

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA VIVIENDAS DE ÍNDOLE SOCIAL EN LA CIUDAD DE COMODORO RIVADAVIA, CHUBUT, ARGENTINA.

M. Victoria Mercado; Alfredo Esteves*, Celina Filippín*¹.

Secretaria de Ciencia y Postgrado

Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco

C.C. 131. C.P.5500, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina

Tel. (0297) 154578431, Fax. (0261) 4287370

E-mail: mvmercado@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: La ciudad de Comodoro Rivadavia se ubica en una zona de clima seco semiárido frío. El conglomerado se sitúa en una zona de características costera árida, con una fuerte amplitud térmica cercana a los 25°. El objetivo de este trabajo consiste en la elaboración de una grilla de estrategias bioclimáticas que se puedan utilizar sobre los hogares para mejorar las condiciones termo-energéticas de las viviendas. Se toma una vivienda tipo de interés social, construida por el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano. Se analiza la tecnología constructiva y se evalúa su situación termo-energética existente. Posteriormente de acuerdo a las estrategias que se consideran adecuadas para la zona se ensayan diferentes tipos de mejoras, obteniendo como resultado final el 65% de ahorro en el consumo de energía auxiliar para lograr condiciones de confort en el edificio.

Palabras Claves: Arquitectura Sustentable- Estrategias Bioclimáticas-Vivienda social-Comodoro Rivadavia

INTRODUCCIÓN

Lugar

La ciudad de Comodoro Rivadavia se sitúa sobre la cabecera subregional de la patagonia sur de la República Argentina, en el centro del golfo de San Jorge. Sus coordenadas geográficas son latitud: 45,57°S y longitud 67,3°O; altitud: 46 msnm. La topografía se caracteriza por mesetas, con clima árido (las precipitaciones anuales suman 288 mm).

La ciudad está compuesta por sistemas urbanos (o subsistemas), contenidos por mesetas. La misma se articula sobre la Ruta Nacional N° 3, que constituye a la vez el eje vertebral del sistema urbano, afectando la trama urbana tradicional, por tratarse además, de un eje conector nacional entre Buenos Aires y Río Gallegos, una vía interna que vincula los subsistemas urbanos del conglomerado de la ciudad de Comodoro Rivadavia.

La población es de 135.632 habitantes según el censo 2001 (INDEC). Sobre el centro de la misma se asienta el sector mayoritario. Sin embargo a tres kilómetros de la ciudad se encuentra un subsistema urbano que alberga el 7% de la población, denominado “Km3”, en virtud de la distancia al nodo de la ciudad. “Situado a la vera de una meseta destaca las construcciones en planta, algunas sobre tierras ganadas al mar, y un puerto que aspira a convertirse en punto estratégico para el tránsito de mercancías entre mercados”.



Figura 1. Zonas urbanas de Comodoro Rivadavia (fuente: <http://www.elchenque.com.ar>)

* Investigador Independiente CCT Mendoza CONICET

¹ Investigador Independiente CONICET

En la figura 1 se puede observar la dispersión de los subsistemas urbanos que conforman la ciudad de Comodoro Rivadavia. Sin embargo, la demanda de espacio vital ha modificado el paisaje del cañadón, absorbiendo los núcleos nortes (Barrios general Saavedra, Km. 3 y Km. 4, denominados estos últimos como Zona Norte) que han sido unificados en la expansión como parte del gran nodo.

La ocupación del espacio urbano se da *per se* como una simple ocupación del espacio, con falencias edilicias y problemas de equipamiento. “Con la ausencia de una planificación integral, los núcleos urbanos restringen su calidad y también lo hace el campo sobre el cual crece la urbe, alentando un futuro complicado con aumento en los problemas de higiene y estética, que los ciudadanos terminarán enfrentando como problemas ambientales crónicos difíciles de resolver”[1]. Por otro lado la zona norte (principalmente Km. 3) se impone con una imagen propia que se caracteriza en construcciones tipo chalet, *paisaje económico de fin de siglo* debido a la influencia que impuso las construcciones de Y.P.F. sobre el sector, constituyendo en sus principios la “base” de la administración central de la empresa (principios del siglo XX).



