

## **DEFINICIÓN DE INDICADORES DE ANÁLISIS DE DISEÑO SUSTENTABLE. EL CASO DE UNA VIVIENDA SERRANA EN CÓRDOBA.**

Mariana Gatani<sup>1,2</sup>, Marta Bracco<sup>1,3</sup>, Silvina Angiolini<sup>1</sup>, Lisardo Jerez<sup>1</sup>, Ana Pacharoni<sup>1</sup>, Gabriela Sánchez<sup>1</sup>,  
Roberto Tambussi<sup>1</sup>, Pablo Avalos\*

FAUD, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba,  
Av. Vélez Sarsfield 264, Córdoba, Tel.: 54-351-4332096, fax: int. 133.  
e-mail: [mbracco@arnet.com.ar](mailto:mbracco@arnet.com.ar) - [www.faudi.unc.edu.ar](http://www.faudi.unc.edu.ar)

**RESUMEN:** Este trabajo forma parte del proyecto “Gestión de tecnología sustentable y energías alternativas: definición de indicadores de diseño en Córdoba”. Como caso de estudio se presenta el proyecto de una vivienda ubicada en Punta Serrana, a 9 Km. de Alta Gracia, Provincia de Córdoba. El proyecto es analizado bajo parámetros tecnológicos, económicos y sociales, considerando que el paradigma ambiental es el enfoque de desarrollo.

Se presenta el marco conceptual y la metodología utilizada. Se exponen los resultados obtenidos sobre: transmitancia térmica, condensación superficial, balance térmico y cálculo de fracción de ahorro solar para ganancia solar directa (FAS); análisis ecológico sobre la flora del lugar y las especies que se conservan; análisis económico en cuanto al costo de la vivienda y su relación con una construcción de tipo tradicional. Las conclusiones establecen que se logra un 21,25 % de FAS, con un sobre costo en construcción del 12,68 % en aislamiento de envolventes.

Palabras clave: diseño bioclimático, ahorro energético, sobre-costo

### **INTRODUCCION**

Ante la crisis energética actual, en Argentina, existe la necesidad urgente de concientización en el uso de técnicas alternativas para alcanzar eficiencia energética de los edificios, y particularmente de la vivienda a través del adecuado diseño de las envolventes, por medio del uso de estrategias tecnológicas que logren el confort en la vivienda sin necesidad de generar contaminación y excesivo gasto energético.

El diseño ambientalmente conciente busca aprovechar los recursos naturales intentando reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente realzando en el edificio la eficacia y moderación en el uso de los materiales de la construcción, la energía y el espacio construido (Czajkoswski et al. 2007).

Contar con una correcta orientación es sumamente importante, porque permite que el propietario tenga acceso al acondicionamiento bioclimático con toda su potencialidad. Ahorrar energía en el sector residencial y terciario, constituye una alternativa que merece ser sobretodo si el combustible alternativo propuesto, el uso de la energía solar, se presenta como un factor libre. (Esteves et al 2001).

Para lograr el confort humano sin depender de las energías contaminantes, el clima y la naturaleza nos brindan gran cantidad de recursos; por eso, resulta indispensable el conocimiento del clima local y sus variables para definir estrategias de diseño.

La variable del confort higrotérmico es poco considerada en el diseño arquitectónico. Predomina en nuestro medio el paradigma del despilfarro energético, no incorporándose a las responsabilidades profesionales criterios de sostenibilidad para la producción de los edificios. En la concepción del edificio se evalúa predominantemente sólo el costo de construcción sin considerar lo que demandará el edificio para su funcionamiento. Aún si se considera sólo el costo inicial de la envolvente, se presentan paradojas de la utilización de envolventes de mayor costo, pero ineficientes por un incorrecto diseño (Lambertucci et al. 2007)

---

<sup>1</sup> Arquitectos, integrantes del proyecto de investigación “Gestión de tecnología sustentable y energías alternativas: definición de indicadores de diseño en Córdoba” desarrollado en FAUD.-U.N.C.; financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la U.N.C.-Año 2008.

<sup>1,2</sup> Investigadora CONICET.-

<sup>1,3</sup> Profesora Titular.

\* Arquitecto colaborador.

En este trabajo se presentan indicadores relevados en una vivienda periurbana de la ciudad de Córdoba, haciendo énfasis sobre aquellos de carácter tecnológico referidos al diseño de las envolventes. Aspectos económicos, ambientales y sociales son apenas presentados, y serán motivo de desarrollo ampliado en futuros trabajos.

