

## DISEÑO DE VIVIENDA SUSTENTABLE PARA UNIDAD PRODUCTIVA DEL ÁRIDO SANJUANINO

G. Re<sup>1</sup>, I. Blasco Lucas<sup>2</sup>, O. Albarracín<sup>3</sup>

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)  
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina  
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.com.ar>  
E-mails: [guire@sinectis.com.ar](mailto:guire@sinectis.com.ar), [iblasco@farqui.unsj.edu.ar](mailto:iblasco@farqui.unsj.edu.ar), [oalbarra@farqui.unsj.edu.ar](mailto:oalbarra@farqui.unsj.edu.ar)

### RESUMEN

Con el objeto de brindar una alternativa de solución integral a la problemática del hábitat de puesteros ganaderos localizados en la zona árida de la Provincia de San Juan (Dpto. 25 de Mayo) -de muy elevado riesgo sísmico- se parte del análisis por un lado, de los recursos climáticos, tecnológicos y humanos disponibles, y por otro de las necesidades reales de los pobladores de esta zona rural singular, de sus costumbres y tradiciones, y de la particular condición socio-económica que sufren en su marginalidad. Mediante la aplicación de los métodos de Mahony-Evans, de la Carta de Fisher, de la Transmitancia Térmica, de sombras de viento, de geometría solar y utilizando técnicas gráfico-analíticas, se llega a formular una propuesta de vivienda de características bioclimáticas y con tecnologías apropiadas, que responde a los condicionantes físicos y humanos del ambiente de implantación.

**Palabras Clave:** sustentable, diseño, vivienda rural, unidad productiva, árido-sísmico

### INTRODUCCION

La problemática del hábitat en zonas de elevada marginalidad y vulnerabilidad ha sido largamente descuidada por los organismos oficiales responsables de dar apoyo a sus habitantes, quienes poseen las capacidades para lograr una explotación productiva de las mismas, en equilibrio con el ambiente. Las políticas de apoyo se han caracterizado por su ineficacia y falta de continuidad, como también por abordar aspectos puntuales, desconociendo la complejidad de las necesidades y costumbres locales.

Varios grupos de investigación han detectado esta falencia y han realizado interesantes desarrollos que han servido de punto de partida para el presente trabajo. Entre ellas se encuentran, a nivel regional las propuestas referidas a la implementación de tecnologías apropiadas para el hábitat rural (Albarracín, 2002), en la provincia de San Juan; las alternativas de mejoramiento de las condiciones ambientales de la vivienda social (Mitchel, 1998) en la provincia de Mendoza; a nivel nacional la elaboración de pautas y estrategias de diseño bioambiental (Casanova, 1999) en las Sierras de Tandil; a nivel internacional el diseño de dos viviendas rurales bioclimáticas (Mascaró, 1999) en Passo Fundo, Brasil. Los conceptos de sustentabilidad han adquirido fuerza en las últimas décadas y no pueden estar ausentes en las propuestas que se estudien para dar soluciones que permitan mejorar la calidad de vida desde un enfoque integrador de las actividades humanas que se llevan a cabo en regiones rurales. Este es el fundamento de la investigación, en la que se enfatiza la respuesta arquitectónica adaptada a los recursos climáticos, tecnológicos y humanos disponibles.

### ZONA DE ESTUDIO: LOCALIZACIÓN Y FACTORES CLIMÁTICOS

**Localización:** La zona en la cual se desarrolla el proyecto es al sureste de la provincia de San Juan, en el departamento de 25 de Mayo, ubicada al margen de la Ruta N° 147, que comunica a la ciudad de San Juan con la ciudad de San Luis. Desde la ruta se desprenden diferentes huellas que vinculan los puestos, distribuidos en forma dispersa en el territorio, existiendo una distancia promedio de 5 Km. entre uno y otro. Se aplicó la Técnica de Localización Geográfica, con el instrumento de medición: el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), que permitió obtener las coordenadas geográficas y cartesianas. Las mismas fueron volcadas a un archivo de AutoCadMap, que permitió visualizar en el mapa de San Juan la localización de cada puesto. Se toma como valor promedio la latitud 31° 57' 48" y la longitud 68° 1' 43" correspondiente al puesto N° 1.

**Terreno:** Se encuentra a una altitud de 600 metros sobre el nivel del mar y no presenta cambios de niveles notorios, ni pendientes pronunciadas. El paisaje natural es árido, con un suelo principalmente arcilloso, existiendo áreas en las cuales pasa a ser totalmente arenoso. La zona no cuenta con ningún tipo de infraestructura de servicios, y no existen perspectivas de una futura instalación debido a las grandes distancias existentes y a la dispersión de las viviendas.