Figura 2. Sector urbano Comodoro Rivadavia (fuente: Google Earth)

El Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano (IPVYDU), manifiesta un déficit habitacional de 8000 viviendas nuevas en la ciudad de Comodoro Rivadavia [2]. El objetivo principal de este trabajo consiste en la elaboración de una grilla de estrategias bioclimáticas que se puedan utilizar sobre los hogares para mejorar las condiciones termo-energéticas de las viviendas. Esta tarea se realiza a partir de la evaluación de los sistemas constructivos y prototipos utilizados por el instituto.

Clima

La ciudad de Comodoro Rivadavia se ubica en una zona de clima seco semiárido frío. El conglomerado se sitúa en una zona de características costera árida, con una fuerte amplitud térmica cercana a los 25°. En la figura 3 se pueden observar las temperaturas máxima absoluta TMAA, temperaturas máxima media TMAM, temperatura media TMM, temperatura mínima absoluta TMIA y la temperatura mínima media TMIM. Es posible advertir que la temperatura media refuerza la clasificación climática presentada anteriormente, no sobrepasando en ningún mes los 20°C. Las temperaturas de verano se contrarrestan con la presencia de vientos procedentes desde la zona montañosa oeste, en su mayoría frescos. La humedad relativa presenta un promedio anual de 47,2%, ubicándose su máximo sobre la estación de invierno.

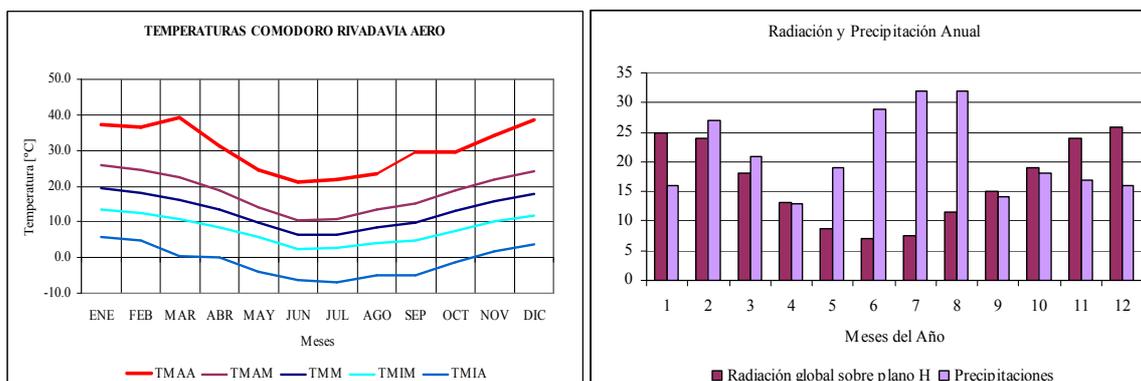


Figura 3: Temperaturas, Radiación y Precipitaciones de Comodoro Rivadavia, registros del centro meteorológico aeropuerto n°270.

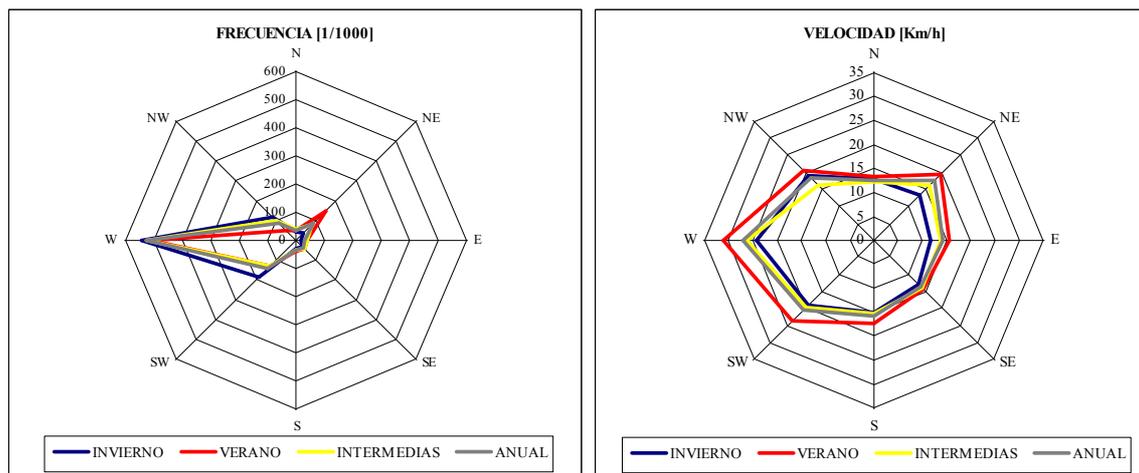


Figura 4: Rosas de los vientos: frecuencia y velocidad del Viento según los puntos cardinales.

