

# REFUNCIONALIZACION TERMOLUMINICA DE UN LABORATORIO DE LA U.N.S.L.

A.Fasulo\* , C.De Rosa\*\* , L.Odicino\* , D.Perello\*,  
J.Di Genaro\* y A.Mermet\*\*

\* Universidad Nacional de San Luis

Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis Fax 0652 30224

\*\* Laboratorio de ambiente Humano y Vivienda (LAHV)  
CRICYT - C.C.131 - 5500 Mendoza - Fax 061 380370

## RESUMEN

Se presenta la refuncionalización termolumínica de un laboratorio de la U.N.S.L. que por poseer tres laterales expuestos al medio ambiente puede usarse como modelo para construcciones de mayor tamaño. El procedimiento seguido pretende establecer algunos parámetros característicos de la localidad para el tratamiento de edificios destinados a funcionar exclusivamente durante el día.

En primer término , a partir de las características climáticas predominantes , se dimensionan las necesidades de calefacción y de refrigeración. Se introduce conservación de la energía térmica , para luego incorporar colectores solares de aire adosados al muro norte. Se estudian mediante el método FSEC (4) y se formulan propuestas para obtener refrescamiento nocturno. Se logra mejorar substancialmente la iluminación natural mediante el apropiado cambio de color en las superficies interiores de los parasoles existentes.se efectua una evaluación económica de la propuesta.

## INTRODUCCIÓN

La U.N.S.L. ha encarado la construcción de un conjunto de edificios para cubrir sus necesidades de espacios para laboratorios y aulas , establecidas en el orden de los 50.000 metros cuadrados , distribuidas en cuatro bloques de tres plantas cada uno. Por razones económicas se está usando el sistema de paneles prefabricados , con las características de rápido montaje , bajo costo y muros exteriores de aproximadamente 10 cm de espesor con una placa interior de poliestireno expandido de 2cm. Uno de estos edificios habilitado recientemente ha puesto en evidencia la necesidad de aportes importantes de energía para su calefacción , en particular por la presencia de elevados índices de infiltraciones que se ven aumentados por el particular clima de San Luis que presenta una alta frecuencia de vientos del cuadrante E.S.E. (Chorrillero).

Los integrantes del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad , han encarado el estudio del tema clima y vivienda , contando con la ayuda de investigadores del CRICYT (1) , con la finalidad de ofrecer una contribución al uso racional de la energía en el medio. Decidimos empezar experimentando con nuestra casa. Consecuentemente se encara el estudio del Laboratorio de Energía Solar , que si bien se encuentra ubicado

en un edificio de construcción tradicional ,ofrece posibilidades de concretar su refuncionalización termolumínica de manera tal que pueda ser ofrecido como modelo en el uso racional de la energía y aplicación de la energía solar.

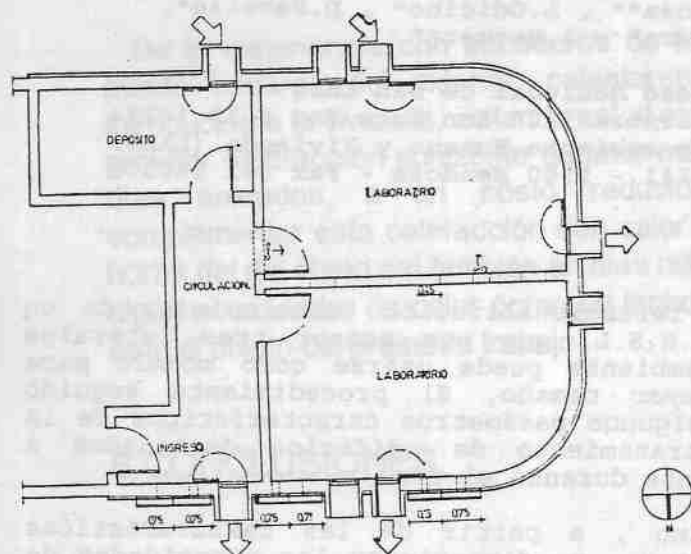


Figura 1 Planta del Laboratorio

El laboratorio está ubicado en el cuarto nivel de uno de los edificios de la Universidad, tiene unos 50 m cuadrados de superficie, posee tres laterales expuestos al medio ambiente y el cuarto , hacia el este , colinda con espacios interiores comunes con el edificio que se encuentran calefaccionados durante el día.

