

**UN EDIFICIO SOLAR PASIVO PARA LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA.  
DOS AÑOS DE RESULTADOS**

C. Filippín<sup>1</sup> y A. Beascochea<sup>2</sup>

CONICET- Universidad Nacional de La Pampa

C.C.302, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina, Fax 0954-34222, E-mail: evigliz@inta.gov.ar

**RESUMEN**

El edificio solar pasivo construido para la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, en la región semiárida central de Argentina, alberga las tareas de investigación en el área de ecología, genética y fisiología. Cubre un área de 315m<sup>2</sup>, y fueron sus estrategias de diseño: ganancia solar directa, acumulación y conservación de energía, ventilación y refrescamiento pasivo e iluminación natural. El confort higrotérmico interior logrado, invernal y estival, es satisfactorio. El sistema de ventilación y refrescamiento pasivo por intercambiadores de calor aire-tierra, en función de las primeras evaluaciones realizadas en el período estival, se presenta como eficaz para un edificio no residencial en la región en estudio.

**DISEÑO Y TECNOLOGIA**

El edificio construido, de tipología compacta con un máximo desarrollo de su fachada según el eje Este Oeste, posee un área y un volumen de 315m<sup>2</sup> y 631.5m<sup>3</sup>, respectivamente, y comprende dos áreas funcionales de trabajo bien definidas: oficina y laboratorio. Seis oficinas, ubicadas en la cara Norte, y dos laboratorios, en el sector Sur. Se incorpora al diseño, un invernadero integrado como área de compensación térmica y expansión visual y física (Fig. 1 y 2) (Filippín et al., 1994).

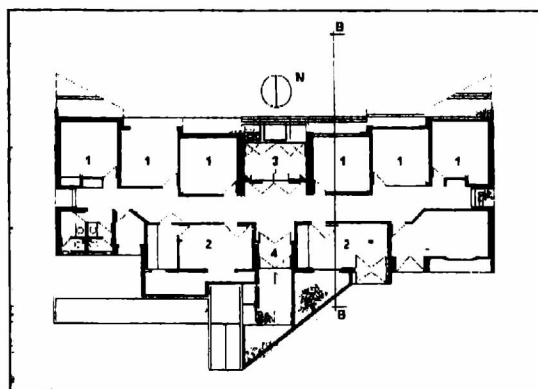


Fig. 1: Planta

1- Oficina, 2-Laboratorio, 3- Invernadero

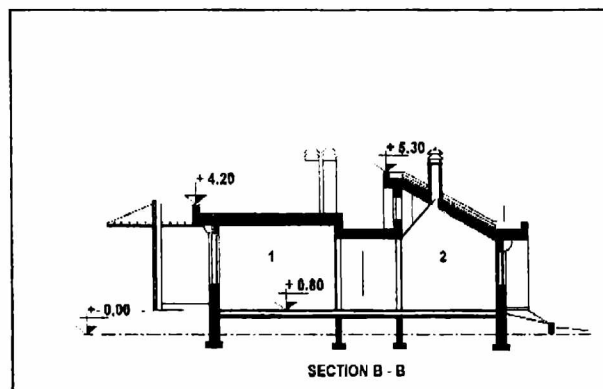


Fig. 2: Corte

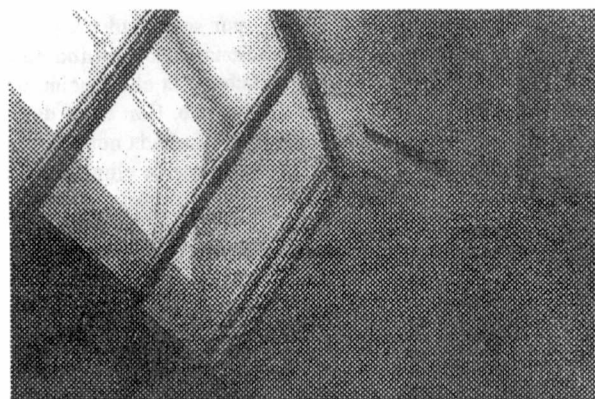
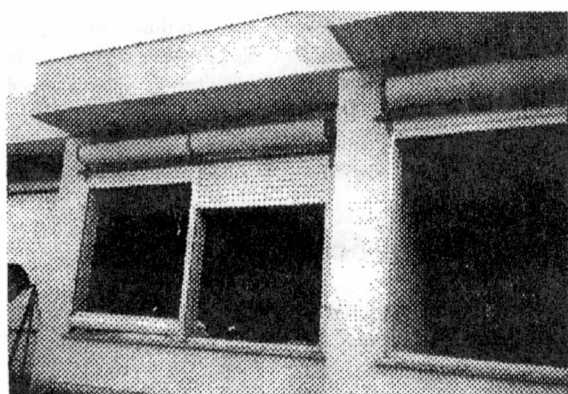


