

## **DESARROLLOS HABITACIONALES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PATAGONIA ARGENTINA. INTEGRACIÓN DE CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS Y SISTEMAS SOLARES A PROTOTIPOS PILOTO**

**Compagnoni, Ana María (1); Marusic, Jorge Antonio (2)**

(1) Consultoría en Hábitat Sustentable, [anacompa03@yahoo.com.ar](mailto:anacompa03@yahoo.com.ar) (2) Cenit Solar, [jorgemarusic@gmail.com.ar](mailto:jorgemarusic@gmail.com.ar), [www.cenitsolar.com.ar](http://www.cenitsolar.com.ar)

*Recibido 02/09/15, aceptado 06/10/15*

**RESUMEN:** Este trabajo presenta resultados de un asesoramiento al Instituto Provincial de Vivienda de Chubut para desarrollar prototipos residenciales con criterios de ahorro y eficiencia energética. Se trabajó en base a unidades habitacionales típicas de planes de vivienda local, para dos zonas bioclimáticas. Se ajustó la envolvente edilicia a las Normas IRAM vigentes y se desarrollaron nuevos prototipos con criterios bioclimáticos y sistemas solares integrados para analizar el desempeño termoenergético según los sucesivos cambios constructivos y morfológicos de cada categoría. Se verificó la importancia de las orientaciones y condiciones microclimáticas en el diseño de urbanizaciones y loteos para optimizar el rendimiento de los sistemas solares y el desempeño térmico de las unidades. Estos estudios y la posibilidad de construir prototipos de referencia, prevista en el Proyecto marco del trabajo, permitirán verificar su desempeño post ocupación y cotejarlo con los resultados obtenidos, posibilitando evaluar el comportamiento del usuario en una vivienda pasiva.

**Palabras-clave:** eficiencia energética; diseño bioclimático; sistemas solares, vivienda pasiva

### **INTRODUCCIÓN y FUNDAMENTACIÓN**

La tradición constructiva utilizada en los planes de vivienda de origen estatal en nuestro territorio tiene escasos antecedentes de aplicación de criterios de eficiencia en el uso de los recursos, orientando las propuestas a los menores costos de inversión inicial que implica la reducción de superficie construida destinada al hábitat doméstico. Estas prácticas, basadas en la minimización del espacio destinado a familia de escasos recursos en favor de una mayor rentabilidad para las empresas, desvirtuaron la calidad de la envolvente edilicia, incumpliendo inclusive las exigencias mínimas de habitabilidad que estipulan las normas vigentes, lo cual quedó demostrado en trabajos anteriores. (Compagnoni y Evans, 2005 y Compagnoni y Delbene, 2009).

En el caso de la vivienda patagónica, la reducción de la superficie cubierta para el desarrollo de la vida familiar implica la ignorancia implícita de las condiciones climáticas críticas que durante la mayor parte del año caracterizan a estas regiones. Asimismo, la deficiencia en el desempeño termoenergético de la envolvente en términos térmicos y energéticos, obligan a los futuros ocupantes a una mayor inversión en acondicionamiento térmico a lo largo de la vida útil de la vivienda y la necesidad de futuras ampliaciones que, en general responden a construcciones de baja calidad, reduciendo aún más la eficiencia de la envolvente edilicia como filtro selectivo de las condiciones ambientales exteriores.

Teniendo en cuenta la crisis energética que atraviesa la República Argentina, la región patagónica requiere de especial consideración en las estrategias de ahorro energético, debido a la gran demanda de la región y las extensiones del territorio que implican grandes costos en redes de infraestructura. A estas condiciones regionales, se suma la deficiente calidad de construcción de la vivienda social, que dificulta llegar a adecuados niveles de eficiencia energética. Aplicar criterios bioclimáticos desde el inicio del proyecto permite reducir el consumo de energía para acondicionamiento y costos de mantenimiento durante la vida útil de la vivienda.

Este trabajo es producto del asesoramiento realizado al Instituto Provincial de Vivienda de Chubut, para el diseño de viviendas bioclimáticas, con eficiencia energética y sistemas solares integrados a fin de

desarrollar prototipos piloto que permitan evaluar el desempeño de estas unidades en diferentes estados de mejoras de la envolvente y la incidencia de los usuarios en futuras etapas post ocupación.

## METODOLOGÍA

La investigación se basa en la evaluación de desempeño termo energético de la envolvente de unidades de vivienda en diferentes instancias de mejoras en su diseño y en dos zonas bioclimáticas de la provincia de Chubut en la Patagonia Argentina. En base a prototipos de referencia de 2 zonas bioclimáticas, este trabajo se dividió en cuatro etapas principales. 1-Evaluación de los prototipos originales construidos en planes de vivienda; 2- Mejora de la envolvente de esos prototipos para su ajuste a las normas (Normas IRAM 11601, 11603 y 11604, 2012); 3- Desarrollo de prototipos y loteos que optimizaran su desempeño en relación al clima, integrando sistemas solares pasivos a la envolvente; 4- Integración de sistemas solares activos a los prototipos desarrollados. Los casos de estudio se sintetizaron en 4 prototipos para cada localidad con grado creciente de complejidad y eficiencia.

### *Análisis del clima y Planteo de estrategias bioclimáticas.*

Tomando como lugares de referencia las ciudades de Rawson (RW) para la Zona Bioambiental IV y Comodoro Rivadavia (CR) para la Zona Bioambiental V, se realizó el análisis climático y se establecieron las correspondientes estrategias bioclimáticas. RW: alta demanda de calefacción, inercia térmica, aislación térmica, reducción de puentes térmicos, ventilación selectiva, protección solar y humidificación en verano. CR: condiciones similares pero mayor demanda de calefacción, poca inercia térmica en el interior, aislación térmica, reducción de puentes térmicos, ventilación selectiva.