**Factores Climáticos:** La clasificación que realiza la Norma Iram 11603 de las diferentes zonas bioambientales del país, identifica al sector en estudio al igual que a la ciudad de San Juan con el *clima templado cálido*.

<sup>1</sup> Becaria Interna de Investigación y Creación, del CICITCA, Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Juan en la Categoría Estudiantes Avanzados (2002-2003). Tema: *Vivienda Rural y Tecnologías Apropiadas en Unidades Productivas de la Localidad de 25 de Mayo*. Arquitecta desde 2003. Actual Becaria de Iniciación del FONCYT bajo la Dirección de la MSc.-Arq. Irene Blasco Lucas.

<sup>2</sup> Co-Directora de la Beca de CICITCA-UNSJ. Miembro de ASADES.

<sup>3</sup> Director de la Beca de CICITCA-UNSJ y actual Co-Director de la Arq. Re.

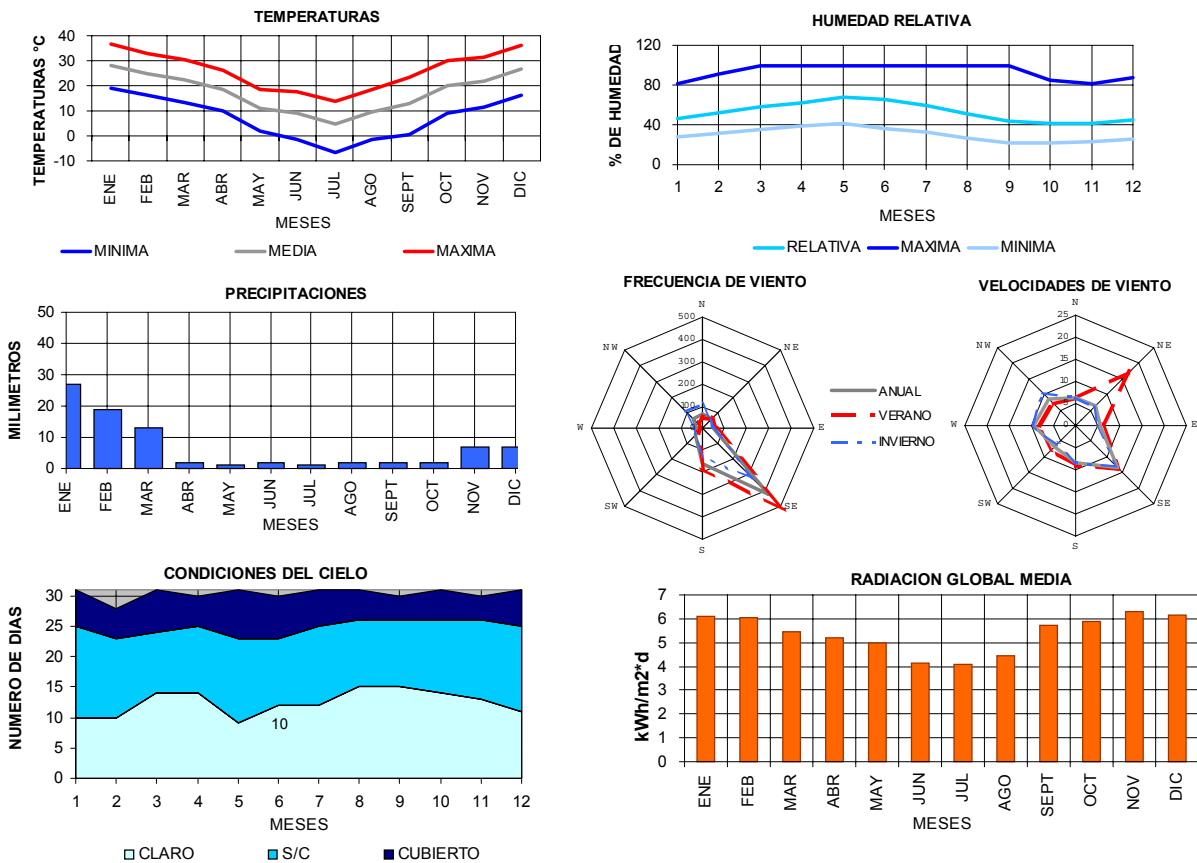


Fig. 1. Datos Climáticos de la zona de estudio.