## EL CLIMA EN SAN LUIS

San Luis se ubica en la zona bio-ambiental IIIa con la particularidad , que la diferencia de otras localidades de la zona , intensidad y dirección de sus vientos. Estos posee una velocidad media anual de 15,6Km/hr fluctuando entre: 14Km/hr para los meses de abril a junio a 19,4Km/hr para los meses de agosto a octubre (valores medios diarios , incluyendo las horas de calma , en la década 1981-90) .

Durante todo el año se presenta con dos direcciones predominantes: Cuadrante E.S.E. (excluidos sus extremos N.E. y S.S.E.) presenta una frecuencia del 36% con una velocidad media de 20,7Km/hr y del cuadrante N. (excluidos sus extremos N.O. y N.E.) la frecuencia es de 28,4% con una velocidad media de 20,3Km/hr y una frecuencias de calmas del 17%.

Si se efectúa un análisis mas detallado , como lo permiten los datos del S.M.N. para la década 71-80 , 16 direcciones , encontramos la característica dominante para San Luis. Esta es dirección E.S.E. con una frecuencia de 19,2% y una velocidad media de 29,2Km/hr "Chorrillero" y N. con una frecuencia del 17,4% y una velocidad media de 22,8Km/Hr.

La frecuencia en las direcciones restantes no solo son pequeñas sino que sus velocidades son pequeñas. esta marcada polarización en la rosa de los vientos debería ser tomada en cuenta para el diseño de las construcciones , cosa que normalmente no sucede. Esta característica a su vez determina que para los días de verano calurosos y secos , con

temperaturas normalmente por encima de los 35°C durante el día le sigan en cuanto se pone el sol temperaturas agradables por debajo de los 20°C. Circunstancia que debería aprovecharse a través de la combinación enfriamiento nocturno y alta inercia térmica para obtener refrescamiento natural en el período estival. Por contrapartida en el período invernal en especial fines de éste y hasta mediados de primavera se deben extremar las protecciones para mitigar el muy molesto Chorrillero , en particular en lo que respecta a infiltraciones.

Para el cálculo de los requerimientos térmicos del laboratorio que funciona entre las 8hs y las 20hs se han definido los grados días de calefacción diurna , GDCD y los grados días de enfriamiento diurno , GDED. Como los respectivos grados días tomados solo entre las horas de uso de la instalación. Para su determinación , como disponemos de cuatro registros diarios del S.M.N., designando con  $T_2$  ,  $T_8$  ,  $T_{14}$  y  $T_{20}$  a las temperaturas registradas a las horas: 2, 8, 14 y 20 respectivamente , tenemos entonces que los GDC de pueden expresar por:

$$\begin{aligned} \text{GDC} &= \sum_{\text{días}} [T_b - T] = \sum_{\text{días}} [T_b - 1/4(T_2 + T_8 + T_{14} + T_{20})] = \\ &= 1/4\text{GDC}) 2\text{hs} + 1/4\text{GDC}) 8\text{hs} + 1/4\text{GDC}) 14\text{hs} + 1/4\text{GDC}) 20\text{hs} \end{aligned}$$

Donde GDC)2hs son los grados días calculados con las temperaturas registradas a la hora 2 , el coeficiente 1/4 es el peso que tiene este valor en la determinación de los GDC conocidos.

Ahora que tenemos el día dividido en cuatro intervalos de 6 horas de duración cada uno podemos calcular las necesidades de calefacción para un determinado intervalo , en nuestro caso se propone el intervalo en que el establecimiento es usado , entre las 8hs y las 20 hs , como ocurre en la mayoría de los edificios públicos , que hemos denominado GDCD , estas estarán dadas por:

$$\text{GDCD} = 1/8\text{GDC}) 8\text{hs} + 1/4\text{GDC}) 14\text{hs} + 1/8\text{GDC}) 20\text{hs} \quad (1)$$

De la misma manera podemos definir los grados días de calefacción nocturna , GDCN , para una casa habitación que solo es usada durante la noche , por ejemplo entre las 20 horas y las 8 horas , entonces los GDCN estarán dados por:

$$\text{GDCN} = 1/8\text{GDC}) 20\text{hs} + 1/4\text{GDC}) 2\text{hs} + 1/8\text{GDC}) 8\text{hs} \quad (2)$$