### *Evaluación de prototipos de referencia y mejoras según Normas IRAM.*

Inicialmente se evaluaron constructiva y bioclimáticamente los prototipos de referencia RW-0 y CR-0 para luego proceder al mejoramiento de la envolvente en RW1-2 y CR1-2 (los que serían diferenciados en futuros estudios con y sin ocupación) evaluando con la Planilla Cal-K (Evans, Compagnoni, 2002) el cumplimiento de las Normas IRAM, en las distintas modificaciones practicadas. En ambos prototipos se mejoró la aislación térmica en muros exteriores, techo y piso, agregándole a los muros 5cm de poliestireno expandido de 20kg/m<sup>3</sup>, con una placa cementicia de revestimiento exterior; al techo 7cm de poliestireno expandido de 20kg/m<sup>3</sup> y sobre la platea de fundación se colocó 2,5 cm de poliestireno expandido de 40 kg/m<sup>3</sup> debajo de un contrapiso denso. En carpinterías se cambiaron los marcos de chapa doblada por aluminio de doble vidriado hermético, se colocaron cortinas de enrollar para dar mayor hermeticidad a los vanos por la noche y las puertas se consideraron con aislación interior. En la Tabla 1, se sintetizan los resultados de las verificaciones realizadas, teniendo en cuenta que los prototipos originales fueron construidos en vigencia de la Norma IRAM 11605 de 1996 (casilleros violetas) y las verificaciones se realizaron con las temperaturas de diseño de esa norma. En cambio los mejorados fueron sometidos a la norma 2012 (casilleros amarillos) con las temperaturas de diseño ajustadas.

PROTOTIPO	ELEMENTO	11.605 NIVEL C				11.605 NIVEL B			11.625	11.630	
		K max	K invierno	K verano	CUMPLE	K max	K invierno	K verano	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
RW-0	LOSA H°A°	0,76 ver	1,094	1,016	NO CUMPLE						
	LOSA VIGUETAS	0,76 ver	0,81	0,767	NO CUMPLE						
	MURO	1,62 inv	1,616	1,616	NO CUMPLE						
RW-1/2	LOSA VIGUETAS	0,76 ver	0,376	0,366	CUMPLE	0,48 ver	0,376	0,366	CUMPLE	SI	SI
	MURO	1,28 inv	0,455	0,455	CUMPLE	0,75 inv	0,455	0,455	CUMPLE	SI	SI
CR-0	LOSA H°A°	0,76 ver	1,094	1,016	NO CUMPLE						
	LOSA VIGUETAS	0,76 ver	0,81	0,767	NO CUMPLE						
	MURO	1,7 inv	1,616	1,616	CUMPLE						
CR-1/2	LOSA VIGUETAS	0,76 ver	0,376	0,366	CUMPLE	0,48 ver	0,376	0,366	CUMPLE	SI	SI
	MURO	1,49 inv	0,455	0,455	CUMPLE	0,85 inv	0,455	0,455	CUMPLE	SI	SI

Tabla 1: Evaluación térmica según Normas IRAM

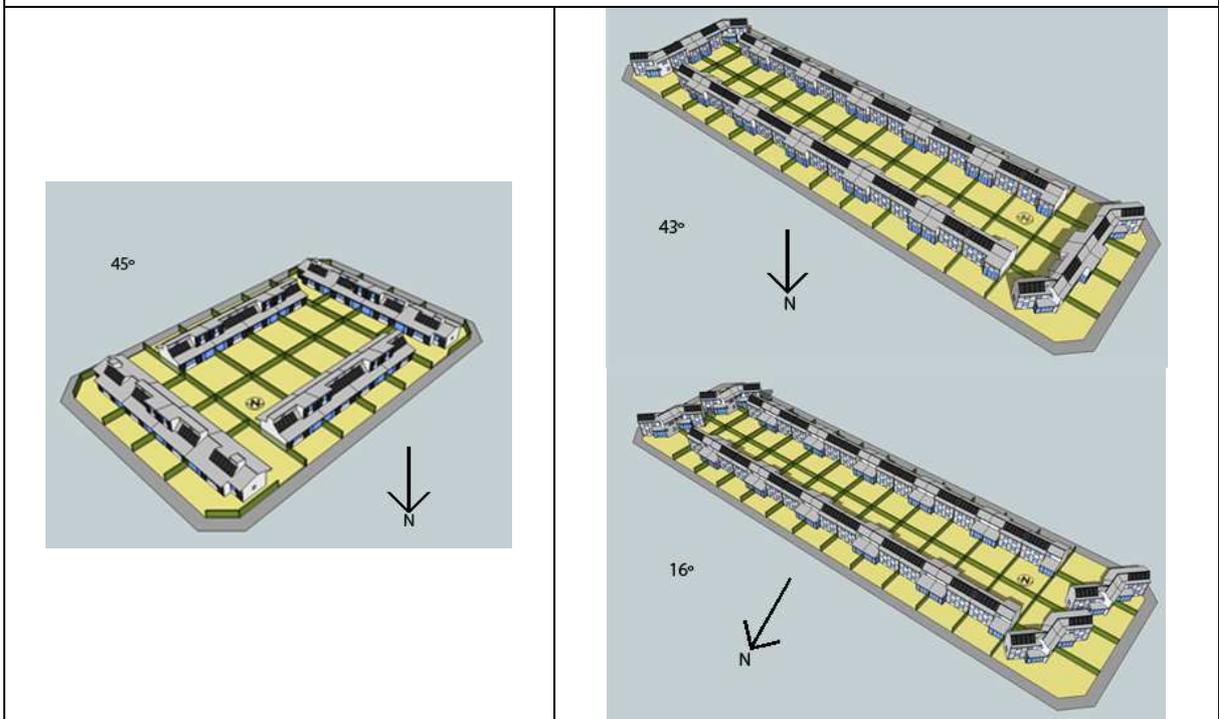
### *Desarrollo de nuevos prototipos: Fundamentación del loteo y tipologías de vivienda adoptados.*