## METODOLOGIA

Se trabajó con el análisis de una vivienda proyectada para ser construida en los alrededores de la ciudad de Córdoba. La metodología empleada consiste en relevar y evaluar ítems de la vivienda que promuevan el uso eficiente de la energía y/o materiales en pos de uso de energías renovables y envolventes eficientes.

En la presente etapa del proyecto, la etapa experimental, se concentra en la definición de indicadores de diseño sustentable, haciendo énfasis en las posibilidades de aplicación de los mismos. Son confrontados con la situación local / regional a fin de validar los indicadores sugeridos para evaluar los requerimientos climáticos de habitabilidad y los parámetros de aceptación cultural. Se estima que el desarrollo del presente proyecto aportara información, conocimientos sobre las condiciones de uso racional de la energía y diseño tecnológico sustentable.

Se analiza la vivienda desde un enfoque tripartito de variables de tipo tecnológica -ambiental, económica y social. En primera instancia, el trabajo parte de la descripción de la localización y emplazamiento, datos sobre la distancia a Córdoba, altura sobre el nivel del mar, clasificación bioambiental, y referencias climáticas. Posteriormente se describen indicadores de diseño de las envolventes y tratamiento de las instalaciones. Se evalúa el comportamiento de las envolventes laterales y superiores con el estudio de asoleamiento, comportamiento térmico y cálculo de FAS para Córdoba.

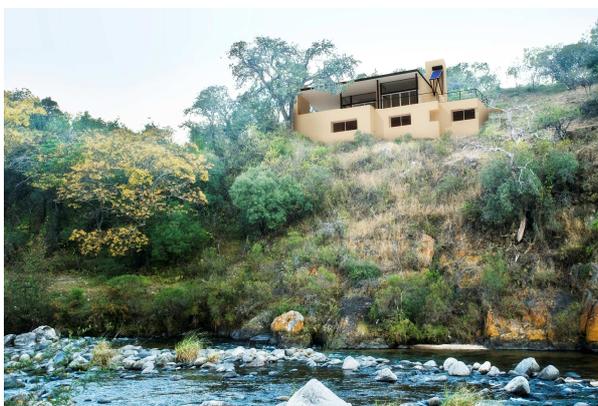
En cuanto a indicadores de tipo económico se analizan y comparan los precios de los ítems representativos en función del análisis previo: cerramiento horizontal, cerramiento vertical, vidrios y equipos.

Variable de tipo ambiental consideran la implantación de la vivienda y el diseño del paisaje circundante.

Aspectos sociales son presentados en cuanto a los usuarios destinatarios de la vivienda y la consideración del personal que intervendrá en la construcción de la obra.

## DESARROLLO

Localización y emplazamiento: Punta Serrana es una urbanización sobre el río Anisacate, a 55 Km. hacia el Sur de la capital cordobesa; a 9 Km. de la ciudad de Alta Gracia. Altura sobre el nivel del mar 537 m. Posee un clima de estaciones bien marcadas, cálidas húmedas y frías secas. Zona bioambiental IIIa: templada cálida. Los veranos son calurosos y húmedos, con temperaturas máximas medias que superan los 30°C y mínimas medias de 17°C (IRAM 11603:1996), con una temperatura máxima extrema de 39°C en Noviembre.- La diferencia térmica diaria es muy importante, considerándose una característica del clima local. La estación lluviosa coincide con la época cálida, siendo de 581,2 mm la precipitación entre los meses de Nov-Dic- Ene y Feb. En diciembre contamos con una heliofanía relativa alta, 66,9 %. Los meses cálidos poseen un bajo porcentaje de días con vientos fuertes, entre el 16% y el 24%. La frecuencia que notoriamente se destaca es la NE, son vientos cálidos con una velocidad aproximada de 17 km/h. En el período frío (considerando Junio, Julio y Agosto) las temperaturas media oscilan entre 5°C la mínima media y 19,1°C la máxima media (IRAM 11603:1996), con una temperatura mínima extrema de -5,2 °C en Julio.- La diferencia térmica diaria es importante, como así también los días claros, donde el aprovechamiento solar es óptimo, siendo el 27,66% en junio y 40,66% en julio y 43,66% en agosto.- Es una estación netamente seca, con 14,13 mm de precipitaciones promedio para los meses mencionados.- En los meses fríos hay alrededor de un 20% de días con vientos fuertes, incrementándose abruptamente en agosto. La frecuencia que notoriamente se destaca es la N, son vientos cálidos y secos, con una velocidad aproximada de 16 km/h. Posteriormente las frecuencias siguientes, son la NE, velocidad aproximada de 20 km/h y la Sur, vientos fríos con una velocidad aproximada de 16 km/h. (Angiolini et al. 2007)



