

Simulación solar y monitoreo del edificio ampliación oeste de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba



Gabriela Sanchez, María Lucía Calvo, Sofía Avalos, Mariana Pilar Gatani¹

Resumen

Este trabajo comprende la primera etapa de la evaluación del desempeño térmico energético del edificio ampliación, ala oeste, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Córdoba y constituye un avance de la investigación Evaluación energética de edificios institucionales.

¹ Gabriela Sánchez. Arquitecta. Mgter en Medioambiente y Arquitectura bioclimática. Univ. Politécnica de Madrid. Docente en la cátedra Instalaciones 1B. Publicaciones: Silvina Angiolini, Mariana Gatani, Marta Bracco, Lisardo Jerez, Ana Pacharoni, Pablo Avalos, Gabriela Sánchez, Roberto Tambussi: Tecnología sustentable en el diseño de viviendas en Córdoba. eficiencia en el comportamiento térmico-energético, 1° Workshop eficiencia energética de en el hábitat., 1 ed. Córdoba, Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba; Actas de Diseño Nº 22, La clase permanente. Congreso Latinoamericano de Enseñanza del Diseño. www.palermo.edu/congreso_actas Actas de Diseño. [ISSN: 1850-2032], Año XI, Vol. 22, Marzo 2017, Buenos Aires, Argentina- XI Encuentro Latinoamericano de Diseño “Diseño en Palermo” VII Congreso Latinoamericano de Enseñanza del Diseño Comunicaciones Académicas.: Facultad de Diseño y Comunicación - Universidad de Palermo; Las *Instalaciones* en el Diseño Arquitectónico”, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba.

Lucía Calvo, Arquitecta, becario doctoral CONICET. Sofía Ávalos, Arquitecta, becario doctoral CONICET, ADSCRIPTA a la cátedra Instalaciones 1B. Mariana Gatani, Arquitecta. Dra en Ciencias del Diseño. UNC. Docente en la cátedra Construcciones IIIA. Publicaciones: Mariana Pilar Gatani, Juliano Fiorelli, Juan Carlos Medina, Ricardo Arguello, Agustín Ruiz, María Fátima do Nascimento, Holmer Savastano Jr.: Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. Revista Materia (RIO J) ISSN: 1517-70-76 Vol 18 Nº 2. Rio de Janeiro, Oct 2013; Granero, V; Gatani, M, Juan Carlos Medina, Agustín Ruiz, Juliano Fiorelli, Jerónimo Kreiker, Josefina Lerda: Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados. Revista Quebracho. Revista de Ciencias Forestales. Volumen 21 (1,2) ISSN 0328-0543. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Dic 2013; Gatani, Mariana; Granero, Victoria; Medina, Juan Carlos; Fiorelli, Juliano; Lerda, Josefina; Sipowicz, Eugenia; Kreiker Jeronimo: New Process for Peanut Husks Panels: Incorporation of Castor Oil Polyurethane Adhesive and Different Particle Sizes. Key Engineering Materials Vol. 600 (2014) pp 452-459. Edit: Trans Tech Publications, Switzerland. © (2014) ISSN 1662 – 9795.

Simulaciones, monitoreo y cálculo de cargas térmicas, demandas y consumos. Consiste en la simulación con el programa Ecotect Analysis del comportamiento del edificio frente al sol, estudios cualitativos y cuantitativos de sombras y obstrucciones, donde se obtuvieron datos de exposición solar, acceso e incidencia solar y máscaras de sombras de las aberturas. Se realizó además el monitoreo de las temperaturas interiores y exteriores y humedad relativa utilizando Hobos Data Logger ubicados en puntos estratégicos del edificio, durante los meses representativos de solsticios y equinoccios, para relevar las condiciones interiores de temperatura. Se compararon los resultados de la simulación con los de monitoreo para obtener conclusiones y evaluar el desempeño del edificio, de sus aberturas y sus protecciones. El análisis del monitoreo del espacio interior arrojó curvas de temperaturas superiores a las exteriores durante todo el año, dando cuenta de espacios muy calurosos en las estaciones verano y primavera. En los resultados alcanzados, se observó que las curvas interiores copian la trayectoria de la curva exterior de temperatura, con muy poco retardo térmico y amortiguación.