Teniendo en cuenta las características climáticas de RW y CR y las orientaciones de los terrenos disponibles (Figs. 1a y 1b), se buscó lograr mayor compacidad en el conjunto y mayor proporción de locales bien orientados. Se propusieron unidades entre medianeras para evitar mayores pérdidas por envolvente y se definió un tipo de loteo de 10 m de ancho para ubicar dormitorios y estares bien orientados hacia el frente o contrafrente. Para optimizar las ganancias solares en ambas

zonas, se optó por tipologías que permiten el acceso desde todas las orientaciones, con los locales de primera categoría bien orientados. En RW, las manzanas están orientadas con sus lados mayores al NO y SE y sus lados menores al NE y SO y se subdividieron en 8 lotes centrales de 10 m de ancho en sentido longitudinal y 8 lotes en sentido transversal, 4 de estos mantienen el ancho y los de esquina son de mayores dimensiones para permitir el crecimiento del 3er dormitorio bien orientado en PB, mientras que en los lotes tipo, el crecimiento puede darse en PB, con un dormitorio en orientación desfavorable o bien en PA, bien orientado. Figura 2a. En CR las manzanas tipo de 150 mt de largo y 40 mt de ancho, están orientadas con sus lados mayores a 16° y 43° al NE. Figura 2b. Estas manzanas se subdividieron en 22 lotes de 10 m de ancho x 20 m de largo y dos grupos de 4 lotes de iguales medidas en los lados menores, para tener lotes con acceso desde 4 orientaciones. En este caso, como la tipología dúplex de referencia ya prevé la ubicación de los dormitorios en PA, se propuso el estar ubicado con su lado mayor hacia la buena orientación con dos dormitorios sobre el mismo y el núcleo de circulación y servicios contra la medianera en orientaciones más desfavorables. En ambas localizaciones, para resolver el acceso desde los diferentes frentes de la manzana se utilizó un invernadero o una cámara fría, según la orientación, como espacios de transición conectados al estar-comedor. Figura 3. Esto permite utilizar ambos accesos como principales o secundarios según convenga. También se previó un retiro de 5m para la entrada de auto, dejando una distancia entre unidades de ambos frentes de manzana que asegure el acceso al sol de todas las unidades.



*Figuras 1a y 1b: Ubicación de los terrenos en el territorio*



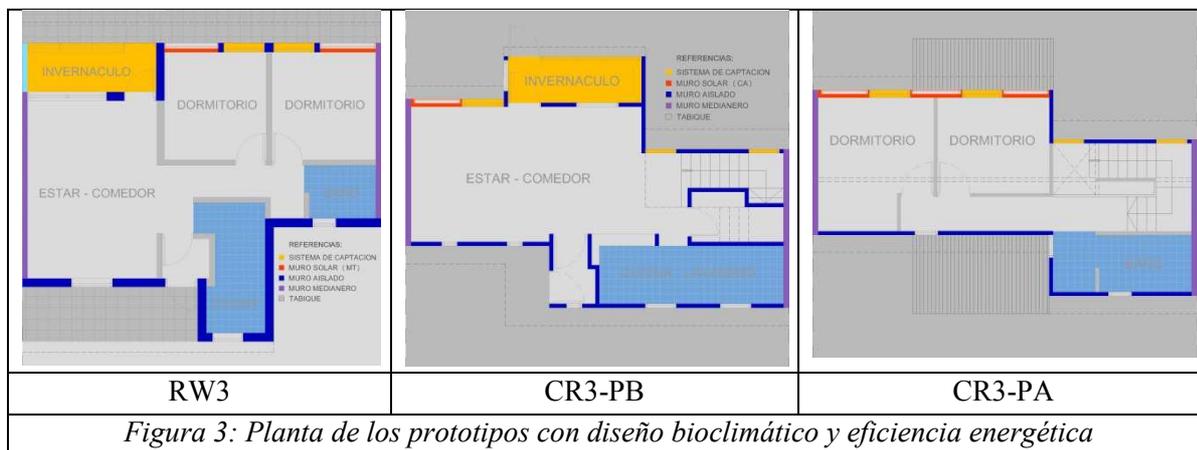
*Figuras 2a y 2b loteos para cada localización*

### Diseño Pasivo de la Envolvente: Prototipo RW 3

Se propone la integración de tres sistemas solares pasivos (SSP), Ganancia Directa (GD) a través de ventanas, combinadas con Muro Acumulador con ventilación (MT) en las fachadas NE y NO y uso de protección solar en estos sistemas para verano. Los aleros necesarios para verano resultarían perjudiciales en invierno en cuanto a ganancias térmicas, por lo que se propuso utilizar cortinas de enrollar tanto en ventanas con GD como en MT. Además, se puede complementar el MT con ventilación exterior. La fachada se complementa con Galería Soleada (GS) delante del estar, que cumple a su vez la función de acceso protegido evitando pérdidas por vientos y transmite calor a través de la ventana del estar hacia el interior de la vivienda, permitiendo su ventilación en época estival. La ventana del estar tiene cortina de enrollar para evitar fugas térmicas. Se propone el uso de sistemas termosifónicos para el calentamiento de agua sanitaria colocándolos delante de la torre del tanque de reserva, sobre el techo con pendiente. Los componentes se ubicaron entre el tanque de reserva y el techo de PB, con la posibilidad de acceder desde el antebañ. Figuras 3 y 4.