*Fig1. Implantación de la vivienda en el sitio.*

## LINEAMIENTOS GENERALES DE DISEÑO

Se trata de una vivienda unifamiliar, diseñada por los arquitectos Silvina Angiolini y Miguel Martiarena para ser habitada los fines de semana y períodos vacacionales.

La posición y la morfología de la misma se definen dando prioridad a las visuales naturales existentes hacia la montaña y el río, coincidiendo las mismas con la mejor orientación: norte. De esta forma se busca aprovechar los recursos naturales para su acondicionamiento energético.

La vivienda se desarrolla en dos niveles, el nivel superior, de características más expuestas, más vidriadas, en donde se desarrolla la vida social. Se accede a través de una amplia terraza, tratada como un gran mirador al río y pensada como lugar de reunión, que se une al estar - comedor. El nivel inferior, de carácter más íntimo, donde se alojan los dormitorios y los baños, se encuentra semienterrado en su cara sur, incorporando aberturas de proporciones más controladas.

El diseño prioriza el uso eficiente de la energía: las aberturas externas son de aluminio con doble vidriado hermético (DVH), los muros orientados hacia el este, oeste, y sur son de doble bloque cerámico con cámara de poliestireno expandido de alta densidad, revocados y pintados en ambas caras (ver fig. nº7), los muros con orientación norte (PB), ejecutados de ladrillos macizos de 0.45m, revocados y pintados en ambas caras (ver fig. nº 6)

La envolvente superior combina cubiertas planas e inclinadas. Ésta última está conformada por una estructura metálica, con cubierta de chapa, cámara de aire, aislante hidrófugo, aislación de 3" de lana de vidrio, barrera corta vapor y cielorraso de placa de yeso para exterior (ver fig. nº 8). Las cubiertas planas son de dos tipos: una es una losa accesible (terracea) con terminación de revestimiento cerámico (ver fig. nº 9), la otra es losa invertida sobre el local cocina, conformada por losa de viguetas con cielorraso aplicado y capa de compresión, barrera de vapor, Hº de pendiente, membrana asfáltica, poliestireno de alta densidad, y canto rodado (ver fig. nº10).

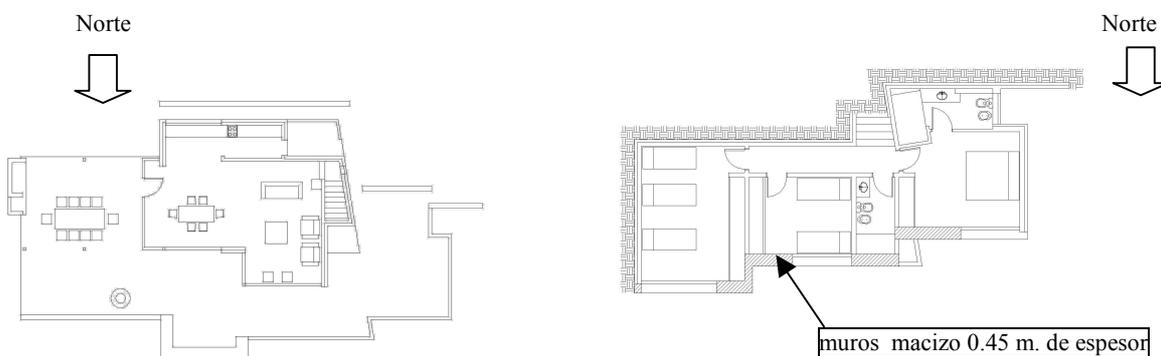


Fig.2: Planta Alta y Planta Baja Semienterrada

Fig. 3: vista norte

La fachada Norte es la que permite ganar calor en invierno (por ganancia directa y por acumulación) y en verano se protege de la radiación solar, por los aleros horizontales que se encuentran sobre las aberturas. La calefacción se complementa con una salamandra central en el lugar de reunión.