Una característica fundamental del clima de la zona son los fuertes vientos, particularidad que le otorga a la ciudad el título de *capital del viento*. En la Figura 4 se puede observar la frecuencia y velocidad de los vientos, para la estación de invierno (mayo, junio, julio y agosto), verano (enero, febrero, noviembre y diciembre) e intermedias (marzo, abril, septiembre y octubre). La frecuencia es mayoritariamente del oeste con velocidades de 25 Km/h para el invierno que se combinan con temperaturas medias de 3C, lo que implica una presión climática importante, sobretodo por la infiltración que la misma genera en el edificio.

Se aprecia que la frecuencia de los vientos en la ciudad es mayor desde el oeste (W), para todas las estaciones, presentando a su vez la mayor velocidad registrada hacia el mismo punto cardinal. Además se evidencia la importancia de los vientos en la ciudad presentando tan solo 2,5% de calmas anuales. Por otro lado, los meses más ventosos son septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero; considerados por la población como *meses de viento*.

La radiación solar presenta una heliofania relativa de 58,6% anual, con irradiancia solar global diaria de 6,5 Kwh./m² en el mes de enero y de 1 Kwh./m² en el mes de junio. (Grossi Gallegos y Righini, 2007).

METODOLOGÍA

Se toma una vivienda social tipo, construidas por el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano IPVYDU, delegación Comodoro Rivadavia. Se analiza la tecnología constructiva y se evalúa su situación térmica existente sin mejoras, utilizando el programa de balance térmico para edificios bioclimáticos. El programa hace uso del método de la Relación Carga Térmica/Colector - RCC Balcomb et al., 1982) y lo combina con otro método (Quadri 1993) para el cálculo de la potencia de calefacción. (Esteves y Gelardi, 2003).

La evaluación consistió en calcular la cantidad de energía que es necesario incorporar en la estación fría (invierno) y en la estación cálida (verano), de acuerdo al tipo de construcción utilizada. El mismo programa permite considerar las estrategias bioclimáticas posibles de utilizar de acuerdo al clima de la región en función de su rendimiento energético y solar. De este modo, se pueden conocer los resultados de tales incorporaciones, obteniendo las figuras características: nivel de pérdidas del edificio, fracción de ahorro solar, energía necesaria anual, potencia de calefacción, etc. Tomando en cuenta estas figuras se obtiene el impacto del beneficio energético en cuanto a ahorro.

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA COSNTRUCCION UTILIZADA PARA VIVIENDA SOCIAL.

Sistema Constructivo utilizado

El sistema constructivo utilizado para la vivienda social es tradicional húmedo. Este consiste en paramentos verticales de ladrillo cerámico hueco de 0.18 x 0.18 x 0.36m con revoque por ambos lados (interior – exterior). Para techo se ha utilizado cubiertas livianas compuesta de machimbre de madera en el interior y chapa por el exterior, con barrera de vapor y aislación térmica de poliestireno expandido de 0.025m de espesor. Las fundaciones en general se resuelven por plateas debido a las condiciones del terreno de la zona.

Balance Energético.

Utilizando el balance térmico, surge la primera evaluación de la vivienda para conocer su comportamiento, tal como se la construye en la ciudad. Se observa que el coeficiente neto de pérdidas es elevado, ascendiendo a 454.6W/°C, lo que llevaría al usuario a costear un consumo anual de 26542.8 Kwh. anuales. En consecuencia a la falta de aislación térmica, el consumo energético se hace permanente requiriendo una potencia de calefacción de 8598 Kcal./h. Tomando en cuenta que un prototipo se repite para todas las orientaciones, es posible entender que no se aprovechan los recursos naturales por medio de estrategias bioclimáticas. Esto se ve reflejado en la Fracción de Ahorro Solar baja que resulta del balance térmico, de un valor de 1.9%. Tabla 1.