### Prototipo CR 3

En esta zona se propone la integración de tres SSP a los prototipos de vivienda: GD, Muro Colector de Aire (MCA) y GS que en la categoría 3 se ubica delante del comedor y delante de la escalera en categoría 4. Este espacio transmite calor a través de aberturas que conducen el aire hacia la PA. Se propone el uso de sistemas termosifónicos para el calentamiento de agua sanitaria, integrándolos a la envolvente delante de la torre del tanque de reserva, sobre el volumen de la escalera, que toma la pendiente necesaria para los captadores. Figuras 3 y 4.



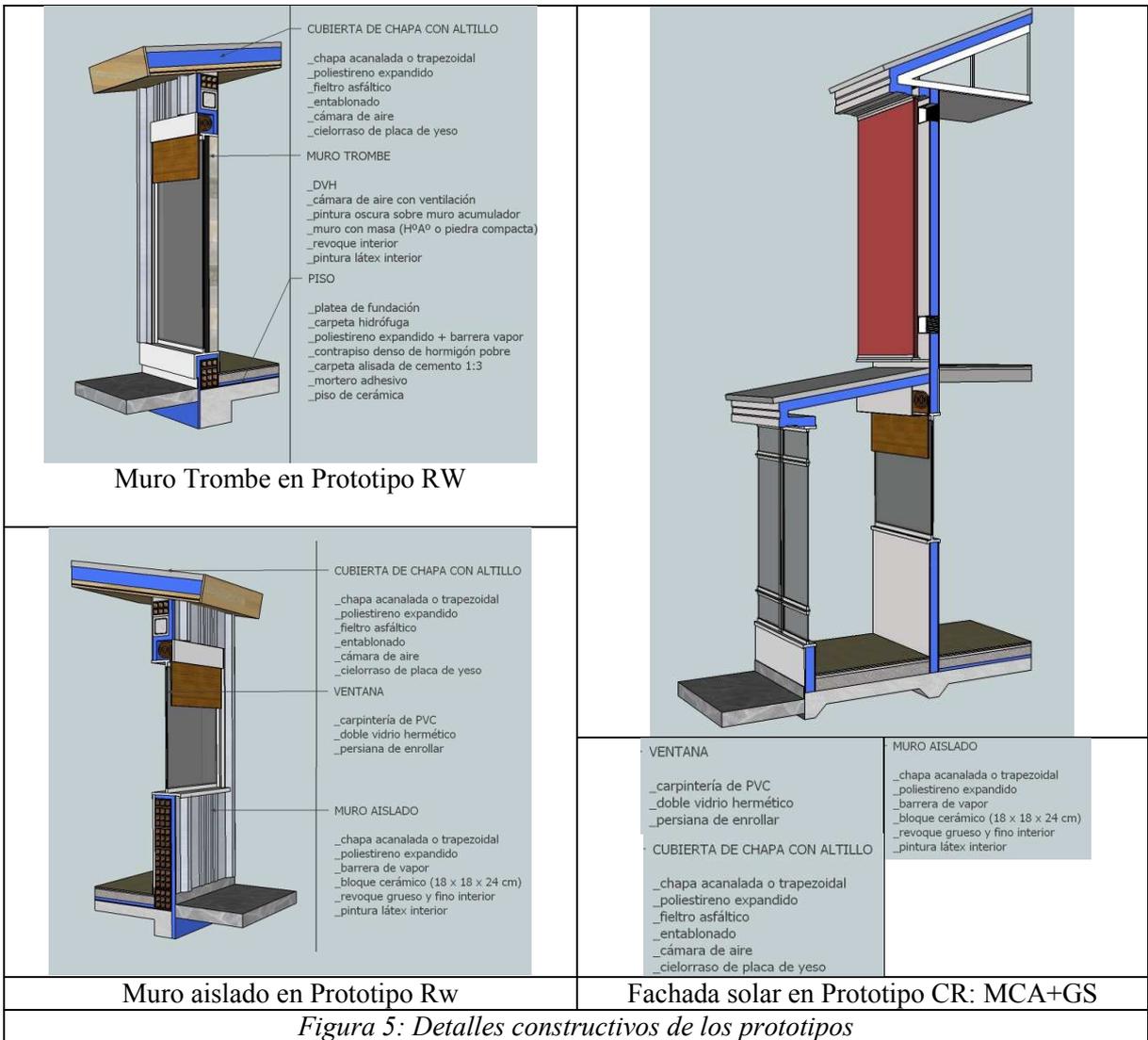
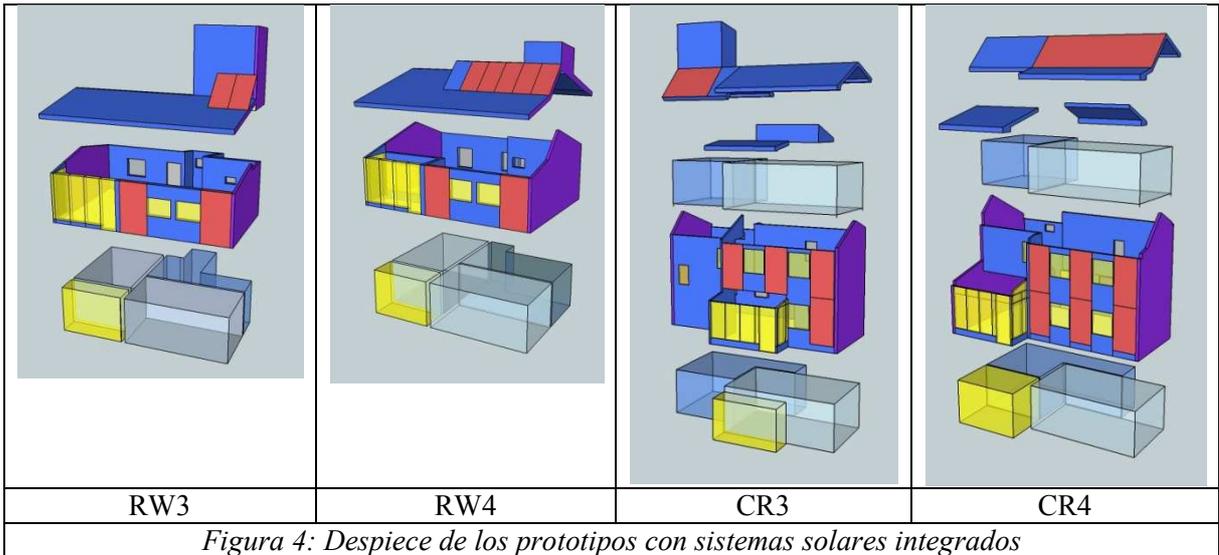
### Integración de Sistemas Solares Activos (SSA):