Se tiene en cuenta el sistema de tratamiento para evacuación de efluentes. Para las aguas negras, el mismo está compuesto por un tratamiento primario consistente en cámara séptica de doble compartimiento en serie y tratamiento posterior a través de drenaje de infiltración. Las aguas grises (lavarropas, lavavajillas, piletas de lavar) son reutilizadas para riego dentro del mismo lote utilizando mangueras enterradas.

El tratamiento del parque mantiene la configuración del bosque serrano, respetando la vegetación nativa existente en todos sus estratos (árboles, arbustos y cubresuelos) creando sectores de clausura. El diseño refuerza los grupos de árboles encontrados, repitiendo las especies del lugar: algarrobos, molles, alfilerillos, manzanos del campo, etc. Se conserva particularmente el algarrobo ubicado en el norte, incluyéndolo en la terraza de la vivienda, y los quebrachos de dimensiones adultas.



CORTE MURO FACHADA NORTE -espesor 0,45 m.

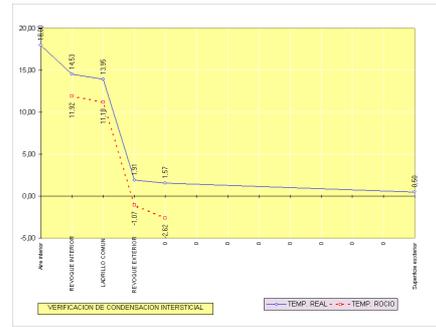
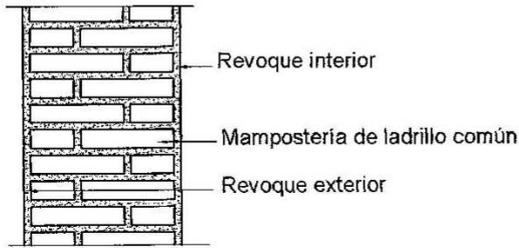


Fig.6: Muro macizo Norte, 0.45 m. de espesor y su grafico de verificación de la condensación

CORTE MURO FACHADA ESTE Y OESTE - espesor: 0,30 m.

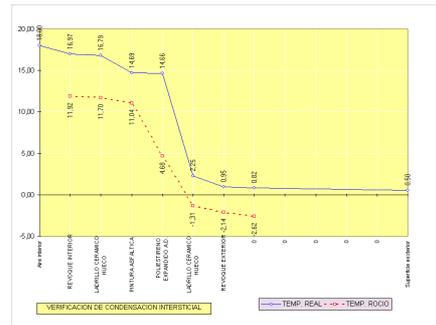
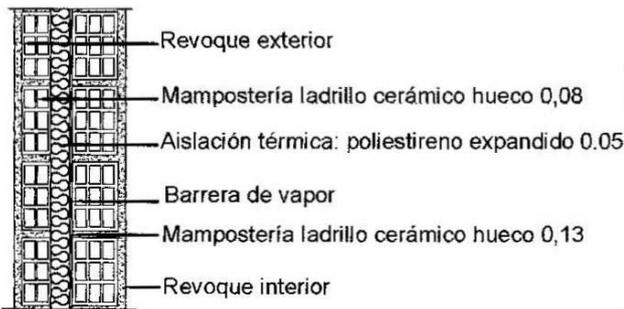


Fig. 7.: Muro Este y Oeste: muro doble con aislación térmica e hidrófuga interior con su grafico de verificación de la condensación

**TECHO INCLINADO: Liviano de chapa**

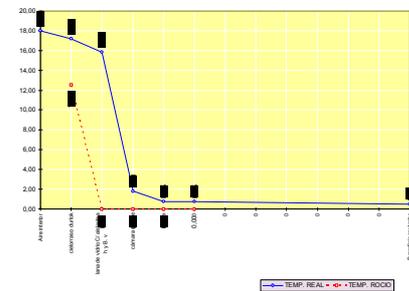
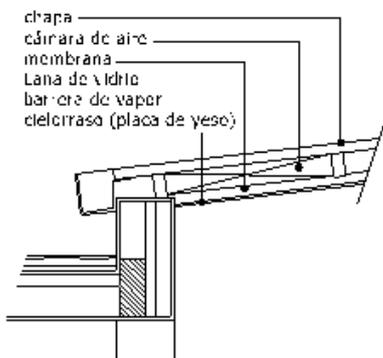