PALABRAS CLAVE: SIMULACION, EXPOSICION SOLAR, MASCARAS DE SOMBRAS, MONITOREO

SOLAR SIMULATION AND MONITORING OF THE WEST EXPANSION BUILDING OF THE FAUD, UNC

Summary

This work includes the first stage of the evaluation of the thermal energy performance of the building, west wing, of the Faculty of Architecture of the National University of Cordoba and constitutes an advance of the research "Energy evaluation of institutional buildings. Simulations, monitoring and calculation of thermal loads, demands and consumption ". It consists of the simulation with the program Ecotect Analysis of the behavior of the building in front of the sun, qualitative and quantitative studies of shadows and obstructions, where data of solar exposure, access and solar incidence were obtained and shade masks of the openings. Monitoring of indoor and outdoor temperatures and relative humidity were also performed using the Hobos Data Logger located at strategic points of the building, during the representative months of solstices and equinoxes, to relieve the internal temperature conditions. The results of the simulation and the monitoring were compared to obtain conclusions and evaluate the performance of the building, its openings and its protections. The analysis of the interior space monitoring yielded higher temperature curves than the exteriors throughout the year, giving account of very hot spaces in the summer and spring seasons. In the results obtained, it was observed that the interior curves copied the trajectory of the external curve of temperature, with very little thermal delay and damping

KEYWORDS: SIMULATION, SOLAR EXPOSURE, SHADOW MASKS, MONITORING

Metodología

El trabajo presenta los datos climáticos de Córdoba en la etapa inicial, posteriormente se describe el edificio, con referencia al sistema de construcción y se destacan aquellos recursos de diseño propuestos por los diseñadores para obtener los resultados alcanzados. Se realizó análisis de soleamiento y el monitoreo, según las siguientes etapas:

1. Simulación de la trayectoria solar para todos los días de año utilizando el programa *Ecotect Analysis*. Análisis de acceso solar, ingreso de radiación directa, sombras arrojadas y máscaras de sombra en cada abertura.
2. Monitoreo del edificio: medición de temperatura y humedad relativa mediante sensores tipo *HOBO data logger*, procesamiento de los datos y representación de los resultados con gráficos de curvas.

Clima de Córdoba

La ciudad de Córdoba (Lat.: 31°26 Sur) posee un clima templado moderado, con cuatro estaciones bien marcadas: cálida húmeda en verano y fría en invierno. Según la distinción de zonas bioambientales establecidas por la norma IRAM 11603, la ciudad de Córdoba se inscribe Zona IIIa: templada cálida. En esta zona se tienen inviernos relativamente benignos, con mínimas medias de 3.5°C, con veranos calurosos con máximas media de 34,1°C y amplitudes térmicas mayores que 14°C, como se muestra en el cuadro de la figura 1.

	Anual	Enero	Julio
T° Máxima media	26 °C	34.1 °C	19.7 °C
T° Mínima media	11.9 °C	16.1 °C	3.5 °C
Temperatura absoluta mínima	-	-	-4.6 °C
Temperatura absoluta máxima	-	40.5 °C	-
Amplitud térmica	14.1 °C	18.0 °C	16.2 °C
Velocidad del viento media	11.5 km/h	10.3 km/h	10.9 km/h
Radiación global horizontal	16.0 Mj/m ² 4.5 Kw/m ²	21.7 Mj/m ² 6.3 Kw/m ²	9.4 Mj/m ² 2.6 Kw/m ²
Humedad relativa (%)	65 %	67 %	66 %
Calefacción grados –día (Tb = 20°C)	991	26 °C	26 °C

Figura 1
Datos clima de Córdoba

Caso de estudio

El edificio ampliación de la sede de la Facultad de Arquitectura y Diseño, obra de los arquitectos Cristian Nanzer, Alejandro Cohen y Alberto Baulina, está destinado a alojar aulas-taller, biblioteca y aula de exposición, así como un núcleo sanitario y área de expansión como terraza accesible. El programa se organiza en un volumen de forma rectangular con eje nortesur, cuyas fachadas abren al este y al oeste, en tres niveles. La planta baja contiene una tira de tres talleres y núcleo sanitario, ambos orientados al oeste, ocho boxes y el núcleo de circulación orientados al este. En el primer piso se dispone la biblioteca, con orientación este, y en segundo piso un aula para exposición de tesis y acceso al área de expansión con orientación oeste. La superficie total del edificio es 2975,80 m² cubiertos. Se estudiaron y monitorearon un taller en Planta Baja (en adelante taller A) y el aula de tesis de Planta Alta (en adelante taller B), ambos orientados al oeste, tal como se muestra en la figura 2.