### PROGRAMA DE NECESIDADES

El programa de necesidades se realizó teniendo en cuenta el desarrollo satisfactorio de las actividades propias del hombre de campo, considerando tanto los datos obtenidos durante las tareas de relevamiento de los seis puestos y entrevistas a las familias, como los que surgieron del análisis de las Unidades Productivas. Los requerimientos espaciales de la vivienda se basan principalmente en un *estar-comedor-cocina* que permita alojar a la familia durante gran parte de la jornada. Cuando el clima lo permite la *galería* pasa a ser el espacio principal de la vivienda, allí se desarrollan todo tipo de actividades domésticas, incluso algunas familias la utilizan para dormir en verano. La propuesta cuenta con un *dormitorio*, quedando prevista la ampliación de dos dormitorios, en caso de que sea necesario para la familia (vivienda evolutiva). Los espacios destinados a servicios son: el *baño*, el *lavadero*, el *depósito* y un lugar semi-cerrado donde ubicar el horno ecológico y el acopio de leña. Se previó un *espacio abierto cercado*, protegido de los animales, como patio o jardín con vegetación y una *pequeña huerta*. Otros elementos necesarios en la Unidad Productiva son: una *cisterna* con capacidad de 8000 litros para almacenar el agua del camión de abastecimiento y el agua de lluvia, dos *corrales* para alojar el ganado, principalmente caprino, y un sector específico para *depósito de la pastura*.

### MÉTODO BIOCLIMÁTICO

Se estudiaron e identificaron las estrategias de diseño bioclimático correspondientes al clima específico de la zona de emplazamiento de la obra, con el fin de conocer con anterioridad ciertas particularidades y características que deben cumplir las envolventes del edificio para controlar las condiciones ambientales y lograr el confort higrotérmico.

**Tablas de Mahoney:** Las Especificaciones Bioclimáticas que a continuación se presentan fueron obtenidas a partir de la aplicación del método de “Mahony-Evans” (Evans, 1991), con datos climáticos correspondientes a Pocito, localidad situada muy próxima a la zona en estudio en el proyecto. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1.

CÓDIGO	ASPECTO O ELEMENTO	RECOMENDACIÓN
1	UBICACIÓN	Organización compacta con patios
2	ESPACIOS	Organización compacta de los edificios
3	MUROS	Pesados; en el exterior e interior del edificio
4	TECHOS	Pesados; transmisión térmica diferida mayor a 8 hs
5	MOVIMIENTO DE AIRE	No requiere
6	ABERTURAS - TAMAÑO	Muy pequeñas (10 a 20 % de Sup. de muros)
7	ABERTURAS - POSICIÓN	Al norte y al sur, a la altura del cuerpo y a barlovento
8	ABERTURAS - PROTECCIÓN	Evitar el soleamiento directo
9	DORMIR AL AIRE LIBRE	Recomendable contar con un espacio para tal fin

Tabla 1. Resultados de la aplicación del Método de Mahony-Evans

## CONDICIONANTES Y PAUTAS DE DISEÑO

La reciprocidad existente entre los condicionantes y pautas de diseño tenidas en cuenta, se resume en la Tabla 2.

	CONDICIONANTES	PAUTAS
Ambiental	* Viento fresco del sur y sur-este	* Eje de desarrollo de la vivienda: Este - Oeste; para el aprovechamiento de vientos refrescantes y soleamiento. * La galería y la huerta orientadas al norte.
	* Temperatura elevada en verano	* Cocina-Comedor y Dormitorios, con ventilación cruzada norte-sur, y soleamiento del norte.
	* Clima cálido y seco	* Destinar la orientación más desfavorable (noroeste) para los servicios. * Ubicar los corrales y ventilaciones teniendo en cuenta la dirección de los vientos frecuentes. * Disponer aberturas a la altura del cuerpo y elevadas direccionando el flujo de aire y logrando el enfriamiento nocturno por convección.
	* Escasa nubosidad. Radiación solar incidente con altos valores	* Controlar la incidencia de la radiación solar en verano utilizando techos con aleros, celosías móviles y pérgolas, que a su vez permitan la penetración del sol en invierno.
	* Terreno árido con alta relectividad	* Utilizar la vegetación (árboles, cultivos, arbustos, pérgolas de hojas caducas) para disminuir el efecto de la radiación reflejada, obtener sombra y absorber el calor.
	* Viento Zonda: alta velocidad, seco, cargado de tierra	* Protección del viento con barreras de árboles: la del oeste del Zonda; la del sur debe permitir el paso de brisas en verano.
Socio-Cultural	* Espacios exteriores para usos diarios	* Espacios de transición (galerías) como extensión de la casa.
	* Utilizan el fuego dentro de la vivienda	* Prever espacios para el fuego con las correctas ventilaciones.
	* Baño en el exterior de la vivienda, letrina y ducha	* Ubicar el baño contiguo a la vivienda, accediendo desde un espacio exterior como la galería.
	* Animales sueltos	* Espacio abierto protegido y cercado para el cuidado de plantas y cultivos; que otorgue seguridad para su uso nocturno.
	* Dormir en el exterior en verano	
Socio-Económico	* Recursos económicos escasos	* Utilizar recursos humanos y materiales del lugar aunque limitados.
	* Grandes distancias y difícil acceso.	* Promover la autoconstrucción de viviendas.
	* Poco mantenimiento de las viviendas un vez construidas	* Elegir materiales de construcción durables como bloques de suelocemento. En la zona la tierra es apta para elaborarlos.
	* Continua permanencia en el puesto. Situaciones familiares cambiantes	* Conceptos de vivienda "evolutiva" y de "reutilización" de los espacios. Adaptación a cambios. Prever futuras ampliaciones.
	* Utilización del Horno de barro	* Reemplazo por el horno ecológico para ahorrar energía y combustible. Disponer un lugar específico para su ubicación.
Tecnológico	* Sistema Constructivo	* Superficies exteriores acabadas con colores claros para reflejar gran parte de la radiación, disminuyendo la ganancia neta de calor. * Dimensionar los espacios con un módulo ordenador; para el mejor aprovechamiento de los elementos constructivos. * Carpintería y sist. de protección con madera de álamo y caña.
	* Respuesta a la sollicitación sísmica	* Volúmenes compactos de formas simples y poca altura.
	* Sistema Eléctrico	* Integrar los módulos fotovoltaicos al diseño de la vivienda.
	* Escasez de agua	* Techo con pendiente que permita recoger el agua de lluvia.