Fig.8: techo de chapa con estructura metálica y su grafico de verificación de la condensación

**TECHO PLANO: terraza accesible**

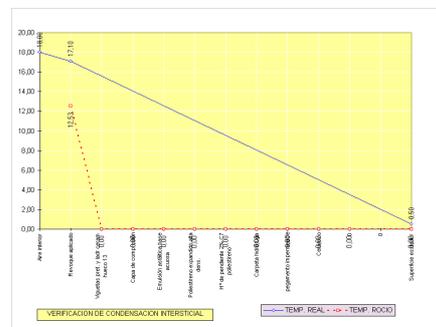
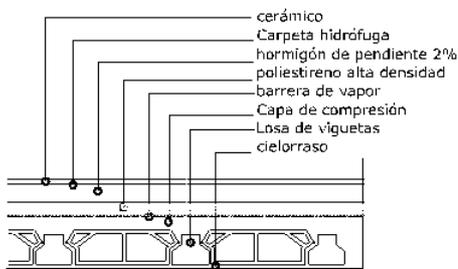


Fig.9: techo plano – terraza transitable y su grafico de verificación de la condensación

**TECHO PLANO: cubierta invertida**

- Canto rodado
- Poliestireno alta densidad
- H° de pendiente
- Barrera de vapor
- Capa de compresión
- Losa de viguet
- Cielorraso apli

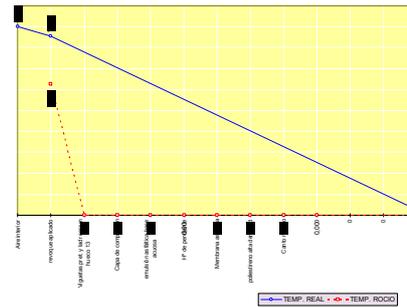
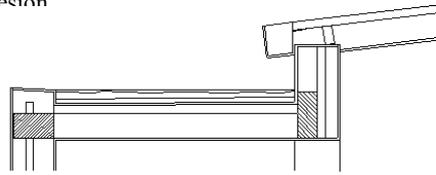


Fig.10: techo plano –Cubierta invertida y su grafico de verificación de la condensación

K calculado a envolventes	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION		
<b>K calculado muro macizo 0.45</b>	<b>1.52</b>	<b>1.52</b>		<b>Verifica C</b>		
<b>K calculado muro doble 0.30</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>		<b>Verifica C-B</b>		
<b>K calculado techo chapa</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>		<b>Verifica C-B</b>		
<b>K calculado techo plano</b>	<b>0.51</b>	<b>0.51</b>		<b>Verifica C-B</b>		
<b>K calculado cubierta invertida</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>		<b>Verifica C-B</b>		
<b>Niveles de K (s/IRAM)</b>	Muro	Techo	Muro	techo		
<b>C</b>	2,00	0.76	1,85	1.00	2,40	0.99
<b>B</b>	1,25	0.48	1,00	0.83	1,50	0.62
<b>A</b>	0,50	0.19	0,38	0.32	0,60	0.25

Tabla N° 1: Planilla para la verificación de K. de norma IRAM 11605/96 (W/m2K)

**CALCULO DE FAS PARA CORDOBA**

Los resultados y correlaciones de FAS, fracción de ahorro solar (Balcomb et.al 1983), han sido sistematizados y adaptados para la situación climática de Córdoba, de manera de lograr un método operativo de dimensionado de sistemas pasivos en la región climática de Córdoba. (Maristany 1993)

El método determina la relación entre la energía proveniente del sol que se aprovecha y las pérdidas térmicas netas del edificio. Esta relación entre energía solar absorbida y carga de calefacción es lo que se denomina fracción de ahorro solar (FAS)

$$FAS = \frac{\text{Energía solar Absorbida}}{\text{Carga de Calefacción}}$$

Las relaciones FAS para distintos tipos de edificios se determina en función de la relación entre las pérdidas del edificio y el área colectora LCR

$$LCR = \frac{\text{Coeficiente Neto de Pérdidas}}{\text{Área Colectora}}$$

La relación FAS y LCR varía según la localidad, se ha graficado para Córdoba la variación de FAS en función de LCR, siendo este último calculado de la siguiente forma:

$$LCR = \frac{24 \times NLC}{Ac}$$

Siendo:

Ac: es el área de colector tomado en proyección vertical

NCL: es el coeficiente neto de pérdidas, que puede ser calculado de acuerdo a la Norma Iram 11604

Las áreas de mayor uso se distribuyen sobre el eje este oeste, con áreas transparentes al norte. La superficie de ganancia solar directa es del 16% respecto al área útil de la planta baja, y de casi 38% en la planta superior. Lo que se ve acompañado por estrategias de conservación de la energía.