Fig.3: Ganancia directa en ventanas bajas en oficinas y ventanas altas en laboratorios

<sup>1</sup> Investigadora de CONICET

<sup>2</sup> Directora de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Pampa

Fueron pautas de diseño: el acondicionamiento bioclimático del edificio y la optimización del uso de la energía. El diseño integra los conceptos de calefacción pasiva, ventilación y enfriamiento pasivo del edificio e iluminación natural, e inercia térmica y conservación de la energía. Ganancia solar directa combinada con masa acumuladora en pisos y paredes y un cuidadoso estudio de los aspectos de conservación, fueron las estrategias adoptadas. El área oficina, con ventanas bajas y vidrios transparentes y cortinas de enrollar, posee un 23% de ganancia directa en función de su área útil. Un 18% de área transparente, respecto al área útil, define la ganancia directa del laboratorio, caracterizada por ventanas altas al norte, con un entorno de elevados albedos y sin elementos de protección nocturna (Fig.3). El invernadero integrado, completa los 53m<sup>2</sup> de superficie de ganancia directa, cifra que corresponde a un 17% del área útil total del edificio. El diseño tecnológico de la envolvente integra el criterio de conservación y masa térmica (Fig. 4).

#### Referencias:

- 1- Cupertina
- 2- Aislación hidrófuga
- 3- Carpeta
- 4- Aislación térmica de poliestireno expandido (0.07m)
- 5- Ladrillo de panderete
- 6-Revoque exterior
- 7- Aislación térmica de poliestireno expandido (0.05m)
- 8- Contrapiso
- 9- Losa cerámica
- 10-Ladrillo de 0.18m de espesor
- 11-Aislación hidrófuga

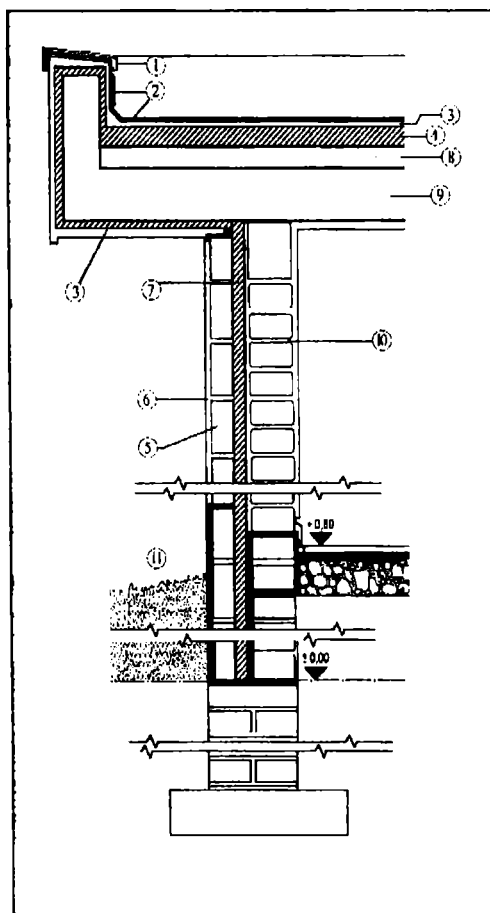


Fig. 4 : Tecnología de la Envolvente: Conservación y Masa Térmica.

El sistema de refrescamiento pasivo quedó definido por conductos enterrados de mampostería con ventilación natural garantizada por sombreretes de succión dispuestos en la cubierta (Fig. 5). La estrategia de diseño adoptada respondió al requerimiento de que el edificio debía ser ventilado y refrescado en verano prescindiendo de la apertura voluntaria de las ventanas durante la noche, por seguridad y por la eventualidad de tormentas imprevistas, comunes en la zona. Restricciones económicas condicionaron la longitud de los conductos intercambiadores de calor aire-tierra en el sector sur. Menor recorrido de los conductos y la eliminación de la torre de ingreso de aire exterior, caracteriza el sistema de refrescamiento del sector sur del edificio. Con el fin de limitar los efectos de la principal causa de sobrecalentamiento se protegen las áreas transparentes de la fachada norte con un alero calculado para tal fin. Con la intención de disminuir la reflectividad de las superficies exteriores se eliminaron las áreas pavimentadas creando taludes de tierra hasta la pared perimetral.