Se verificara facilmente que:  $\text{GDC} = \text{GDCD} + \text{GDCN}$

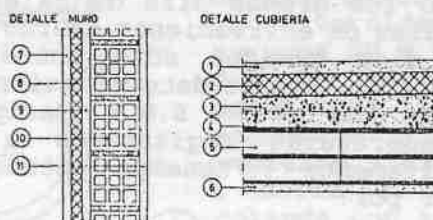
## BALANCE TERMICO

El laboratorio bajo análisis está construido con muros de ladrillo hueco de 20 cm de espesor , revoques interiores y exteriores a la cal. La estructura del cerramiento superior es de losa armada con viguetas y ladrillos huecos , con cielorraso aplicado de yeso. Sobre la losa se encuentra una cubierta compuesta por granulado volcánico , de espesor insuficiente

para brindar una apropiada aislación y empleado con el fin de proveer el desnivel necesario para el escurrimiento, bitumen asfáltico y baldosas de cerámica. Los cerramientos de las 8 ventanas están contruidos con perfiles metálicos con doble contacto y poseen vidrios de 6 mm de espesor. La única puerta que posee dá a la escalera interior al edificio. El laboratorio presenta un coeficiente volumétrico  $G_1 = 1,02 \text{ W/m}^3 \cdot \text{C}$ , resultante de los datos presentados en la primera columna de la tabla 1.

### CONSERVACION ENERGETICA

Para reducir las pérdidas térmicas en invierno y las ganancias en verano introduciremos aislaciones sobre las caras externas de los muros, paneles de poliestireno expandido de 4 cm de espesor y de 8 cm sobre la cubierta superior. En la Figura 2 podemos ver los detalles de ésta aplicación. La introducción de burletes en las ventanas complementa las acciones que podemos efectuar para la reducción de las pérdidas térmicas, resultando luego de éstas un coeficiente global  $G_2 = 0,74 \text{ W/m}^3 \cdot \text{C}$ .



#### REFERENCIAS

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| (1) RELLENO ALMANADO   | (7) REVOQUE EXTERIOR        |
| (2) POLIESTIRENO #400m | (8) POLIESTIRENO #100m      |
| (3) RELLENO EXISTENTE  | (9) REVOQUE EXISTENTE       |
| (4) CAPA DE COMPRESION | (10) LADRILLO MURO CERAMICO |
| (5) LOSETA CERAMICA    | (11) REVOQUE INTERIOR       |
| (6) YESO APLICADO      |                             |

ELEMENTOS	Sup [m <sup>2</sup> ]	ACTUAL [W/m <sup>3</sup> ·C]	CONSERVATIVO [W/m <sup>3</sup> ·C]
LATERALES OPACOS.....	55,91	0,433	0,292
LATERALES VIDRIADOS:	2,24	0,107	0,107
TECHO.....	49,2	0,354	0,25
INFILTRACIONES.....	2,24	0,123	0,09

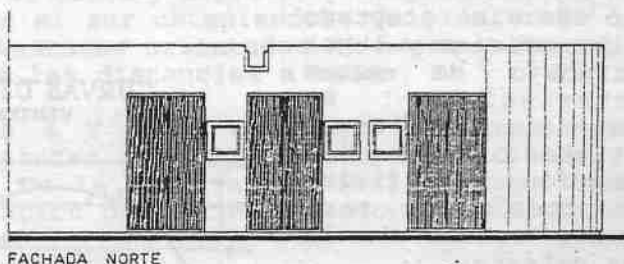
TABLA 1 Componentes del coeficiente global de pérdidas

### APORTE SOLAR

Dado el régimen de uso del edificio, la escasa disponibilidad de fachada norte y de masa de acumulación interior, se optó por un sistema de calentadores de aire pasivo \*Matriz porosa\* adosados a los paños disponibles en la fachada norte: 6 módulos de 2,5m de altura, 75 cm de ancho y un área colectora total de 11,25 m<sup>2</sup>. Dado que no se conocen resultados de experiencias sobre calentadores de aire de matriz porosa, se han tomado como referencia para el cálculo, rendimiento de éste tipo de dispositivos desarrollados y evaluados en el exterior (2), (3). Los rendimientos son los siguientes:

- Tipo 1      Absorbedor de chapa , flujo por debajo del  
                  absorbedor , un vidrio , eficiencia  $\eta = 0,565$
- Tipo 2      Absorbedor de matriz porosa de alta eficiencia  
                  un vidrio , eficiencia  $\eta = 0,776$
- Tipo 3      Absorbedor de matriz porosa de eficiencia me-  
                  dia , 2 vidrios , eficiencia  $\eta = 0,639$

El colector propuesto está constituido por una caja metálica de chapa con una aislación de lana de vidrio aluminizada, 5cm de espesor adosada a su cara interna.