Obtenemos un FAS solo para ganancia solar directa de:

	DORM 1	DORM 2	DORM 3	ESTAR COMEDOR	PROMEDIO
FAS	15%	15%	15%	40%	21.25%

Tabla N° 2: Planilla de FAS.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Casa PUNTA SERRANA	Valorización Económica	Casa TIPO TRADICIONAL	Valorización Económica	Variación Porcentual
	M.O. y Materiales		M.O. y Materiales	
Tareas realizadas en la vivienda	por unidad de medida	Tareas realizadas en una vivienda tipo tradicional en las sierras	por unidad de medida	
<b>Cerramiento Vertical</b>				
Mampostería de ladrillo común de 45 cm	\$ 97,00	Mampostería de ladrillo común de 30 cm	\$ 89,00	8,25%
Doble muro de Tabiques cerámicos huecos de 8cm.interior con 5cm de poliestireno expandido y Tabiques cerámicos huecos de 12cm.exterior	\$ 112,00	Mampostería de ladrillo común de 30 cm	\$ 89,00	20,54%
<b>Cerramiento Horizontal</b>				
<b>Techo Inclinado:</b> Estructura metálica, cabios metálicos. Aislación térmica, aislación hidrófuga s/detalles.Con cubierta de chapas. Cielorraso placa de yeso 12,5mm	\$ 289,14	<b>Techo Inclinado:</b> Estructura metálica, cabios metálicos. Aislación con placa de poliestireno expandido, membrana asfáltica .Con cubierta de chapas. Cielorraso machimbrado madera pino 3/4"	\$ 269,77	6,70%
<b>Techo Plano:</b> Losa H° con viguetas pretensadas y ladrillo cerámico hueco 13 cm. Hormigón de pendiente con capa de compresión de 5cm. Cubierta invertida: membrana asfáltica, poliestireno expandido, grava rodada 1-3	\$ 197,56	<b>Techo Plano:</b> Losa H° con viguetas pretensadas y ladrillo cerámico hueco 13 cm con capa de compresión de 5cm, H° de relleno y pendiente, aislante hidrófugo y bovedilla. No transitable.	\$ 178,00	9,90%
<b>VIDRIOS</b>				
Superficie de vidrios en DVH	\$ 233,00	Vidrios esp.: 3mm en carpintería de aluminio	\$ 191,00	18,03%
<b>VARIACION PORCENTUAL TOTAL</b>				<b>12,68%</b>
Los valores fueron tomados a Julio de 2008, en vivienda tradicional de 98 m2 y construida en zona rural cercana a centro poblado (Villa del Dique a 12 km de Embalse, Pcia de Cba), como el caso de la vivienda analizada en Punta Serrana (a 9 km de Alta Gracia, Prov de Cba)				
<b>EQUIPOS</b>				
Colector Solar con tanque de 150 lts	\$ 3.510,30			100%
Colocación de malla antigranizo	\$ 380,00			100%

Tabla N° 3: Planilla evaluación económica

Producción / mano de obra: La tecnología empleada es predominantemente de tipo tradicional, y esto tiene una clara relación con la impronta cultural del lugar. No solo por la imagen de la arquitectura, sino también por la disponibilidad de mano de obra capacitada disponible en el lugar.

### CONCLUSIONES:

En la propuesta de diseño para esta vivienda ubicada en las sierras de Córdoba, se puede considerar ambientalmente sustentable justificada por una adecuada respuesta al sitio. Las condiciones de la implantación respetan el bosque autóctono que conforman las diferentes especies de flora nativa (tala, coco, molle, algarrobo blanco, chañar).