La disgregación del coeficiente neto de pérdidas en muros, techos, ventanas e infiltraciones permite advertir donde se presentan las mayores pérdidas de energía y de esta forma activar las herramientas necesarias (estrategias bioclimáticas y de conservación de energía) correctas para el mejoramiento energético de la vivienda.

Item	Vivienda Tradicional
CNP Total [W/°C]	454.6
CNP muros [%]	31.1
CNP techos [%]	15.2
CNP ventanas [%]	1.2
CNP Infiltraciones [%]	43.8
FAS [%]	1.9
Consumo Auxiliar Anual [Kwh/año]	26542.8
Potencia de calefacción necesaria[Kcal /h]	8598

Tabla 1: Datos resultantes de balance energético de una **vivienda social tradicional**.

PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

“El objetivo de un proyecto energéticamente consciente es el de lograr las condiciones necesarias para conseguir un confort térmico y bioclimático utilizando un mínimo de equipamiento técnico que consuma energía fósil no renovable”. (Goulding et al, 1994).

Los sistemas que se pueden aplicar a las características climáticas y ambientales de Comodoro Rivadavia son variadas, complementándose entre si para lograr un edificio bioclimático y energéticamente eficiente.

Control del viento: El movimiento del aire está relacionado con la sensación térmica y por ello puede ser un factor positivo en el caso de climas cálido-húmedo o negativo en los fríos. El viento sobre los edificios impacta de diferentes maneras alterando el bienestar en el interior de los mismos por diferentes razones:

- 1- Interviene en el microclima del exterior inmediato del edificio
- 2- Actúa en los cerramientos del edificio, incrementando las pérdidas de calor hacia el exterior, penetra por las aberturas y rendijas influenciando el movimiento y renovación de aire interior. Esto se puede solucionar con la incorporación de burletes en las aberturas (ventanas y puertas). También repercute sobre la sensación de confort de los habitantes.

A partir del balance energético obtenido anteriormente (tabla 1) es posible advertir que el mayor porcentaje de pérdidas se produce por un alto valor de infiltraciones. Esto es posible disminuir significativamente con la colocación de burletes. En la tabla 2 se presentan los nuevos valores obtenidos a partir de esta incorporación en el modelo. Se puede observar que el coeficiente neto de pérdidas total desciende un 25.2% en relación a la vivienda tradicional, el consumo total anual baja un 25.5% al igual que la potencia de calefacción necesaria. Si se detiene en este punto es importante recalcar que con una inversión tan solo de 150\$ aproximadamente es posible bajar el consumo anual de energías fósiles en un 25%.

Debido a que el costo energético del usuario no es un problema actualmente en las ciudades del sur debido a los altos subsidios sobre el costo real, si se puede enfatizar las condiciones de confort, debido a constantes e incómodas corrientes de aire dentro de la vivienda que se disminuyen con la incorporación de estos burletes.

Item	Vivienda Mejorada1 = (burletes en puertas y ventanas)
CNP Total [W/°C]	340.9
CNP muros [%]	41.4
CNP techos [%]	20.2
CNP ventanas [%]	1.6
CNP Infiltraciones [%]	25
FAS [%]	2.4
Consumo Auxiliar Anual [Kwh/año]	19773.8
Potencia de calefacción necesaria[Kcal /h]	6497

Tabla 2: Datos resultantes de balance energético caso: **vivienda tradicional mejorada1** disminución de infiltraciones

A partir del conocimiento de la orientación origen de los vientos (figura 4), es posible actuar sobre el diseño arquitectónico para lograr proteger al edificio de vientos fríos e impedir la generación de corrientes indeseables dentro de los locales. Dentro de las acciones posibles de articular sobre un diseño arquitectónico son las *barreras*, ya sean elementos naturales, contruidos o vegetales. La intensidad del viento se verá afectada con cualquier elemento que interpongamos en su camino, esta queda reducida a la mitad, hasta una distancia de diez a quince veces la altura de la barrera. (Serra, 1999). En la ciudad de Comodoro Rivadavia procurar estas barreras constituye una acción sencilla, debido a que existe una orientación predominante de dirección del viento para todo el año, el oeste. Sin embargo, se debe tener en cuenta, cuando sea posible, ensayar las propuestas en túnel de vientos que permitan observar exactamente qué caminos tomará el viento una vez que encuentra una barrera, debido a que su velocidad es muy elevada a menudo y tener seguridad de lo que se proyecta, produzca el resultado que buscamos. (La Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ingeniería, posee un túnel de viento experimental)