Tabla 2. Pautas de diseño en función de los tipos de condicionantes.

## PROPUESTA

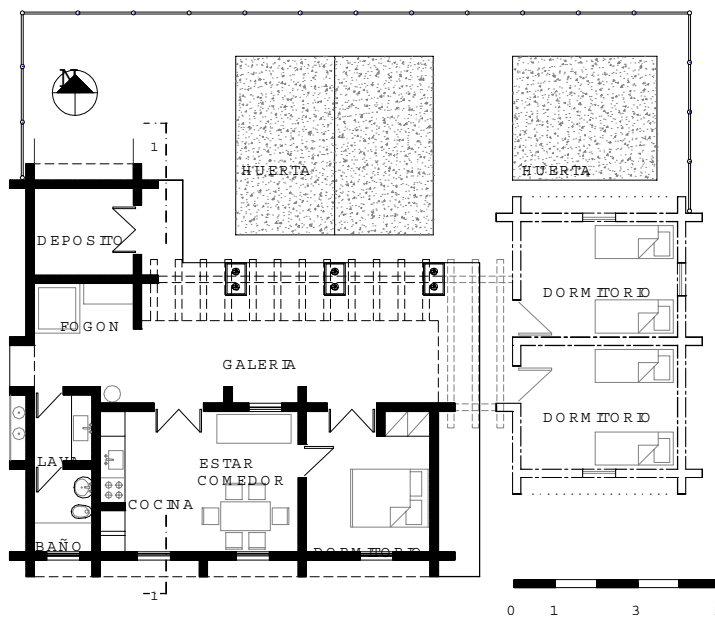


Fig. 2. Prototipo de Vivienda y su posible ampliación.

La tipología de vivienda diseñada responde a un partido abierto conformado por dos volúmenes iniciales y un tercero previsto para una posterior etapa de ampliación; vinculados por una galería que se desarrolla de Este a Oeste y se orienta hacia el Norte. Esta relación se diseñó de acuerdo a la necesidad de proteger a dicho espacio de transición de los vientos del Sur y del Oeste para garantizar su uso durante casi todo el año, para lo cual se adoptó una tipología en "L" con los dos volúmenes iniciales. Todos los ambientes de la vivienda se relacionan con la galería. Los servicios se ubican en el extremo Oeste y conforman un núcleo húmedo que permite reducir costos gracias al ahorro en instalaciones. La etapa de ampliación de dos dormitorios responde a los mismos criterios constructivos y de diseño que el resto de la vivienda. La superficie total, sin la ampliación, es de 59m<sup>2</sup>, donde 14m<sup>2</sup> corresponden a la galería. El área de la segunda etapa prevista es de 27m<sup>2</sup>.

Alrededor de la vivienda se disponen una serie de algarrobos, especie forestal que se adapta al clima del lugar y que contribuye en la generación de un microclima; al evitar la incidencia directa de viento sobre el edificio minimizando las pérdidas de calor por convección en invierno; y al otorgar sombra en verano protegiendo de la fuerte radiación. Para posibilitar un mínimo abastecimiento de alimentos, se propone una huerta con dimensiones acotadas, ubicada dentro del sector cercado con orientación al Norte. Los habitantes del sector poseen cultura agrícola, por lo cual resulta factible su implementación. Es importante resaltar que el desarrollo de la huerta además cumple la función de generar un espacio verde en la expansión de la vivienda permitiendo la circulación de aire a partir de corrientes de convección; por la noche reúne aire fresco y húmedo a nivel de suelo, el cual ingresa a las habitaciones. En la Tabla 3 se resumen las superficies en cada etapa prevista, y los datos térmicos de la construcción en base a las Normas IRAM 11601 (años 1988 y 1996).