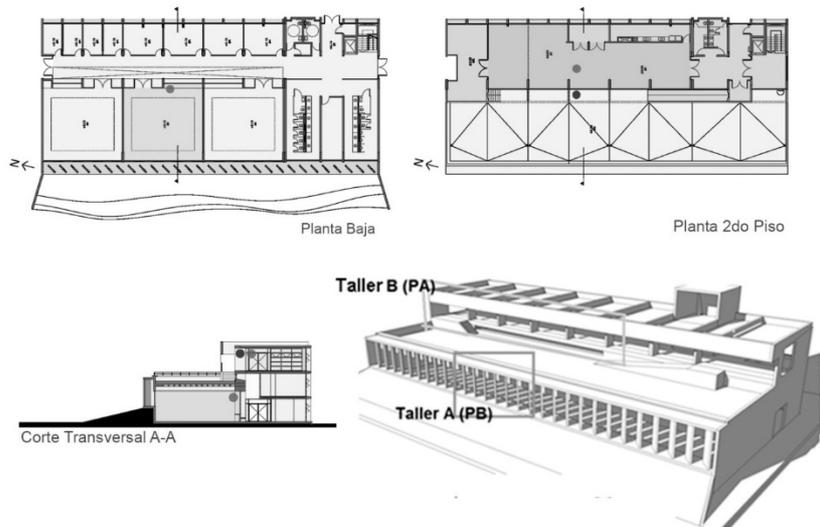


Figura 2
Plantas, corte y axonometría del edificio ampliación

En el diseño de las fachadas del edificio se emplean recursos y protecciones variadas. La fachada este está conformada por paños de vidrio completos de piso a techo protegidos con aleros horizontales y verticales. Los paños de vidrio cuentan con una lámina plástica micro perforada, que sirve como tamiz de luz y protección visual, tal como se muestra en la vista y foto de la figura 3.

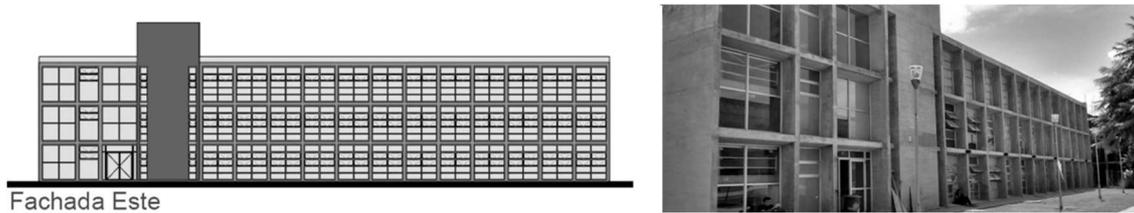


Figura 3
Fachada este - foto

La fachada oeste en PB se resuelve con un talud que semientierra los talleres hasta una altura de 1,20 m. sobre este se ubica carpintería continua de aluminio, con DVH 3+3 con 12 mm de cámara de aire, corredizas hasta una altura de 1,15 m y vidrio fijo la parte superior. Estas aberturas están protegidas con una tira de parasoles de H°A de 3.00 m de altura formando un ángulo de 30° respecto a la normal a la ventana, separados de la carpintería, como se muestra en la vista y detalles de la figura 4.

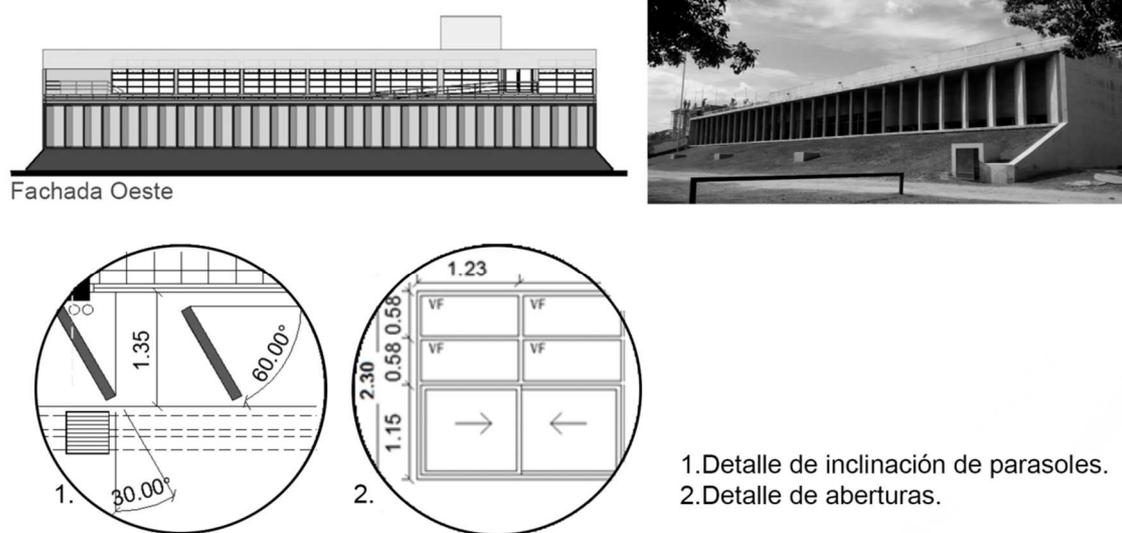


Figura 4

Fachada oeste PB – foto-detalles de abertura y protecciones

La fachada oeste en planta alta, se resuelve con aberturas continuas de aluminio con vidrio laminado float 3+3, protegida por un parasol vertical de 1,45 m de altura, separado de la ventana por vigas de H° A perpendiculares al muro y cortinado *black out*, tal como se muestra en la foto y detalle de la figura 5.