Ganancia directa, Invernaderos: una posibilidad de calefacción solar pasiva es la ganancia directa por medio de la correcta orientación y dimensión de las aberturas. Grandes superficies de vidriado en contacto con los espacios habitables (muy utilizados en la zona), no son convenientes por el fuerte viento y las fuertes infiltraciones que se generarían, por lo tanto una buena opción sería utilizar sistemas indirectos: muros acumuladores, que estén sellados hacia el ambiente interior con vidrio fijo u operable hacia el exterior con burletes para poder limpiarlo.

Un sistema muy utilizado en los climas fríos del hemisferio norte (Alemania, Países Bajos) es el invernadero, en este caso por las condiciones térmicas mencionadas con anterioridad puede ser un espacio habitable de la vivienda o, simplemente, un espacio anexo que provea de calor que caliente masa térmica directa o remota. Para poder utilizar esta estrategia bioclimática es necesaria la existencia de masa térmica, con edificios de envolventes livianas no es posible. (Figura 5)

Masa Térmica, Muros acumuladores: Por medio de una pared de almacenamiento térmico, la temperatura en el ambiente puede mantenerse confortable a través de gran parte del invierno sin ninguna fuente de calefacción adicional. El dimensionamiento correcto de un muro acumulador puede depender del clima, latitud y necesidades de calefacción del ambiente (Mazria, 1983).

Item	Vivienda Mejorada2 = Mejorada 1 + (muro acumulador 1.2m ² y invernadero de 6m ²)
CNP Total [W/°C]	340.9
CNP muros [%]	41.4
CNP techos [%]	20.2
CNP ventanas [%]	1.6
CNP Infiltraciones [%]	25
FAS [%]	11.8
Consumo Auxiliar Anual [Kwh/año]	17866.5
Potencia de calefacción necesaria[Kcal /h]	6497

Tabla 3: Datos resultantes de balance energético caso: **vivienda tradicional mejorada2**, disminución de infiltraciones + invernadero y muro acumulador

En la tabla 3, se presentan los valores obtenidos a partir de la incorporación de 6.00m² de invernadero y la transformación de un sector de muro norte en muro acumulador. Se puede observar que el factor de ahorro solar se eleva seis veces más que el valor que se presenta en el balance de la vivienda tradicional. El coeficiente neto de

pérdidas del caso vivienda mejorada 2, se mantiene en el mismo valor que en el caso de vivienda mejorada 1; sin embargo se distingue que el consumo auxiliar anual desciende un 32.7% del caso vivienda tradicional. Esto indica que con la incorporación de estrategias bioclimáticas es evidentemente posible disminuir significativamente el consumo de fuentes energéticas fósiles.

El espacio de invernadero, proporciona a la vez una estrategia bioclimática de acondicionamiento y un espacio agradable de estadía para los días templados y cálidos cuando los vientos del lugar no permiten actividades en el exterior, siendo este el valor agregado a destacar en la ciudad de comodoro actualmente. (Figura 5) Este se ensayó en el balance con aventanamiento vertical y techo de vidrio.



Figura 5: Invernaderos

La transformación de un muro común en muro acumulador es sencilla y puede ser de bajo costo, figura 6. (Mercado y Esteves 2006)



Figura 6: Muro Acumulador

Conservación de energía: Realizando conservación de energía se logra: minimizar durante el invierno, las pérdidas de calor, desde el interior hacia el exterior del edificio a través de los elementos que conforman la envolvente, techos, muros, ventanas. Con la utilización de aislación térmica en el elemento opaco (muros y techos) se obtiene una reducción de la conductancia y consecuentemente una reducción en el intercambio global de energía del elemento, por lo tanto se conserva la energía utilizada para calefacción.

El cuarto nivel recomendado para la norma IRAM 11605 marca un nivel intermedio entre los niveles A y B de la misma en relación a: el nivel A establece que para alcanzar los niveles de conductividad se debe utilizar en la ciudad de Mendoza (una ciudad de estudio para el trabajo) un espesor de poliestireno expandido de 0.09m. Para el nivel B este espesor se traduce en 0.02m. Analizando en un caso de estudio las consecuencias en el coeficiente neto de pérdidas se observa que para el nivel B la incidencia de ahorro es mínima y que el nivel de ahorro en las pérdidas para el nivel A se encuentra en una meseta que dibuja la curva pérdidas-aislación térmica. De este análisis extenso que se presenta en el trabajo Mercado y Esteves, 2004 se propone un cuarto nivel para la norma.