COMPONENTE	MATERIAL	Esesor	Resistencia	Retardo	Amorti- guación	V1	V2
		[m]	[m <sup>2</sup> °C / W]	[h]	[-]		
MURO EXT.	Ladrillo de Suelocemento	0,1900	0,5938	9,20	0,09		
TECHO	Cal. Grasa y Alumbre	0,0010	0,0014	1,03	0,76	59	86
	Barro	0,0500	0,1786	2,54	0,51		
	Membrana de Polietileno	0,0002	0,0004	0,01	1,00		
	Barro	0,0300	0,1071	1,52	0,67		
	Caña	0,0150	0,2690	0,20	0,95		
	Rollizos de Álamo	0,0190	0,0905	9,95	0,07		
<b>Total</b>		<b>0,0962</b>	<b>0,5565</b>	<b>5,30</b>	<b>3,89</b>		
PISO	Cemento alisado	0,0300	0,0217	0,75	0,82	59	86
	Tierra	0,2000	0,7143	2,56	0,51		
<b>Total</b>		<b>0,2300</b>	<b>0,7360</b>	<b>3,31</b>	<b>1,33</b>		
VENTANA	Vidrio	0,0030	0,0052	0,13	0,97	6	9
	Caña	0,0150	0,2690	0,20	0,95		
	Madera	0,0400	0,1905	2,21	0,56		
<b>Total</b>		<b>0,0180</b>	<b>0,2742</b>	<b>0,33</b>	<b>1,92</b>		

Tabla 3. Características térmicas de los componentes de construcción y superficies de las etapas previstas (V1 y V2).

**Cerramientos Verticales:** mampuestos de suelocemento realizando las trabas correspondientes para asegurar su óptimo funcionamiento como elemento homogéneo y continuo. La transmitancia térmica del muro es de 1,85 W/m<sup>2</sup> °C. El reemplazo de las columnas en los encuentros de muros por contrafuertes verticales permite abaratar costos y facilitar los procesos constructivos. La mampostería se vincula mediante una viga de encadenado superior continua de hormigón armado que coincide con la viga dintel. Los mampuestos de suelocemento comprimido se producen con la prensa IRPha-RAM (Albarracín et al., 2002), que es un rediseño de la conocida CINVA-RAM. Las dimensiones de los mismos, son 19 x 19 x 7 cm, lo cual facilita la ejecución de las trabas de la mampostería. El mampuesto cuenta con caladuras y entalles que posibilitan la inclusión de la armadura vertical. Para un buen comportamiento sísmico del sistema es recomendable que:

- ✓ los paños del muro no superen los 4 metros de longitud. Si lo superan, deberá contar con contrafuertes intermedios.
- ✓ la longitud saliente del contrafuerte debe ser como mínimo igual al espesor del muro, con una altura superior a 1,20 m.
- ✓ los vanos realizados para las aberturas deben ser pequeños y centrados en el muro, menores a 1,20 m de ancho.

**Cerramiento Horizontal Superior:** Está compuesto por rollizos de álamo de un diámetro aproximado de 18 cm, sobre los cuales apoyan las cañas previamente atadas, recubiertas con una capa de barro de 8 cm, con un film de polietileno de 200 micrones en el medio, como aislante hidrófugo, reforzado con una capa exterior de pintura con cal, grasa y alumbre. La transmitancia térmica del techo es de 1,96 W/m<sup>2</sup> °C.

**Carpintería:** La carpintería utilizada tanto en puertas como en ventanas es de madera de álamo con vidrio común de 4mm. Como sistema de oscurecimiento se plantea la utilización de celosías con marco de madera (tipo bastidor) e interior de caña. Como elemento de amortiguación térmica desde el interior se utilizan cortinas tejidas por la gente del lugar.

## ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS APLICADAS

Las estrategias bioclimáticas adoptadas para el diseño de la vivienda corresponden a las pautas de diseño y a las recomendaciones de Mahony-Evans, y han sido identificadas en gráficos analíticos, como se muestra en las Fig. 2 a 6.