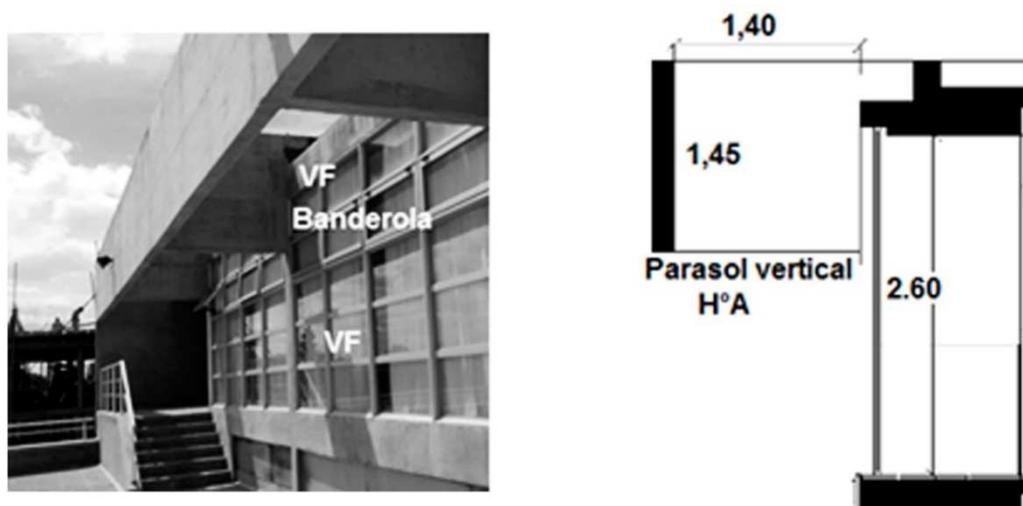


Figura 5

Fachada oeste Planta Alta. Detalles de abertura y protecciones

El sistema constructivo utilizado se conforma en su totalidad por tabiques y vigas de hormigón armado a la vista, moldeados *in situ*. Todos los muros exteriores son de 20 cm de espesor de hormigón armado, sin aislaciones.

Resultados.

Estudio soleamiento. Programa de simulación Ecotect

Se realizó la simulación de la trayectoria solar anual. En la figura 6 se observa el recorrido solar y las sombras arrojadas para dos días particulares del año, 10 de enero y 10 de mayo respectivamente. En invierno: la altura del sol a las 12 hs es de 36° y el azimut del ocaso (puesta de sol) se produce antes del oeste, a $Z=61^\circ$ W. En verano: la altura del sol a las 12 hs es de 82° y el azimut del ocaso se produce más allá del oeste, a $Z=117^\circ$ W, todas estas condiciones de posición y recorrido solar condiciona el diseño de las protecciones. Al oeste la direccionalidad y ángulo de los parasoles de PB diseñados no obstruye la penetración solar directa del verano en los locales a partir de ciertas horas de la tarde y en Planta Alta la pantalla diseñada como elemento de protección tampoco logra obstruir la radiación en determinadas horas.