El absorbedor intercambiador está compuesto por dos capas de metal desplegado adosadas entre si , plegadas en zig-zag en el sentido horizontal y pintadas de negro mate , de manera que el aire calentado en su recorrido ascendente atraviesa la matriz porosa por lo menos 6 veces.

Los conductos inferiores y superiores serán rectangulares y poseerán registros para controlar el flujo en reversa cuando éste pueda producirse. La cubierta externa de los colectores estará constituida por una placa alveolar de policarbonato de 8 mm de espesor. Durante los meses cálidos las superficies colectoras estará sombreadas por dispositivos protectores que permanecerán fijos durante toda la estación.

Se estima que la eficiencia del colector puede por sus características , asimilarse a la del tipo 3 , previamente descrito:  $\eta = 0,649$ . En ésta caso el sistema solar realizará un aporte enrgético de 414,76 Wh/año y la FAS será del 34,46%. El consumo de calefacción será de 792,34 Wh/año , es decir el 38,73 % del requerido actualmente para doce horas diurnas.

Los locales de trabajo principales estarán conectados térmicamente por lazos convectivos producidos a través de ventanillas superiores e inferiores , en el muro divisorio. Las mismas estarán dimensionadas principalmente en función de la ventilación cruzada , como se describe en el apartado correspondiente. Si el aporte de calor al local sur obtenible mediante éste dispositivo no fuera satisfactorio , podrá mejorarse mediante circulación forzada.

#### ILUMINACION NATURAL:

Para el cálculo de los valores de iluminación tanto en el ambiente de oficinas como en el laboratorio elegimos el método del Lumen. De acuerdo a lo aceptado, los niveles de iluminación para una oficina y válido para un laboratorio de física, donde

se necesitan óptimos controles visuales por periodos prolongados, oscila entre los 500Lux y 1000Lux, clasificación 3 alta (Iluminación Natural y Artificial en Industrias Iram AADL-J-20-17).

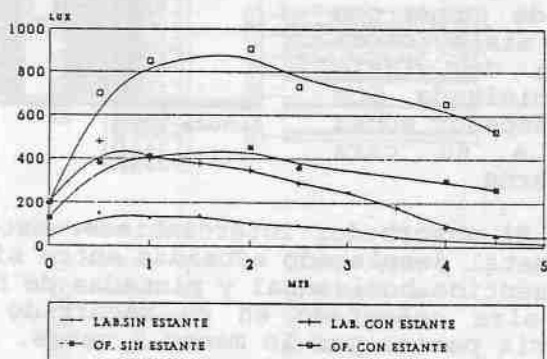
Las ventanas que posee la construcción además de pequeñas 0,28 m<sup>2</sup> cada una, se encuentran ubicadas por encima del nivel normal y poseen parasoles en forma de cajas, de 0,74 mts. (de extensión hacia afuera Medida desde la superficie del vidrio) estos son de hormigón armado a la vista y su color es verde musgo. La iluminancia natural es insuficiente, el método del lumen nos conduce a valores teóricos máximos que están por debajo de lo aceptado para una oficina y lugar de trabajo de estas características. En consecuencia en estas condiciones se requiere iluminación artificial durante todo el año, para cualquier estado de la bóveda celeste.

Se manejan distintas alternativas para obtener una mejora en el aporte de luz natural al interior de las habitaciones, luego de descartar el ensanchamiento de las ventanas y acortamiento de los parasoles por razones de estética del edificio, practicidad, etc., se decidió hacer funcionar los parasoles como estantes de luz.

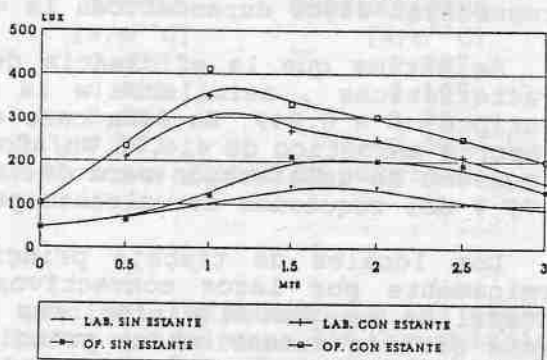
Para ello se deberán pintar de blanco mate los interiores de los parasoles. En un principio con la finalidad de disponer de ambas situaciones (parasoles con y sin pintura) para medir en su interior los niveles de iluminancia en distintas situaciones de la bóveda celeste recubrimos los interiores de los parasoles con planchas delgadas de color blanco mate.