#### Prototipo RW 4

En esta categoría se mantienen los SSP de la categoría 3 (GD y MT) y se complementan con SSA para calefacción por piso radiante de baja temperatura y una caldera dual (agua caliente y calefacción). Se utilizarán 5 captadores integrados a la cubierta para lograr mayor rango horario de captación y evitar sombras. Figura 4.

#### Prototipo CR 4

En esta categoría la GS es un espacio con mayores dimensiones para posibilitar el cultivo de especies que no crecen a la intemperie. El SSP de la categoría anterior MCA, se suplementó con el uso de ventiladores que aumentan su eficiencia y se complementan con SSA para calefacción por piso radiante de baja temperatura y caldera dual (agua caliente y calefacción). Por la diferencia de superficie de la vivienda y la cantidad de ocupantes potenciales, se utilizarán 6 captadores integrados a la cubierta, para lograr mayor rango horario de captación y evitar sombras. Figura 4.



## RESULTADOS OBTENIDOS

### Verificación de la propuesta constructiva con las normas IRAM.

Para la zona IV se propuso un sistema tradicional: muros exteriores de bloque cerámico con aislación, revestimiento exterior de chapa y revoques interiores tradicionales; cubierta liviana de chapa, estructura de madera, cielorraso suspendido de yeso y aislación integrada; platea de fundación con aislación total y medianera de ladrillo macizo de 30cm de espesor con aislación en cámara. La envolvente se completó con la integración de una fachada solar consistente en la combinación de GD y MT en dormitorios y una GS delante del estar. Figura 5

Para la zona V se propuso un sistema liviano con estructura metálica y alma de material aislante con revestimiento exterior de placa cementicia y placa de yeso en el interior, con cubierta liviana de chapa sobre estructura metálica, cielorraso suspendido de placa de yeso y aislación integrada. En este caso el material aislante es poliuretano que según sea techo o muro se optó por placas o proyectado respectivamente. Se propuso una platea de fundación con aislación total y medianera de ladrillo macizo de 30cm de espesor con aislación en cámara. La envolvente se completa con la integración de una fachada solar consistente en la combinación de GD y MC en la fachada de dormitorios en PA y estar en PB y GS delante de la escalera. Figura 5

La Tabla 2 sintetiza los resultados de las verificaciones realizadas con la Planilla Cal-K sobre el sistema constructivo utilizado en prototipos de RW y CR para las categorías 3 y 4 a fin de cumplir con el Nivel B de la norma y se muestra a modo comparativo los resultados alcanzados al variar los espesores de aislación, para alcanzar el nivel A de la norma. En el mismo, se puede observar que para los prototipos desarrollados en ambas categorías, si bien los cerramientos aún conservan el Nivel B de la norma (ver recuadro naranja), han mejorado su coeficiente K respecto de la categoría 1-2. El cuadro muestra además los valores de K del MT y del MCA que constituyen fachadas solares que no se ajustan a coeficientes de K máximo admisible. Así también se exponen los correspondientes coeficientes de medianeras y pisos utilizados, los cuales no presentan pérdidas por tratarse de cerramientos no expuestos al exterior.