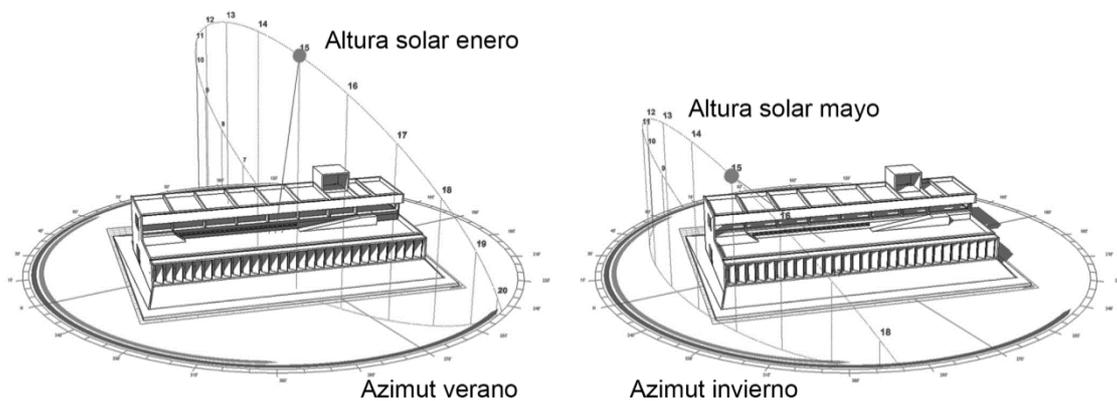


Figura 6
Recorrido aparente solar

Análisis de exposición e incidencia solar en las fachadas este y oeste

Hacia el este abren espacios destinados a oficinas de trabajo en PB, biblioteca en primer piso y servicios en Planta Alta. Es una fachada completamente vidriada con una secuencia de finos tabiques de H°A. Se analizan las penetraciones y/o obstrucciones solares para verificar el desempeño de las aberturas y sus protecciones. Se eligen dos fechas significativas 10 de julio para verificación en invierno y 10 de diciembre para verano. Se observa que ingresa sol durante las horas de la mañana todo el año, con una altísima penetración en invierno y menor en verano, por una mayor altura solar. Los pequeños tabiques y aleros no obstruyen el ingreso de sol y no protegen de la gran incidencia como muestra la figura 7.

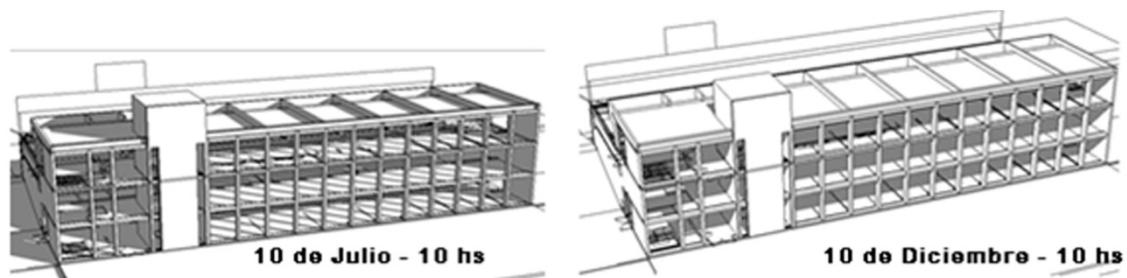


Figura 7

Fachada este, análisis de penetración de radiación solar, Julio y diciembre, 10hs

Hacia el oeste abren talleres en Planta Baja y aula de Tesis. La fachada oeste presenta distintos comportamientos frente a la protección de la incidencia solar por los diferentes recursos empleados para una misma orientación, en Planta Baja y en Planta alta.

En la planta baja los parasoles fijos, antes descriptos, obstruyen la penetración solar en los meses de junio, julio y agosto pero permiten ingreso de sol a última hora de la tarde en mayo y septiembre, aumentando los tiempos de ingreso solar a partir de noviembre en adelante en horas de la tarde, son meses muy calurosos donde la radiación solar acrecienta el discomfort térmico. En la planta alta la protección (pantalla vertical, descrita) obstaculiza el ingreso de sol sólo algunas horas de la tarde. Se observa gran incidencia de sol durante todo el año, como se muestra en los gráficos arrojados de la simulación con Ecotect, Figuras 8 y 9.

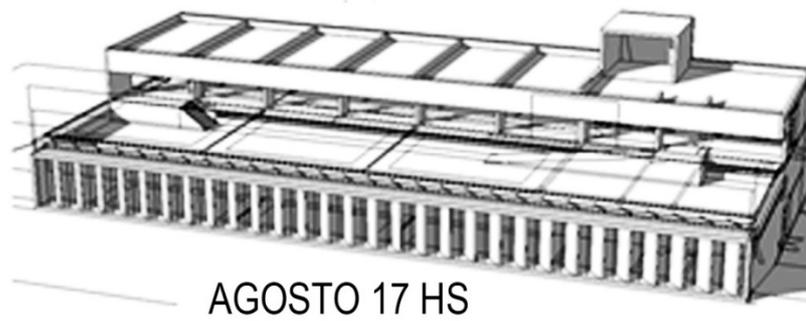


Figura 8
*Fachada oeste, análisis de penetración de radiación solar en agosto, 17 hs.
(obstrucción en PB – penetración en PA)*