Mediante un diseño apropiado para el ahorro energético y el aprovechamiento de los recursos naturales, se propuso el semienterramiento de la vivienda en la orientación sur, favorecido por el relieve, adecuada orientación y control del ingreso de la radiación solar y la incorporación de aislación térmica en las envolventes laterales y superior. La construcción de 19,05 m<sup>2</sup> de muro macizo de 0.45 m. de espesor al norte y 24,42 m<sup>2</sup> de ganancia directa por ventanas, permite lograr una vivienda energéticamente eficiente, que responde a las normas IRAM, verificando los niveles de transmitancia térmica (K): C - B, se logra un 21,25 % de FAS por ganancia directa. El costo de la vivienda esta incrementado en 12,68 % en relación al costo de una construcción tradicional en similares condiciones de: localización, superficie proyectada y técnicas constructivas tradicionales.

Los resultados logrados con este proyecto nos permiten establecer indicadores de diseño sustentable para la zona, factibles de ser considerados en nuevos proyectos: implantación en el terreno con menor impacto ambiental, apertura de caminos respetando la topografía, respeto por la flora y la fauna del lugar, adecuada orientación, aprovechamiento de la energía solar, utilización de sistemas pasivos para calentamiento, control de ingreso de la radiación según orientación, utilización de sistema de tratamiento para efluentes, recuperación de aguas grises, lograr confort térmico, aislamiento de las envolventes laterales y superior, empleo de mano de obra del lugar.

En cuanto a indicadores de tipo social, se pretenden destacar dos aspectos: es un proyecto para una familia de profesionales que valoran la eficacia de un aumento de inversión inicial en la construcción de la vivienda, en beneficio de aspectos de carácter ambiental y de ahorro energético; el empleo de mano de obra del lugar, con empleo de tecnología tradicional, de capacidad instalada en el lugar, y con impacto en el desarrollo económico local.

Como continuación de este trabajo se calculará el FAS total incluyendo el muro macizo de 0.45m de espesor y colector solar para Córdoba para poder cuantificar el ahorro total final de energías y la posterior verificación al construir y usar la vivienda.

## REFERENCIAS:

- Angiolini, Pacharoni, Sánchez, Bracco (2007). Comparación del gasto energético para acondicionamiento térmico en vivienda social de distintos períodos en Córdoba. Revista ASADES 2007 - resúmenes, pág. 54 - Comunicación 11. XXX. Reunión de trabajo ASADES., San Luis, Noviembre 2007.
- Balcomb et al (1983) Passive Solar Design Handbook Vol. 1-2-3 United States Department of Energy
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996) Norma 11603 Acondicionamiento Térmico en edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Gonzalo, Guillermo. (2003) Manual de arquitectura bioclimática, 2° edición. CP 67, Buenos Aires.
- Gonzalo, Guillermo. CEEMAKMP y CEEMACON, Programas de computación de verificación del coeficiente de transmisión térmica (K) del elemento y el riesgo de condensación superficial e intersticial
- Lambertucci, Rogelio et al. (2006-2007)). Evaluación de la Eficiencia energética en edificios en la ciudad de Córdoba. 2° Etapa: evaluación y comparación del comportamiento energético de diferentes tipos constructivos de envolvente de viviendas y escuelas de la Ciudad de Córdoba, en relación al costo de producción. FAUD. UNC.
- Maristany, Arturo. Modelo de calculo termicos y luminicos para viviendas bioclimaticas en Cordoba. Informe final Beca de Investigación. SECyT. UNC. Dir. : Juan Wernly. Cordoba, 1995
- Martínez C. (2005).Comportamiento térmico – energético de envolvente de vivienda en S.M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. Revista avances en Energías renovables y Medio Ambiente, vol. 9, 2005
- Mazria, Edward. El libro de la energía solar pasiva. Ediciones Gustavo Gili, SA. Mexico, 1985
- Volantino V. (2007)- Eficiencia energética en construcciones – www.inti.gov.ar

## ABSTRACT

This work is part of the “Management of sustainable technology and alternative energies: definition for design indicators in Cordoba” project. As a case study we present the project of a dwelling placed in Punta Serrana, 9 km away from Alta Gracia, Province of Cordoba. The project is analyzed under technological, economic and social parameters, considering that the environmental paradigm is the development focus.

The conceptual setting and the methodology used are shown. The results obtained on thermal transmittance, surface condensation, thermal balance and solar savings fraction calculation for direct solar gain (SSF) are presented; ecological analysis on the local flora and the preserved species; economic analysis as regards the dwelling costs and its relation with a traditional-type construction. The conclusions state that we can get 21,25% of SSF, with an extra cost in construction of the 12,68 % in enveloping isolation.

Key words: bioclimatic design, energy saving, extra cost.