PROTOTIPO	ELEMENTO	11.605 NIVEL B				11.605 NIVEL A				11.625	11.630
		K max	K invierno	K verano	CUMPLE	K max	K invierno	K verano	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
RW-3	CUB CHAPA CIEL/SUSP	0,48 ver	0,258	0,254	CUMPLE	0,19	0,184	0,182	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	MURO AISLADO	0,75 inv	0,386	0,386	CUMPLE	0,28	0,269	0,269	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	MURO MEDIAN-INT 30	-	0,847	0,847	S/PERDIDAS	-	0,847	0,847	S/PERDIDAS		
	MURO TROMBE	-	1,694	1,694	SOLAR	-	1,694	1,694	SOLAR		
	PISO	-	0,49	0,51	S/PERDIDAS	-	0,8	0,848	S/PERDIDAS		
PROTOTIPO	ELEMENTO	11.605 NIVEL B				11.605 NIVEL A				11.625	11.630
		K max	K invierno	K verano	CUMPLE	K max	K invierno	K verano	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
CR-3	CUB CHAPA CIEL/SUSP	0,48 ver	0,299	0,293	CUMPLE	0,19	0,193	0,19	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	MURO AISLADO	0,85 inv	0,339	0,339	CUMPLE	0,32	0,21	0,21	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	MURO MEDIAN-INT	-	0,824	0,824	S/PERDIDAS	-	0,824	0,824	S/PERDIDAS		
	MURO COLECTOR	-	0,26	0,26	SOLAR	-	0,192	0,192	SOLAR		
	PISO	-	0,49	0,51	S/PERDIDAS	-	0,8	0,848	S/PERDIDAS		

Tabla 2: Valores de K para muros y techos en RW y CR

### Cálculo de Pérdidas por envolvente según IRAM 11604: Prototipos RW3 y RW4

En RW1-2, puede concluirse que las mejoras practicadas en la envolvente reducen las pérdidas totales casi en un 35% respecto del original RW-0. La categoría 3 presenta diferente desarrollo en la superficie de PB respecto de la categoría 4, por la presencia o no del lavadero en PB. Los lotes de esquina permiten el desarrollo de una variante dentro del prototipo que implica mínimas variaciones en el coeficiente de pérdidas volumétricas (G) calculado (ver valores en azul en Tabla 3). En la categoría 3, se evaluaron prototipos de esquina que permiten el crecimiento en PB observándose que estos producen una clara disminución de G con respecto al prototipo centro de tira de  $1\text{W}/\text{m}^3\text{K}$  a  $0,96\text{W}/\text{m}^3\text{K}$ . En cambio en la categoría 4, analizando prototipos de igual volumen tanto para centro como para extremo de tira, los resultados obtenidos son similares a pesar de tener un mayor grado de exposición al exterior. Se puede apreciar la evolución y progresiva reducción de pérdidas entre las diferentes categorías, con una reducción total respecto de la vivienda de referencia del 47,05% para las unidades de centro de tira. En los casos de la zona IV, la utilización de un sistema solar que no tiene aislación incorporada, incrementa

las pérdidas en momentos en que el sistema no tiene ganancias y no pueden ser evaluadas con este método. Tabla 3

#### Prototipos CR3 y CR4

Los resultados se reflejan en la Tabla 3 donde puede observarse una disminución total de las pérdidas del 53,44% en el caso de los prototipos de centro de tira. Se puede apreciar además la progresiva reducción de pérdidas entre las diferentes categorías. Se evaluaron también las unidades “extremo de tira” (valores en azul), en los cuales se observa una reducción mayor por tener fachadas expuestas super aisladas.

Prototipo RW				Prototipo CR			
Etapa	Perdidas	% e/categ	% c/esc. 0	Etapa	Perdidas	% e/categ	% c/esc. 0
0	314,76	100	100	0	405,2	100	100
1 y 2	205,42	-34,74	-34,74	1 y 2	272,87	-32,66	-32,66
3	159,37	-22,42	-49,37	3	185,76	-31,92	-54,16
	164,78	-19,79	-47,65		184,23	-32,49	-54,53
4	166,67	4,58	-47,05	4	188,67	1,57	-53,44
	166,06	0,78	-47,24		187,30	1,67	-53,78
Total			-47,05	Total			-53,44
Total			-47,24	Total			-53,78

Tabla 3: Pérdidas por envoltante para RW y CR

#### Cálculo de la Fracción Solar (FS) aportada por SSP

Los SSP considerados cuentan con las siguientes características constructivas:

**GD:** Carpintería de doble vidriado hermético, con protección nocturna.

**MA:** Muro de hormigón de 0,10 a 0,15 m de espesor; doble vidriado hermético a filo exterior del cerramiento; superficie captadora con tratamiento selectivo; con protección nocturna (se consideraron valores ajustados para representar la protección nocturna, tomando como referencia los % que aporta la protección nocturna para un muro de 0,30 con respecto al que no la tiene).

**GS:** Se consideró un sistema semi-encerrado, solo el frente se encuentra expuesto al exterior; el vidriado frontal se encuentra vertical (90°) a filo externo del cerramiento; muros en común con la vivienda aislados; muros laterales en común con otras unidades

**MC:** Colector de aire adosado al muro aislado

#### Prototipo RW3 y RW4

Considerando que en la categoría 3 y 4 los prototipos conservan el sistema constructivo, los cambios de FS de cada SSP responden a la diferencia de volumen construido y al cambio de orientación. Para el prototipo RW se evaluó el aporte de los siguientes SSP: GD, MA y GS. Los cálculos de Cociente Carga Colector (CCC), (Fabris et al, 1985) para determinar la fracción solar conjunta de todos los SSP se realizaron para las orientaciones correspondientes a los prototipos y para el norte, determinando la FS conjunta para analizar las diferencias de eficiencia por cambios de orientación respecto del Norte.

El resultado de la fracción solar total resulta de la aplicación de la siguiente fórmula:

$FS_{total} = (FS_{GD} \text{ (sup GD/sup de todos los sistemas pasivos)}) + (FS_{MA} \text{ (sup MA/sup de todos los sistemas pasivos)}) + (FS_{GS} \text{ (sup GS/sup de todos los sistemas)})$

A continuación se presenta la Tabla 4 con las FS según orientación, categoría y ubicación en la tira de viviendas. En la categoría 4 las FS entre prototipos de centro y de esquina no presentan diferencias.