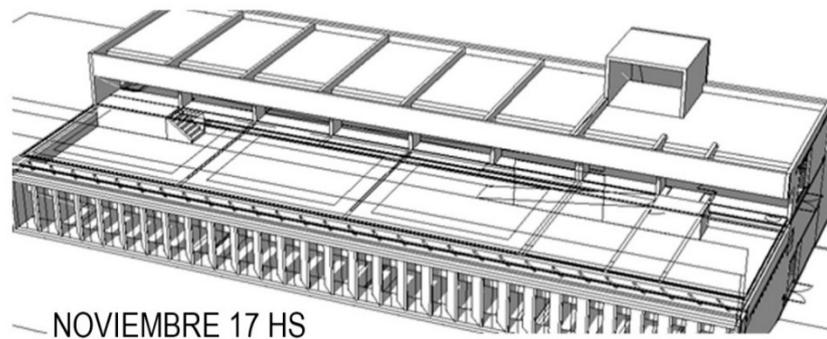


Figura 9
*Resultados de incidencia solar en las fachadas. Fachada oeste, noviembre, 17 hs.
(penetración solar en PB y PA)*

El estudio de exposición e incidencia solar, en las dos fachadas principales del edificio (este y oeste) arroja como resultado gran diferencia de comportamiento de las fachadas en relación a las protecciones diseñadas para Planta Baja y para Planta Alta. En planta Baja el ingreso indeseado de sol se da en los meses calurosos, de noviembre a mayo, lo que produce discomfort térmico y en Planta alta el ingreso de sol se da en mayor o menor medida todo el año, se logra obstrucción a la incidencia solar directa sólo cerrando los cortinados de *black out*, que está colocados pero en detrimento de la iluminación natural. En Planta Baja no hay protecciones internas a la radiación solar.

En los cortes de la figura 10 se observa la penetración solar en julio a las 17 hs. en el aula de tesis en planta Alta y la protección eficaz de los parasoles en Planta Baja, para esa misma fecha y hora, mientras que en diciembre se observa penetración solar en ambos pisos.

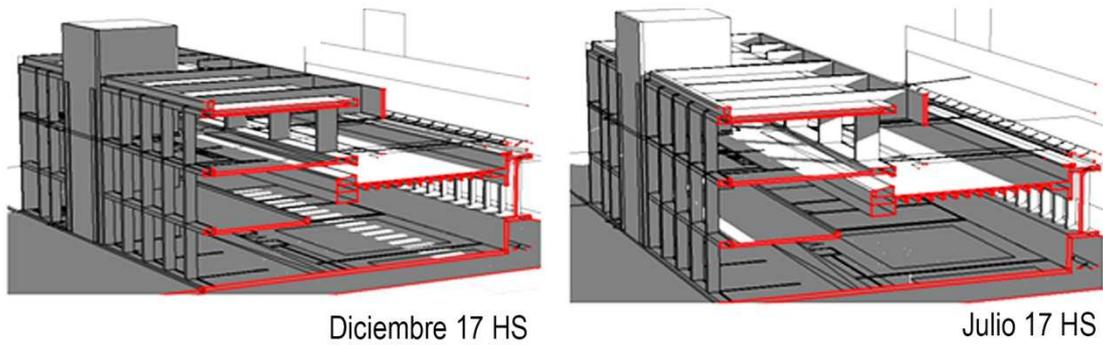


Figura 10

Cortes, se observa el comportamiento diferenciado de las protecciones en diciembre y julio respectivamente (17 hs.)

Máscaras de sombra

Se realizan los diagramas estereográficos de las ventanas de cada taller, lo que nos permite obtener datos más precisos de las horas y los meses en los que actúan las protecciones y en las que hay incidencia solar. Se efectúa la máscara de sombras de las aberturas orientadas al oeste de los talleres de planta baja protegidos por los parasoles de hormigón armado, tal como muestran las figuras 11 y 12.

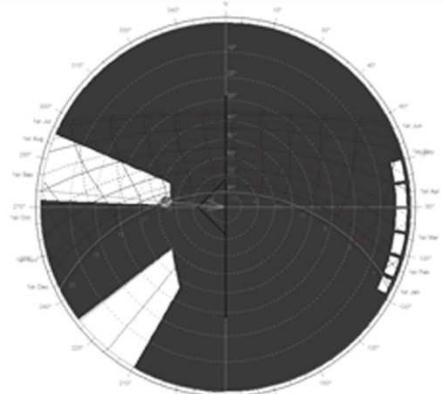


Figura 11

Fachada oeste PB. Máscara de sombra

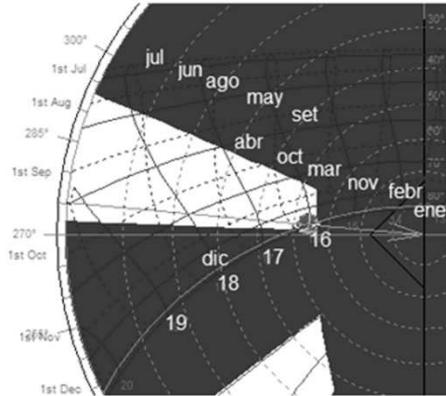


Figura 12
Detalle de máscara de sombra

Se observa en el Taller A penetración solar en los equinoccios de otoño y primavera, y en menor medida en diciembre y febrero. El ingreso de sol se produce en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero según el siguiente detalle:

Marzo: de 16:15 a 18:30

Abril: de 17:00 a la puesta de sol

Mayo: desde las 18:00 a la puesta de sol.