A partir de este trabajo y el cuarto nivel propuesto, se calcula la aislación necesaria, térmica-técnica y económicamente eficiente para la ciudad de Comodoro Rivadavia con 2105°C día para calefacción, se lograría con el uso de 0,075 m de espesor de poliestireno expandido sobre muros. Para los techos se aconseja aumentar el 50% del espesor utilizado en muros, por lo tanto, debería ser 0.15 m de espesor. Figura 7.

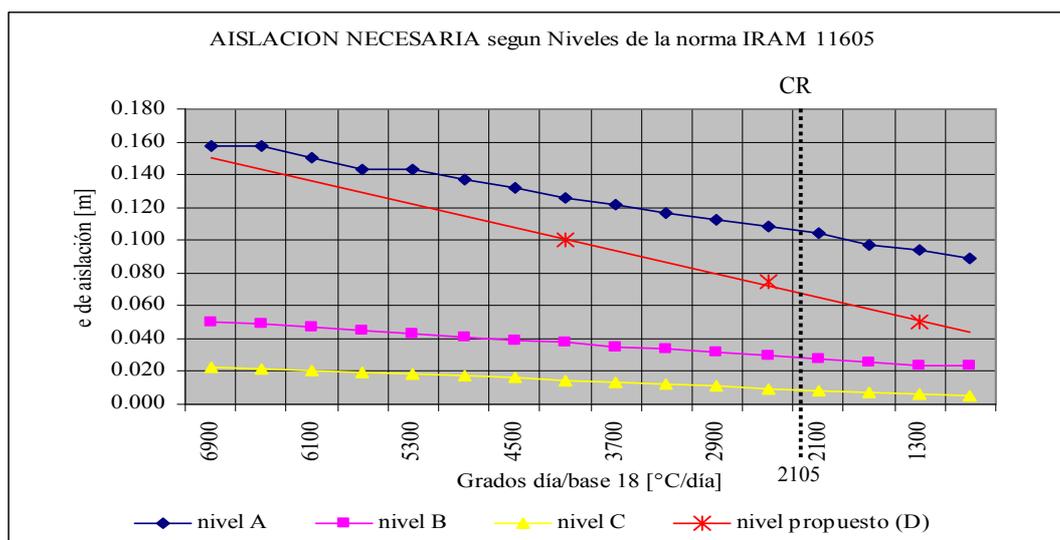


Figura 7: Espesores de aislamiento (poliestireno expandido) en relación a grados días de calefacción de base 18°C. Para la ciudad de Comodoro Rivadavia = 2105°C. Temperatura min de diseño=-3.5°C.

Item	Vivienda Mejorada3 = Mejorada 2 + (aislación térmica en muros y techos)
CNP Total [W/°C]	190.3
CNP muros [%]	18.1
CNP techos [%]	13.2
CNP ventanas [%]	2.8
CNP Infiltraciones [%]	44.8
FAS [%]	17.8
Consumo Auxiliar Anual [Kwh/año]	9293.81
Potencia de calefacción necesaria[Kcal /h]	3714

Tabla 4: Datos resultantes de balance energético caso: **vivienda tradicional mejorada3**, disminución de infiltraciones + invernadero y muro acumulador + aislación térmica en muros (0.075m) y techos (0.15m).

Por último se presenta el caso de la vivienda mejorada3, la cuál encierra todo el conjunto de mejoras considerado como adecuado para la ciudad de Comodoro Rivadavia. La última estrategia considerada dentro del estudio es la contemplación de la aislación térmica en los paramentos verticales y horizontales. De esto resulta un CNP de 190.3 W/°C frente a 454 W/°C que presenta la vivienda tal como se la construye actualmente, es decir una disminución en las pérdidas de la energía utilizada del 58.1%. Así mismo el consumo auxiliar decrece de forma radical cediendo un 64.99% en el período anual.