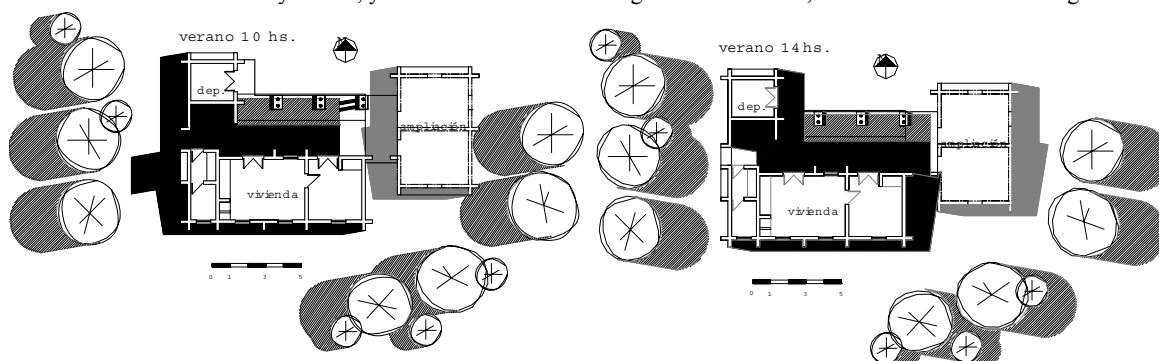


Fig. 3. Análisis de sombra mes de diciembre. Altura Solar 10 hs y 14 hs: 28.47°; Azimut 211.55° (10 hs) y 148.45° (14 hs).

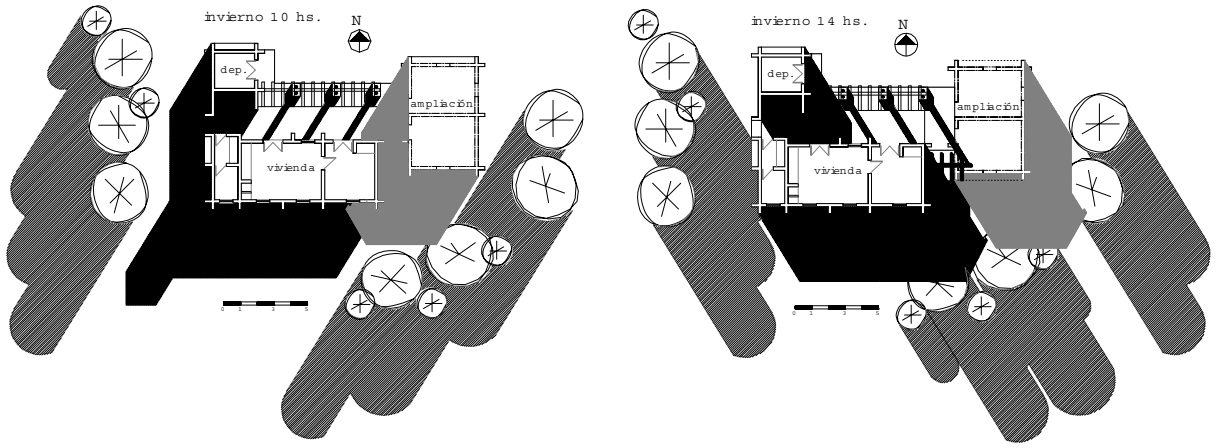


Fig. 4. Análisis de sombra mes de junio. Altura Solar 10 hs y 14 hs: 62.16°; Azimut 260.16° (10 hs) y 99.84° (14 hs).