Encontramos que se produce un notable aporte de iluminación natural en el interior de las habitaciones, encontrando para algunas horas del día niveles que caen dentro del rango establecido para la clase 3, no necesitando en consecuencia aporte de iluminación artificial.

### CURVAS DE ILUMINANCIA VENTANAS AL OESTE



### CURVAS DE ILUMINANCIA VENTANAS SUR Y NORTE



Debido a la ubicación de las ventanas una curva típica de iluminancia tiene un valor bajo cerca de la pared, adquiere un máximo a una cierta distancia de esta y luego decae con la distancia.

Esto es así por cuanto la ubicación y tamaño de las ventanas determina un sombreado por parte del muro, debajo de estas y cercano a él. La mejora en la iluminancia natural con los estantes de luz oscila de 1,2 veces a 3,5 veces para las ventanas orientadas al oeste y entre 1,6 veces a 4,2 veces para la ventana orientada al sur obteniéndose valores entre 1,8 a 2,6 veces para las ventanas orientadas al norte y dependiendo en todo los casos de las distancias a estas.

En las gráficas 4 y 5 se muestran los incrementos logrados con los estantes de luz para las habitaciones y las distintas ventanas. De la observación de las mismas podemos decir que la utilización del recurso trajo resultados altamente satisfactorios.

#### ESTIMACION DEL POTENCIAL DE VENTILACION NOCTURNA

Las condiciones climáticas de San Luis: Amplitud Térmica de 14°C aproximadamente para los meses de diciembre a febrero y la intensidad del viento, con direcciones dominantes desde el E.S.E. y S.E. con frecuencias medias del 34,18% y velocidad media de 22,62 Km/hr para las mismas, indican un alto potencial de enfriamiento convectivo nocturno. Por lo contrario la baja masa térmica disponible dentro del edificio no asegura un comportamiento totalmente satisfactorio de esta estrategia. Sin embargo dada la total compatibilidad de la misma con las condiciones actuales del edificio, se realiza una estimación de la cantidad de renovaciones horarias obtenibles mediante la apertura de ventanas a barlovento y sotavento sin introducir ninguna modificación en la estructura.

Se realizaron varios cálculos utilizando el método desarrollado por el FSEC (5), verificando alternativas de diferentes combinaciones de apertura de ventanas al S.O. y N. del edificio. De las mismas se adopta la que corresponde a dos ventanas de ingreso de aire ( $A_{ent} = 0,63m^2$ ) del lado sur del edificio y tres ventanas de salida del aire ( $A_{sal} = 0,945m^2$ ) una al oeste y dos al norte. De esta forma se obtienen por el cálculo 33,14 renovaciones de aire por hora superior pero próximo al óptimo recomendado por el FSEC de 30 RAH. Deben practicarse aberturas en el muro que separa los dos locales principales, con una superficie total igual al área de ventilación neta de las dos ventanas:  $0,63 m^2$ . Se proponen 6 aberturas (3 superiores y 3 inferiores) de 0,45 m de ancho por 0,25 m de alto.

#### CONCLUSIONES

1) A pesar de que el ahorro de energía en iluminación de los locales es pequeño, la conversión de los parasoles en estantes de luz tiene un costo insignificante resultando en consecuencia altamente aconsejable.

2) La extensión de los estantes de luz al resto del edificio deberá estudiarse pues promete ser rentable.

3) Las características del viento en San Luis hacen aconsejable prever desde el diseño las apropiadas protecciones para el período invernal y su aprovechamiento para obtener refrescamiento natural en verano.

4) La introducción de conservación de la energía puede considerarse de baja rentabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Curso de Post-Grado en Arquitectura Bio-Climática y Solar  
C.De Rosa et Al - Universidad Nacional de San Luis - 1994.
- (2) Balcomb J.D. et Al - Passive Solar Handbook Vol.3 -  
ASES , New York.
- (3) Bansal N.K. y Uihemann R. - Development and Testing of Low-  
cost Solar Energy Collectors for Heating Air - Solar Energy  
Vol 33 N° 2 , pp 197 - 208
- (4) Parker B.F. et Al - Termal Performance of Tree Solar Air  
Heaters - Solar Energy Vol. 51 N°6 pp 467 - 79 - 1993.
- (5) Chandra S., Fairey and Houstron M. - A Handbook for  
Designing Ventilated Buildigngs - Florida Solar Energy Center  
, Florida A.S.A. 1983.