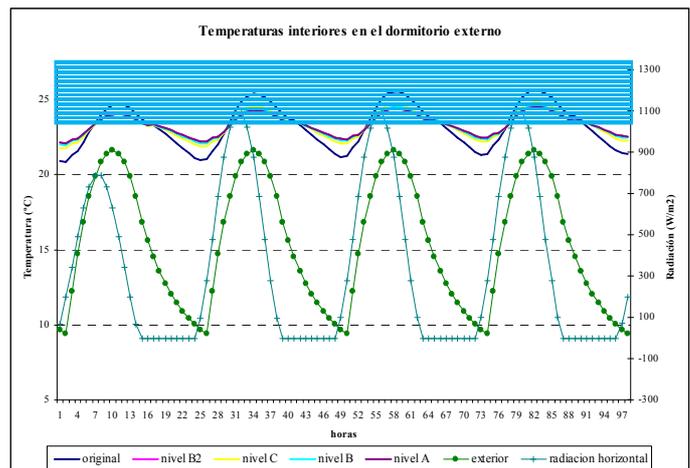


Figura 14. Temperaturas obtenidas en el dormitorio externo para los diferentes niveles de aislación. VERANO, sin incorporar energía auxiliar.

$K = W/m^2 \cdot ^\circ C$	Original	Nivel "C"	Nivel "B"	Nivel "B2"	Nivel "A"
Muro perimetral	1,5	1,09	0,83	0,67	0,36
Techo Chapa	1,27	0,72	0,47	0,32	0,19
Techo Losa	0,29	0,2	0,2	0,2	0,2
Muro Trombe	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
Ventana	5,8	5,8	2,8	2,8	2,8
Piso	1	1	1	1	1
R.A.	2,5	1,5	1	1	1

Tabla 10. Transmitancia térmica de componentes.

	ORIG.		C		B		B2		A	
	GN m ³	GE kg	GN m ³	GE kg	GN m ³	GE kg	GN m ³	GE kg	GN m ³	GE kg
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	69	54	50	38	34	26	30	23	24	19
ABR	157	121	112	87	76	59	68	53	55	42
MAY	244	188	175	135	119	92	106	82	86	66
JUN	311	240	223	172	152	117	135	104	109	84
JUL	326	252	234	181	159	123	142	109	114	88
AGO	303	234	218	168	148	114	132	102	106	82
SEP	234	180	168	129	114	88	102	78	82	63
OCT	175	135	125	97	85	66	76	59	61	47
NOV	75	58	54	41	36	28	32	25	26	20
DIC	13	10	9	7	6	5	6	4	5	3
Total	1907	1472	1368	1055	930	718	829	640	669	516
	No cumple con el G Adm: 1,99 W/m ³ °C		No cumple con el G Adm: 1,99 W/m ³ °C		C-Taño= 10108kWh UA= 183,12W/°C UA/m ² = 3,46W/m ² °C G= 1,36W/m ³ °C		C-Taño= 9009kWh UA= 163,21W/°C UA/m ² = 3,08W/m ² °C G= 1,21W/m ³ °C		C-Taño= 7270kWh UA= 131,70W/°C UA/m ² = 2,48W/m ² °C G= 0,98W/m ³ °C	

Tabla 11: Consumo estimado de gas natural por red-GN (m³) y gas envasado-GE (kg).

En la Figura 15, se observa la evolución del consumo de energía necesaria para lograr la temperatura de confort (20°C), y la disminución del consumo según los niveles adoptados (original, C, B, B2 y A). La gráfica muestra saltos de consumo energéticos importantes al aplicar la medida "C" y la "B". La adopción del nivel "B2", tiene que ver no sólo con el análisis invernal sino también con la mejora de las situaciones de confort en el período estival, donde la incidencia solar en dicha superficie horizontal, provocará la necesidad de refrescamiento y mayor desconfort derivado de la radiación infrarroja proveniente desde el cielorraso. La Tabla 12 expone los diferentes porcentajes de ahorro de energía para calefacción anual en función de los niveles adoptados.

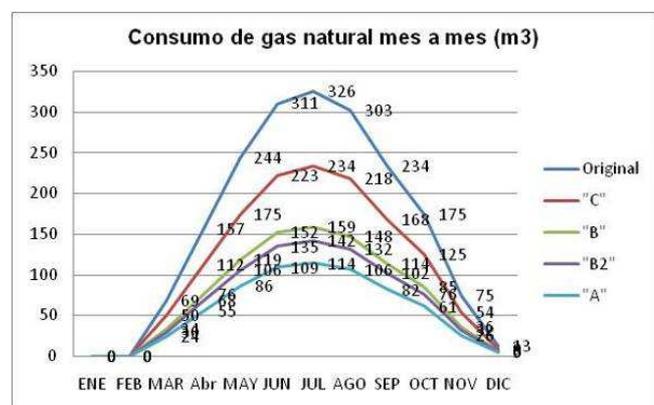


Figura 15: Consumo de gas anual, mes a mes (3 meses).