RW3 Centro FS SEGÚN ORIENTACION			RW3 Esquina FS SEGÚN ORIENTACION			RW4 FS SEGÚN ORIENTACION		
SSP	0°	45° NE-NO	SSP	0°	45° NE-NO	SSP	0°	45° NE-NO
GD	11,3	7	GD	13,3	7	GD	13,07	7,8
GS	21	18	GS	21,3	18,3	GS	22	18,5
MT	22,5	19,5	MT	22,2	19,8	MT	21,2	20,1
TOTAL	19,92	16,69	TOTAL	20,32	16,99	TOTAL	20	17,24

Tabla 4: FS para los distintos SSP en cada prototipo de RW3 y RW4

### Prototipo CR3 – CR4

Para estos prototipos se proponen tres tipos distintos de SSP: GD, GS y MCA. Para los cálculos de CCC se procedió en forma similar a la localidad anterior. La diferencia entre NE y NO es para una orientación de fachada del mismo prototipo, ya que cuando el prototipo este espejado y con la misma orientación se deberán tomar los valores de la orientación espejada respecto del N a fin de contemplar las diferencias por sombras arrojadas. A continuación se presentan tablas comparativas de resultados de FS aportada por los SSP según categoría, orientación y posición en la tira de viviendas. Tabla 5 Adicionalmente es necesario considerar el aporte de los MCA que por no estar contemplados en el mismo método de cálculo se presentan por separado.

#### CR3 Centro (%)

SSP	0°	16° NE	16° NO	30° NE	30° NO	43° NE	43° NO
GD	20,2	17,3	18,7	15	16,5	12,8	13,2
GS	18,5	18,3	18,1	18,1	17,2	17,2	15,8
TOTAL	19,21	17,9	18,38	16,9	16,89	15,57	14,7

#### CR4 Centro (%)

SSP	0°	16° NE	16° NO	30° NE	30° NO	43° NE	43° NO
GD	18,4	17,3	18	15,3	16,5	13,3	14,5
GS	18,3	18,5	18	18,2	17,3	17,5	16,3
TOTAL	18,35	18	18	17,07	16,94	15,94	15,52

Tabla 5: FS de los distintos SSP para CR3 y CR4

### MCA aplicado como SSP en CR3

En CR3 se consideró un sistema termosifónico para simplificar su operatividad. Cuenta con 10,13 m<sup>2</sup> dispuestos en la fachada en posición vertical, divididos en tres grupos y ubicados en los laterales de las ventanas. Para la verificación se utilizó el método F-Chart y se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación. En la CR4 se consideró un SSA con 15,53 m<sup>2</sup> de superficie. Se analizan las unidades centro presentando variaciones notables entre las desviaciones E y O debido a las sombras arrojadas por los volúmenes del invernadero. Tabla 6

#### CR3 Centro (%)

SSP	0°	16° NE	16° NO	30° NE	30° NO	43° NE	43° NO
MCA	19,72	19,43	19,43	19,07	19,07	14,9	14,9

#### CR4 Centro (%)

SSP	0°	16° NE	16° NO	30° NE	30° NO	43° NE	43° NO
MCA	27,05	25,74	24,33	23,34	20,6	19,55	15,59

Tabla 6: FS para los MCA en CR3 y CR4

### Cálculo de sistemas solares para calentamiento de agua y calefacción

En ambas localidades se consideró un sistema solar activo para agua caliente y calefacción por piso radiante de baja temperatura, complementado con una caldera dual. El sistema está compuesto por 5 y 6 captadores de 2 m<sup>2</sup> cada uno para RW y CR respectivamente, y un tanque de acumulación combinado (agua caliente y calefacción) de 600 litros. Este sistema le da prioridad al calentamiento del agua de uso sanitario y la energía restante la aporta al sistema de calefacción. En ambos casos se consideró un captador solar con las siguientes características: Plano, Ko= 0,738; Kp= -4, área de apertura. En ambos casos la FS aportada por los SSA para calefacción debe ponderarse en conjunto con los aportes de los SSP. Los SSA tienen las siguientes características:

#### RW4

Agua caliente sanitaria: Volumen para cuatro usuarios, 200 litros; Temp. de uso, 44 °C.

Calefacción: Se considera un volumen a calefaccionar de 177,22 m<sup>3</sup>; el "G" es 0,94 W/m<sup>3</sup>K; la temperatura de mando del piso radiante es de 40 °C; área de captación de 9,1 m<sup>2</sup> (apertura).

Los cálculos se realizaron con los captadores orientados al noroeste 45°, e inclinados a 45° con respecto a la horizontal. El rendimiento de este sistema solar fue evaluado mediante el método F-Chart, no presentando diferencias entre unidades de centro y extremo de tira. Tabla 7

SSA	0°	45° NE-NO
Agua cal.	95,61	93,5
Calefacc.	43,86	36,18

Tabla 7: FS de los SSA para agua caliente y calefacción en RW4

#### CR 4

**Agua caliente sanitaria:** Volumen para seis usuarios – 300 litros; Temp. de uso – 44 °C

**Calefacción:** Se considera un volumen a calefaccionar de 222,14 m<sup>3</sup>; el “G” es 0,85 W/m<sup>3</sup>K; la temperatura de mando del piso radiante es de 40 °C; área de captación de 10,92 m<sup>2</sup> (apertura)