Septiembre: de 17:30 a la puesta de sol.

Octubre a partir de las 16: 15 aproximadamente hasta casi las 19 hs.

A partir de Noviembre comienza a disminuir el tiempo de penetración solar una hora y media aproximadamente diciembre y febrero una hora y menos de una hora en enero, hasta ser nula en los meses de junio, julio y agosto, (los meses de invierno). El oeste es una orientación que dificulta el diseño de las protecciones, el ángulo de azimut que adopta el sol en la puesta imposibilita la protección total sobre todo si se diseñan parasoles fijos con un ángulo determinado.

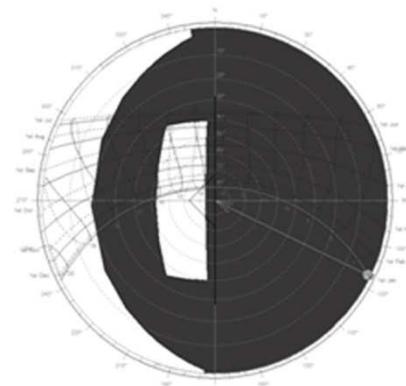


Figura 13
Máscara de sombra, de las aberturas de Taller B, Planta Alta con sus protecciones

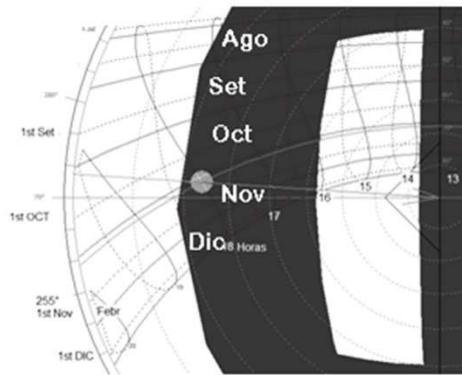


Figura 14
Detalle de máscara de sombra de figura 13

En el Taller de planta alta, la protección del parasol vertical ofrece una protección parcial durante todo el año, al ser ventanas al oeste el sol ingresa a partir del mediodía solar, ingresa sol las primeras horas de la tarde desde las 13:45 hasta las 15:30, 16 y 16:15hs.respectivamente durante los meses del año, excepto los meses de junio, julio y agosto donde la altura del sol es muy baja (26°). Según los distintos meses, comienza a actuar la protección desde esos horarios hasta aproximadamente las 17 hs en agosto, septiembre, octubre, 18 hs en noviembre y 18:30 hs, en diciembre, donde comienza a haber nuevamente penetración solar hasta la puesta de sol. Evidentemente la protección de pantalla vertical colgada a la altura de la cubierta es insuficiente y relativa, teniendo en cuenta que las aberturas son de piso a techo y la pantalla ofrece protección sólo una franja horaria.

Análisis de insolación en las aulas

Calculamos con *Ecotect* la irradiación, término que se usa para determinar la cantidad de energía que se capta en un área (KW/m^2) y con este dato el programa arroja resultados de insolación en los locales simulados. La insolación es la acumulación de energía promedio durante un periodo de tiempo, es decir es la misma irradiancia pero considerando un tiempo promedio de permanencia sobre una superficie, se expresa en Wh/m^2 . Con el programa trabajamos sobre una grilla de análisis de 0.5×0.5 , por ello las unidades son en Wh , tomamos los valores acumulativos de 8 a 18 hs. Para los días - 10 de abril, 10 de noviembre y 10 de febrero, representativos de distintas estaciones del año, como muestran las figuras 15,16 y 17.