	Original	Nivel "C"	Nivel "B"	Nivel "B2"	Nivel "A"
Ahorro energía	0%	28%	32%	56%	65%

Tabla 12: Porcentajes de ahorro de energía para calefacción, según niveles adoptados.

CONCLUSIONES

El objetivo central del proyecto se funda en la posibilidad de desarrollar conocimiento teórico y fundamentalmente práctico a partir de la construcción de viviendas bioclimáticas de interés social, en el marco de una institución estatal, como es el IVBA de la prov. de Buenos Aires. Los proyectos de los prototipos y sus respectivas construcciones, servirán como modelos para la producción futura. Por otro lado la aplicación obligatoria de la normativa vigente IRAM (y de la Ley Provincial N° 13059), avalada por la posibilidad técnica y tecnológica de lograrlo, así como la capacitación de técnicos, operarios y usuarios, será importante como aporte en la aplicación de este tipo de desarrollo.

En función de las características climáticas del sitio, se han determinado valores de transmitancia térmica para condiciones de invierno y verano en función de la construcción de un nivel intermedio (según Norma IRAM 11601) entre el "B" y "A". Esta solución se basa en la correlación entre: la disminución de la carga térmica de invierno y verano, y las condiciones de confort interior alcanzadas en estos dos períodos. Por otro lado la estimación del ahorro de energía anual para calefacción es de un 56%, con un aprovechamiento de la radiación solar incidente y una mejora sustancial del nivel de confort interior, con relación a un diseño tradicional para este tipo de vivienda. La eliminación de puentes térmicos en la totalidad de la envolvente y de la ocurrencia de condensación superficial e intersticial; la disminución de las infiltraciones de aire; el control de la ventilación natural y la incorporación de muros MAC pesados, son otros beneficios, que no han sido abordados en profundidad en el presente trabajo.

La posibilidad de continuar el emprendimiento en cuanto a su ejecución, posibilitará incorporar conocimiento y revisar o corregir desarrollos o procedimientos, en relación, por ejemplo, a la incorporación de la tecnología EIFS (*Exterior Insulation and Finish System*), o la inclusión de los MAC a partir de un sistema de piezas premoldeadas. Cabe aclarar que el diseño propuesto para las viviendas se enmarca en los costos previstos "Programa Solidaridad", con fondos de la provincia de Buenos Aires.

REFERENCIAS

- Grossi Gallegos y Righini (2007). "Atlas de energía solar de la República Argentina". Dirección Nacional de Programas y Proyectos Especiales, SECYT. Universidad Nacional de Luján.
- IAS-FIPE, IIPAC (2009). "La casa solar de La Plata. La Plata". Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad nacional de La Plata.
- Mercado, M. V.; Esteves, A. (2004) "Arquitectura Sustentable: estudio térmico y técnico económico de la incorporación de aislación térmica". Energías Renovables y Medio Ambiente, Salta, v. 15, p. 45-52.
- Norma IRAM N° 11601 (2002). "Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario".
- Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros (2010). Reglamentación de la Ley N° 13059, sobre "Condiciones de acondicionamientos térmico, exigibles en la construcción de edificios (Sistemas-calefacción)". http://www.gob.gba.gov.ar/dijl/DIJL_buscaid.php?var=63528
- Norma IRAM N° 11625 (1991, revisión 2000 y modificaciones en 2002). "Aislamiento térmico de edificios. Verificación de condiciones higrotérmicas".
- Norma IRAM N° 11605 (1996, revisión 1980). "Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos".
- Norma IRAM N° 11603 (1996, revisión 1981). "Clasificación bioambiental de la república Argentina".
- Norma IRAM N° 11601 (2002). "Propiedades térmicas de los componentes y elementos de conducción en régimen estacionario".
- Rosenfeld, Czajkowski, San Juan (2004). Voz "Bioclimática/bioambiental / solar pasiva / sustentable / ambientalmente consciente". En Diccionario de Arquitectura en la Argentina. Clarín / Arquitectura.
- San Juan, Czajkowski, Rosenfeld, Ferreyro, Gomez, Discoli (2007). "Viviendas bioclimáticas de interés social". En libro: "Arquitectura Bioclimática". 181 pág. Editor: Beatriz Garzón. Editorial Nobuko. ISBN: 978-987-584-096-6.

ABSTRACT: The work exposes in a conceptual and technique way the development of a project of four bioclimatic houses in the municipality of Tapalqué, Buenos Aires (36° 21' South Lat., 60° 61' West Long.). The characteristics of the place are studied together with bioclimatic guidelines, general and detailed design characteristics, adopted technology, dimension methodology, inner quality thermal results and energy consumption. These theoretical results imply: i. An annual saving of energy for heating of 56%; ii. Budgetary resolution according to the specified average amount; iii. Comfort conditions improvement (winter/summer), in relation to a traditional house of state production; iv. habitability conditions improvement, reducing air infiltrations, avoiding superficial and interstitial condensation, stabilizing the thermal wave by the incorporation of external thermal insulation and accumulative walls; maximum use of the incident solar radiation in winter and solar protection in summer.

Password: Bioclimatic design; social house, solar energy, technology, transfer.