Los cálculos se realizaron los con captadores inclinados a 45° y en las orientaciones presentadas además de la orientación N para ambos prototipos. Tabla 8

	SSA	0°	16° NE-NO	30° NE-NO	43° NE-NO
Centro	Agua Cal.	85,79	85,51	82,15	82,15
	Calefacc.	28,47	28,08	27,13	25,84
Extremo	Agua Cal.	85,79	85,51	82,15	82,15
	Calefacc.	28,99	28,59	27,63	26,31

Tabla 8: FS de los SSA para agua caliente y calefacción en CR4

## CONCLUSIONES FINALES

La experiencia realizada permite demostrar que las orientaciones intermedias, condicionada por el loteo existente, no ofrece la situación óptima de ganancia solar aunque las tipologías diseñadas con criterios bioclimáticos para las categorías 3 y 4 permitieron el aprovechamiento de la energía solar disponible con unidades de desempeño similar en todas las orientaciones y logrando ganancia solar por dos frentes en las esquinas. Estas decisiones optimizaron el funcionamiento de los SSP en las fachadas, así como de los sistemas de colectores solares planos.

A pesar de que el proyecto solo exigía superar el Nivel B de la Norma IRAM 11605 para las categorías 3 y 4, las verificaciones realizadas demuestran que alcanzar el Nivel A contribuiría a optimizar las condiciones de aislación de la envolvente, mejorando considerablemente el desempeño energético de la vivienda y el rendimiento de los SS integrados a la misma.

Las tablas de cálculo de FS para CR demuestran que en estas latitudes entre los 30° y los 43° de desviación del N se produce una disminución considerable de la misma, por lo que la definición de los loteos y las tipologías edilicias para viviendas con integración de SSP y SSA debe contemplar estos aspectos para asegurar eficiencia en este tipo de desarrollos.

La aplicación de SSP y SSA en vivienda social constituye una importante herramienta para climatizar y proporcionar los niveles mínimos de confort en el hábitat construido destinado a la vivienda social, pero su desempeño final estará condicionado a la correcta participación del usuario en la operación del edificio, por lo que se considera fundamental la construcción y evaluación pos-ocupación de los prototipos diseñados.

El trabajo permite demostrar asimismo, que para lograr mejores desempeños de las unidades habitacionales en conjuntos de gran escala destinados a regiones de altas latitudes, es fundamental que la planificación urbana contemple las exigencias de acceso al sol definiendo macizos y loteos que permitan el diseño pasivo de las viviendas para optimizar la eficiencia de los sistemas y minimizar el consumo de energía y los costos de acondicionamiento en la etapa de uso de las unidades.

## AGRADECIMENTOS

Se agradece la colaboración de Ariel Español en el desarrollo de la parte gráfica de este documento y por su participación como integrante del equipo de trabajo para el asesoramiento realizado al IPV de Chubut en el Proyecto GEF.

## REFERENCIAS

- A. M. Compagnoni y C. A. Delbene (2009) “Análisis bioclimático, estudio de la envolvente y evaluación energética como parámetros de calificación en viviendas de interés social”. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente Pag. 08.05- 08.12, INENCO, Salta.
- A. M. Compagnoni y J. M. Evans (2005) “Evaluación de calidad de construcción y eficiencia energética en vivienda de interés social” Art. N° AB19 Pag. 67 en Memorias del IV Congreso Latinoamericano sobre Confort y Eficiencia Energética de las Edificaciones COTEDI, México, mayo de 2005
- IRAM, Norma IRAM 11.601, Acondicionamiento térmico de edificios, Inst. Argentino de Normalización, Buenos Aires, 2005.
- IRAM, Norma IRAM 11.603, Acondicionamiento térmico de edificios: Clasificación Bioambiental de la República Argentina, Inst. Argentino de Normalización, Buenos Aires, 2012.
- IRAM, Norma IRAM 11.604, Acondicionamiento térmico de edificios: transmitancia térmica máxima admisible, Inst. Argentino de Normalización, Buenos Aires, 2008.
- Fabris, A. y Yarque E. Cociente Carga Colector, IASBA, Buenos Aires; 1985.
- Fernández Salgado, J. M. Guía completa de la energía solar térmica. A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid, 2007.
- Pauser F.A., Remmers K. H y Schnauss M. Sistemas solares térmicos. Berlin: Solarpraxis / Sevilla: Progenia; 2005.
- Quadri N., Manual de aire acondicionado y calefacción. 4ta ed. Editorial Alsina; Buenos Aires, 2007.
- J. M. Evans y A. M. Compagnoni (2002), Características térmicas de Elementos constructivos: Planillas de evaluación. Comunicación en Revista de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente, Vol 6 Pag 05.05-05.06 AVERMA, Inenco, Salta 2002

## ABSTRACT:

This paper presents results of an advice to the Provincial Housing Institute of Chubut to develop residential prototypes for energy saving and efficiency. We worked on the basis of typical residential units of local housing plans for two bioclimatic zones. The building envelope was adjusted to the IRAM Norms and new prototypes with bioclimatic criteria and integrated solar systems were developed to analyze its thermal-energy performance in successive constructive and morphological changes in each category. It was verified the importance of the orientations and microclimate conditions in the design of urbanizations and subdivisions, to optimize the performance of solar thermal systems and unit performance. These studies and the possibility to build reference prototypes, provided in the Project, will allow to check post occupancy performance of the units and whether it corresponds with the results obtained, making possible to assess user behavior in a passive house.

**Keywords:** energy efficiency; bioclimatic design; solar systems; passive house