#### EVALUACION TERMICA DEL EDIFICIO EN CONDICIONES REALES DE OCUPACION

Inmediatamente habilitado el edificio, en Julio de 1995, se inició un plan de seguimiento integral en condiciones reales de ocupación con el objeto de cuantificar el comportamiento higrotérmico. Los datos de la temperatura exterior proviene de una estación meteorológica ubicada a 100m del edificio. Un Sistema de Adquisición de Datos METOS 93 facilitado por la Facultad de Agronomía, permitió iniciar las primeras evaluaciones interiores de temperatura y humedad. Al estudiar el comportamiento del edificio en condiciones reales de uso, fue importante conocer la manipulación de los mecanismos de control de flujos energéticos por parte de los ocupantes. Según un informe por ellos presentado, no hubo calefacción auxiliar en los períodos de medición, y las cortinas de enrollar se levantan y se bajan, a las 8 y 18hs. respectivamente, horario que fue usado para alimentar el modelo de simulación térmica en la etapa de diseño. En este marco las dos áreas funcionales: oficina y laboratorio, y para los períodos climáticos más rigurosos, son evaluadas higrotérmica mente.

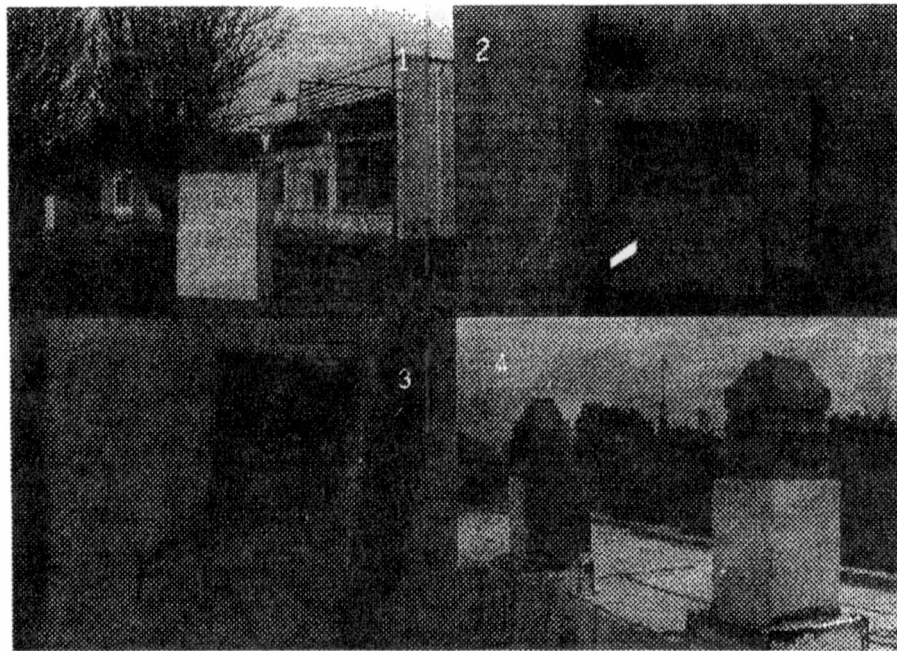


Fig. 5: Sistema de Refrescamiento Pasivo. Referencias: 1- Torre exterior, 2- Dumper de ingreso, 3- Dumper de salida y 4- Sombreretes de succión