Iluminación Natural: El empleo de la iluminación natural representa un ahorro energético y su ingreso dentro del edificio ejerce un importante aporte sobre la calidad ambiental del espacio. La orientación de las aberturas que permitan el acceso de iluminación natural debe ser rigurosamente cuidada para que no se produzcan efectos no deseados como el deslumbramiento o la ganancia de calor. Las aberturas hacia el norte permitirán el ingreso de radiación directa en invierno. Las aberturas hacia el sur ofrecen iluminación todo el año, a estas últimas hay que darle especial atención para que no producir pérdidas térmicas. Por último las aberturas al este y oeste permiten una exposición a la luz solar de sólo medio día y producen altas ganancias de calor en verano.

CONCLUSIONES

La edificación energéticamente eficiente o bioclimática pretende sentar las bases para construir edificios de manera que, con un consumo mínimo de energía renovable y/o convencional, mantengan constantemente las condiciones de confort requeridas, utilizando sistemas y técnicas ya conocidas y practicadas en otras partes del país y que pueden adaptarse a las construcciones existentes en esta parte de la Patagonia Argentina, con el beneficio ya mencionado del ahorro energético. En el caso que nos ocupa, en cada vivienda se podría lograr un ahorro de 65% Y si la consideramos dentro de un barrio de 100 viviendas, el ahorro anual representa 1724819 Kwh./año.

Es importante destacar que este tipo de construcción, no se practica actualmente en esta ciudad y sería importante impartir desde la Universidad este conocimiento, a través de cursos de postgrado primero y de educación universitaria

y terciaria técnica en etapas subsiguientes. En este sentido, el dictado de la Maestría en Energías Renovables Itinerante de la Universidad Nacional de Salta, que se dicta desde 2007 a la fecha entre otros son esfuerzos que no deben dejar de insistirse en su realización.

Todo esto indudablemente va a conllevar una mejor calidad de vida de la población que se ha beneficiado de la presencia del petróleo pero que inexorablemente va camino de agotamiento en el mediano plazo y en este sentido sería muy interesante ir paulatinamente diseñando edificios menos consumidores de energía y más ahorrativos manteniendo un nivel de confort interior igual o mejorado respecto del que existe hoy en las construcciones actuales.

Abstract: Comodoro Rivadavia is located in an area of semi-dry climate cold, with strong temperature variations: 25°C. The objective of this work is develop a grid of bioclimatic strategies that can be used on homes to improve thermal-energy houses. It takes a kind of social housing. Constructive technology analyzes and assesses their situation existing thermal energy. Subsequently, according to the strategies that are deemed appropriate for the zone are being tested different types of improvements, resulted in the final 65% savings in energy consumption and assistant to achieve conditions of comfort in the building.

Keywords: Sustainable architecture; Bioclimatic strategies; Social housing; Comodoro Rivadavia.

BIBLIOGRAFIA

[1] <http://www.elchenque.com.ar/>

[2] <http://diariocronica.com.ar> (12-02-2008)

Grossi Gallegos H. y Righini R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. SECYT y Universidad Nacional de Lujan.

A. Esteves, D. Gelardi. (2003). Docencia en arquitectura sustentable: programa de optimización de Proyectos de arquitectura basado en el balance térmico. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 7; pp10.31-10.34.

A. Esteves, D. Gelardi, C. Ganem, M.V. Mercado. (2005). Eficiencia económica de la masa térmica en el acondicionamiento térmico de climas templados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9.

J. Goulding, O.Lewis, T. Steemers. (1994). Energy in Architecture. The European Solar Handbook. Comisión of the European Communities.

Lavigne P. (2003). Arquitectura Climática. Una construcción al Desarrollo Sustentable. Tomo 1. Ed. Universidad de Talca. Chile.

Mazria E. (1983). El libro de la Energía solar Pasiva, pp. 156-174. Ed Gustavo Gilli, México.

M.V. Mercado, A. Esteves. (2006). Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10; 5.107 – 5.114 .

Mitchell, Jorge A. (2005). Consumo de energía para calefacción en el hábitat social de Mendoza un caso de estudio. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9.

Serra Florensa, R. (1999). Arquitectura y Climas. Ediciones UPC. 1a Ed. Barcelona.

Sodeansa; Sama. (2000). Integración Arquitectónica de Instalaciones de Energía Solar Térmica. Sevilla

Victor Olgyay. (1998). Arquitectura y Clima. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España.