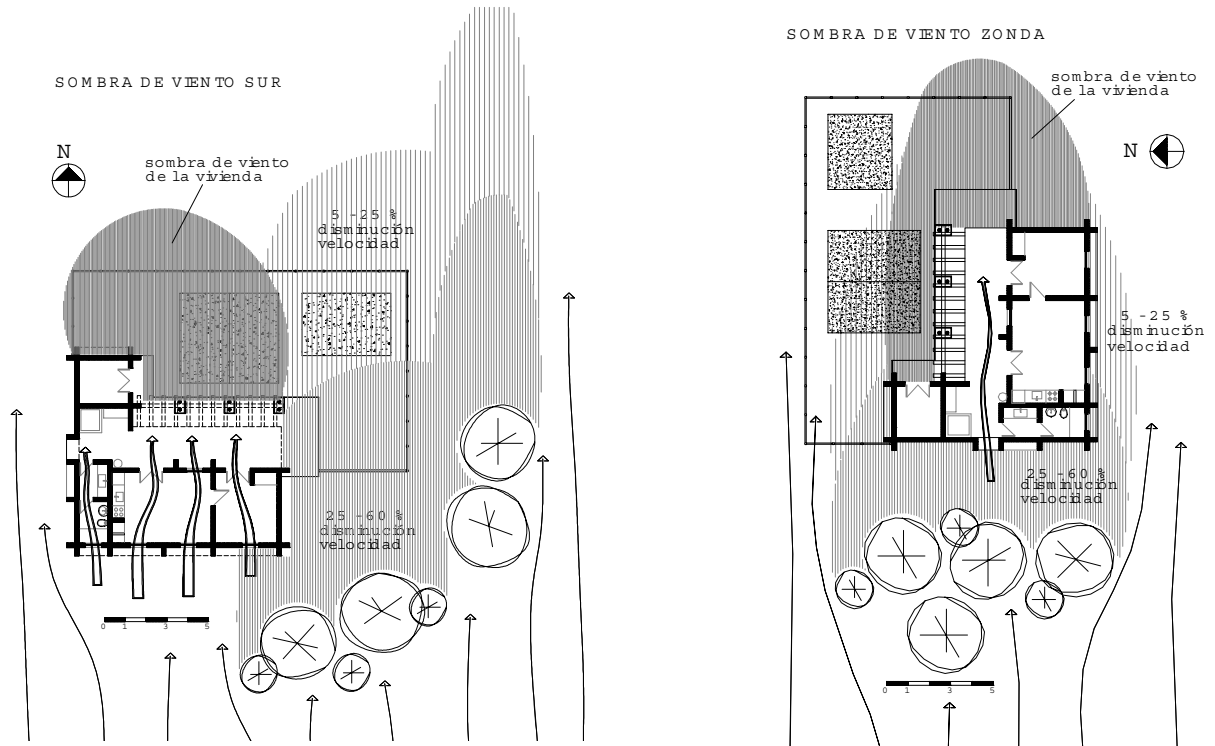


Fig. 5. Análisis de sombras de viento en invierno y verano.

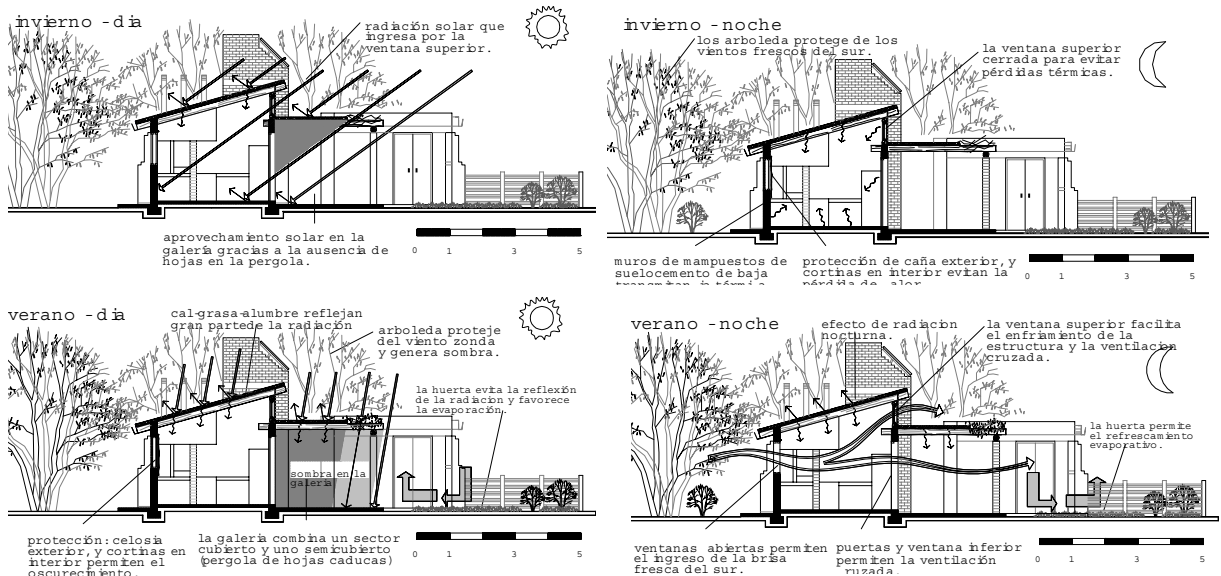


Fig. 6. Análisis bioclimático de la vivienda. El ángulo solar corresponde a los meses de junio y diciembre a las 12 hs.

## SIMULACIÓN TÉRMICA

Se realizaron simulaciones térmicas utilizando el programa QUICK 4.0, para la primera etapa de la vivienda, comparando el comportamiento de la misma con diferentes sistemas constructivos que se usan en la zona, tales como la quincha (Q) y el adobe (A), y cuyos resultados se muestran en la Fig. 7. La vivienda simulada con suelo-cemento (SC) se comporta muy similar a la de adobe, con la ventaja de que ofrece una mayor durabilidad, como también muy bajo mantenimiento, mejores condiciones higiénicas y mayor resistencia al sismo. La alternativa de quincha acusa las mayores oscilaciones térmicas.