**INVIERNO:** Se observó una importante correlación entre los valores obtenidos en la simulación térmica y los registrados por el sistema de adquisición de datos. Amplitudes térmicas de 6 y 19°C, interior y exterior respectivamente, fueron el resultado de las mediciones realizadas en el período señalado. Para el laboratorio, magnitudes superiores a las resultantes en el modelo de simulación son registradas. Es posible inferir que el equipamiento del local, dos mecheros de gas, una heladera y dos freezer y un diseño particular de la carpintería, estarían provocando la dispersión (Filippin et al., 1996, 1998). Según la Norma ISO 7730 y mediante el programa computacional PMV Program, se calculan los índices del Valor Medio Predicho (PMV) y el Porcentaje de Personas en Disconfort (DDP). Los valores resultantes mostrados en Tabla 1 responden a las exigencias de ISO 7730 (Goulding et al., 1994) (Heras Celemin y Montoro, 1990). **VERANO:** Se amplía el sector de mediciones a toda el área Este del edificio. Con un Sistema de Adquisición de Datos BAPT se inicia por un período de 15 días y en el mes de febrero de 1996, el monitoreo en condiciones reales de ocupación. Se registran temperaturas interiores, sin acondicionamiento artificial, de 27.4 y 26.6 °C máxima y mínima respectivamente. En las dos áreas funcionales, la incorporación de los ductos enterrados favorece la situación de bienestar. El mayor recorrido de los intercambiadores de calor aire-tierra, en el área de oficinas, parece incrementar el rendimiento de la ventilación pasiva. Conductos con menor trayecto en el sector de laboratorios, disminuyen su eficiencia. Es posible inferir que, como en el período invernal, nuevamente el equipamiento y las actividades del área funcional laboratorio sería el factor que condiciona el acople entre los valores medidos y simulados (Filippin et al., 1996, 1998). La Tabla 2 muestra los resultados del cálculo del PMV y PPD, para la estación en estudio. A mayor nivel de vestimenta en el laboratorio el PPD no satisface el valor de ISO 7730. Los resultados de trabajos anteriores y en sus gráficas que representan el comportamiento estival, se observa que el sistema de refrescamiento no está optimizado. La revisión de la sección del dumper de salida, y el cambio de los aspiradores estáticos por eólicos, actualmente en el mercado, deberían ser motivos de análisis.

Tabla 1: Valor Medio Predicho (PMV) y Porcentaje de Personas Disconformes (PPD) índices en Invierno (\*)

área	temp. interior (°C)	vestimenta (clo)	actividad (met)	PMV	PPD
oficina	19.5	1.3	1.2	0.01	5.00
			1.4	0.31	5.00
laboratorio	20.0	1.3	1.2	0.10	5.00
			1.4	0.39	5.01

(\*) Los cálculos fueron realizados para el 60% de humedad relativa y 0.1 m/segundo de velocidad del aire.

Tabla 2: Valor Medio Predicho (PMV) y Porcentaje de Personas en Disconfort (PPD) Índices en Verano (\*)

área	temp. interior (°C)	vestimenta (clo)	actividad (met)	PMV	PPD
oficina	26.4	0.2	1.2	0.02	5.00
			1.4	0.83	6.03
laboratorio	27.8	0.2	1.2	0.56	5.08
			1.4	1.20	14.38

(\*) Los cálculos fueron realizados para el 60% de humedad relativa y 0.1 m/segundo de velocidad del aire.

## ILUMINACION NATURAL

Se define el recurso de luz natural disponible al mediodía solar con el programa ILUM.1 (Mermet, 1994). Mediante un Luxómetro, tipo TES 1332 se inician en el mes de marzo de 1997 las primeras mediciones de iluminación natural en oficinas y laboratorios. Las dos áreas funcionales, diferentes en cuanto a diseño y actividad, presentan un comportamien-

to lumínico distinto. 2200 lux de iluminación natural promedio en el plano de trabajo, para el mes de marzo, y un 31.5% de dispersión relativa entre los valores, caracteriza el laboratorio. Un ajuste o acoplamiento de datos supuestos y medidos del 97%, caracteriza el área de oficina. El 50.1% de dispersión relativa de los valores en la oficina, condiciona el Factor de luz en el centro de la ventana que varía, desde un máximo de 3.2 a un mínimo de 0.8 a un metro del fondo de la oficina. Nuevamente, para el mes de junio, los valores medidos promedio de iluminación en el laboratorio, son superiores a los supuestos. En la oficina, se consideran dos zonas, próxima y alejada a la ventana. Valores promedio de 31508 y 1567 lux son registrados, con valores de correlación de 0.94 y 0.37 entre valores medidos y supuestos. En ambos meses y en el laboratorio, con sus ventanas altas, la menor dispersión relativa de los valores, estaría marcando la uniformidad de la iluminación natural en el local. Si surge, de la evaluación, la inexistencia de un ajuste entre valores supuestos y medidos en el laboratorio. Es posible inferir que sea causado por la diversidad de colores y materiales del equipamiento del lugar.

Tabla 3: Valores de Iluminación Natural en las dos áreas funcionales, oficina y laboratorio

MARZO, mediodía solar Recurso cielo claro: 76119 lux	X		STD		CV		R2
	Predicción <sup>^</sup>	Real	Predicción	Real	Predicción	Real	
Oficina	1203.3	1501.5	457	752,8	38	50.1	0.94
Laboratorio	430.6	2200	250.9	696	58.3	31.5	0.15

Tabla 4: Valores de Iluminación Natural en las dos áreas funcionales, oficina y laboratorio

JUNIO, mediodía solar Recurso cielo claro: 41004 lux	X		STD		CV		R2
	Predicción <sup>^</sup>	Real	Predicción	Real	Predicción	Real	
Oficina (área próxima ventana)	39454	31508	457	752,8	38	50.1	0.94
Oficina (área alejada ventana)	1604	1567	114.7	188.6	9	12	0.37
Laboratorio	773	3185	164	743	21.3	23	0.04

<sup>^</sup> Para la predicción de los valores se usa el modelo Solarsoft INC, 1984

#### 4. CONSUMO DE ENERGIA

Tabla 5: Predicción del Calor Auxiliar Mensual y Consumo Real de Gas envasado

	Grados-día, base 18°C		Calor Auxiliar			Consumo real	
	Predicción	Real	KWh	m3	tubos	m3	tubos
Enero	0	0	0	0	0	1.1	0.046
Febrero	0	0	0	0	0	2.8	0.117
Marzo	31	39.7	112.3	1.1	0.046	2.6	0.110
Abril	97	96.1	351.3	3.4	0.142	9.4	0.389
Mayo	199	164.2	721.0	7.0	0.292	15.4	0.640
Junio	307	263.7	265.5	10.9	0.454	65.6	2.70

La Tabla 5 muestra el Calor Auxiliar calculado en función de los Grados-día, base 18°C, para 8 horas diarias de trabajo entre lunes y viernes. Se observa en la Tabla 5 el consumo real de gas envasado para el primer semestre de 1998 mediante un medidor Galileo, tipo G5a, consumo que corresponde a 4 tubos. Es posible que el aumento del consumo en el mes de Junio se debe a la mayor ocurrencia de días nublados, considerado Junio como mes atípico en la región, más templado que lo esperado, escasos días con heladas y una humedad relativa por encima de lo normal (Casagrande y Valerga, 1998).

#### CONCLUSIONES

Las dos áreas funcionales presentan en el invierno fluctuaciones pequeñas de la temperatura interior. Respecto al comportamiento de la temperatura interior real y los valores obtenidos con el modelo de simulación, en la oficina la correlación es alta. En el laboratorio la tendencia de las dos curvas es similar pero, el comportamiento real es superior al modelo. Diferente diseño del área transparente, el equipamiento y las actividades, entre otros factores, estarían condicionando térmica y lumínicamente las dos áreas funcionales analizadas. En el verano, la longitud de los intercambiadores de calor aire-tierra, diferente en las dos áreas, se agrega a los indicadores mencionados como factor influyente en el comportamiento térmico. Para los valores obtenidos el Porcentaje de Personas en Disconfort no superan los valores exigidos por ISO 7730.

#### BIBLIOGRAFIA

- Casagrande, G. y Valerga, G., (1998).. El clima sigue favoreciendo al agro. *Diario La Arena*, 4 de Julio de 1998.
- Filippin, C., Esteves, A., de Rosa, C., Pattini, A. y Beascochea, A., (1994) Diseño Bioclimático de un Gabinete de Investigación Ecológica para la Universidad Nacional de La Pampa. *In Actas de la XVII Reunión de Trabajo de ASADES*. 1, pp. 199 - 126
- Filippin, C., Esteves, A., de Rosa, Beascochea, A. y Estelrich, D., (1996) Diseño Bioclimático de un Gabinete de Investigación Ecológica para la Universidad Nacional de La Pampa. *In Revista de ASADES*. 1, pp. 199 - 126
- Filippin, C., Beascochea, A., Esteves, A., de Rosa, C., Gortegoso, L. and Estelrich, D. (1998), A Passive Solar Building for Ecological Research in Argentina: The First 2 YR Experience. En Prensa en *Solar Energy*
- Goulding, J., Lewis, O. and Stemers, T., (1994), *Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook*.
- Heras Celermán, M. del R. y Montoro, J., (1990), *Comportamiento Energético de Edificios Solares Pasivos*, CIEMAT, Madrid
- Mermat, A., (1994), ILUM.5. Software para el Cálculo de la Iluminancia Exterior en condiciones de Cielo Claro. *Actas XVII Reunión de Trabajo de ASADES, Tomo II, pp. 617-619, Rosario, Santa Fé.*