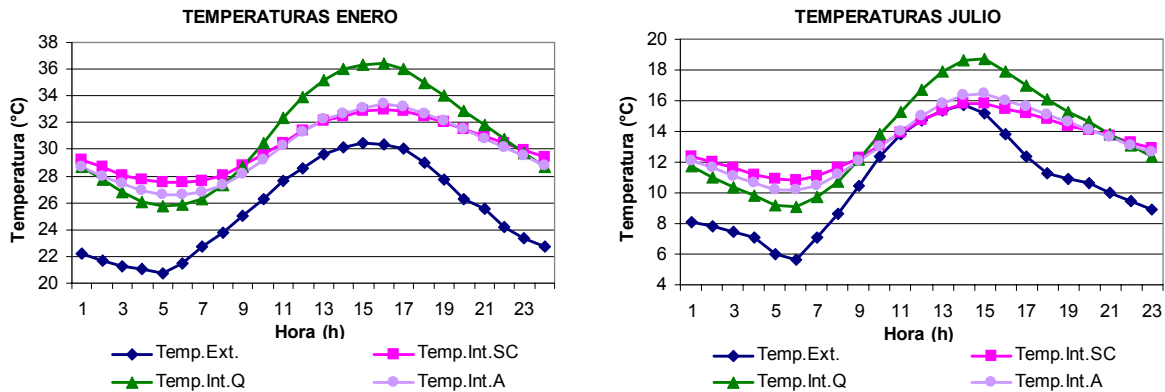


Fig. 7. Resultados de la simulación térmica de la vivienda, en suelo-cemento (SC), quincha (Q) y adobe (A).

## CONCLUSIONES

La propuesta se adapta a las condiciones físicas y culturales del lugar de emplazamiento. El ajuste a las condiciones físicas ha sido comprobado mediante la aplicación de los métodos de Mahony-Evans, las sombras de viento, las Cartas de Fisher y geometría solar, como también de la Transmitancia Térmica Global (G) y simulación térmica. La G resulta en un valor de 2,89 W/m<sup>3</sup>°C para el núcleo básico original y de 2,96 W/m<sup>3</sup>°C para la vivienda completa con ampliación, con un K de la envolvente de 1,79 W/m<sup>2</sup>°C, en ambos casos, ambos resultan una mejora respecto a los sistemas constructivos locales (Fig. 7), considerando además pautas antisísmicas y de salubridad. El porcentaje de aventanamiento alcanza un 7,2% y un 7% respectivamente, siendo adecuado para la zona. Al tratarse de volúmenes sólidos separados por galerías, el Factor de Forma asciende a 0,88 m<sup>-1</sup> y 0,91 m<sup>-1</sup> en cada situación.

La adaptación a las condiciones culturales se logra respetando las preferencias de los destinatarios de la Unidad Productiva, relevadas a través de entrevistas a familias de puesteros ganaderos. Esto es, mediante la incorporación al diseño del conjunto, de los espacios para la huerta, los corrales, el fogón con horno económico, la cisterna, el lugar de acopio de pasturas y las amplias galerías como espacios de trabajo en tareas cotidianas. Las decisiones tomadas desde el punto de vista técnico y humano contribuyen a mejorar la sustentabilidad ambiental del hábitat rural característico del árido sanjuanino.

En etapas futuras se deberá realizar la verificación de la propuesta mediante la implementación de un taller de diseño participativo para introducir adaptaciones particulares para cada familia. Asimismo, sería deseable llegar a construir un prototipo, en el que se puedan constatar los supuestos teóricos que fundamentan la propuesta.

## REFERENCIAS

- Albarracín O., Blasco Lucas I., Pringles A., Gentile G. (2002). *Vivienda Social de Carácter Rural y Semi-Rural en Regiones Árido-Sísmicas*. Memoria del Primer Seminario "La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat". Pp.26-33. Tucumán.
- Casanova V (1999). *Optimización de Aspectos Microclimáticos y Estrategias de Diseño Bioambiental. Proyecto en las Sierras de Tandil*. AVERMA. Vol. 3, N° 1, pp. 05.21
- Evans M., De Schiller S. (1991). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Serie Ediciones Previas N° 9. Buenos Aires.
- Mascaró J. (1999). *Viviendas Rurales Bioclimáticas*. AVERMA. Vol. 3, N° 1, pp. 01.33
- Mitchell J. (1998). *Taller de Vivienda Social – Propuesta de Mejoramiento de las Condiciones Ambientales Interiores del Hábitat*. AVERMA. Vol. 2, N° 1, pp. 03.79.

## ABSTRACT

This paper provides an alternative of integral solution to the habitat problematic of rural farmers located in dry zones of San Juan Province (Dpto. 25 de Mayo) with high seismic risk. The start point is the analysis, on the one hand, of the climate, technological and human resources available, and on the other, the actual needs of the inhabitants of this particular rural area, their customs and traditions as well as the specific social economics conditions that their way of living implies. With the help of different methods such as Mahony-Evans, Fisher Chart, thermal transmittance, solar geometry and shadows of wind and graphics techniques it is possible to gather the necessary information to make a proposal of a bioclimatic building using appropriated technologies and fulfilling the physical and human requirements of the local environment.

**Keywords:** sustentable, design, rural dwelling, productive unit, arid-seismic