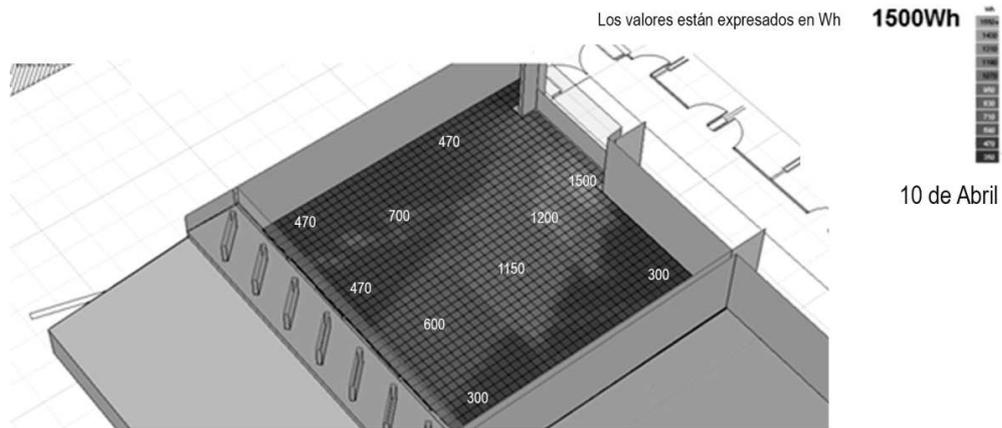


Figura 15
 Insolación en Taller A (PB), valores acumulativos en Wh. el día 10 de abril

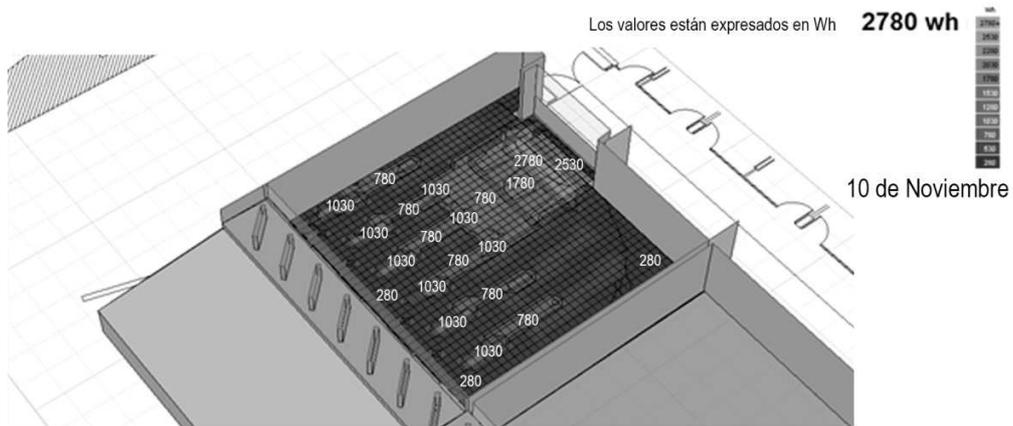


Figura 16
 Insolación en Taller A (PB), valores acumulativos en Wh. día 10 de noviembre

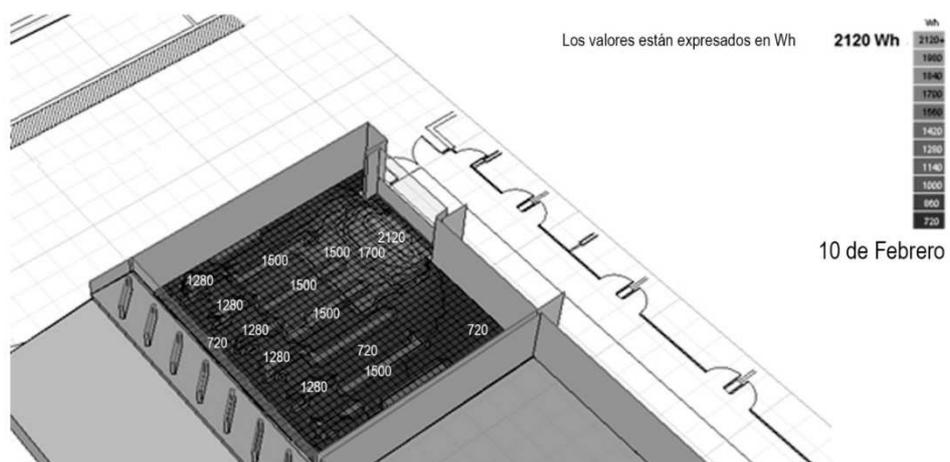


Figura 17
 Insolación en Taller A (PB), valores acumulativos en Wh. el día 10 de febrero

Los valores de insolación en el taller A de planta baja se van incrementando de 1500 Wh en abril, a 2780 Wh en noviembre y 2120 Wh en febrero, los espacios interiores reciben aportes de ganancia solar, a los que se suman los aportes por ganancias internas y los aportes por ganancias de las envolventes (muros, pantallas, parasoles de hormigón con mucha masa). En los meses fríos, el aporte solar es beneficioso para aprovechar la ganancia directa, pero en los meses cálidos y calurosos el excesivo aporte puede causar sobrecalentamiento de los espacios y el consecuente discomfort.

En las figuras 18,19 y 20 se muestran los resultados de la insolación en el Taller B de PA.

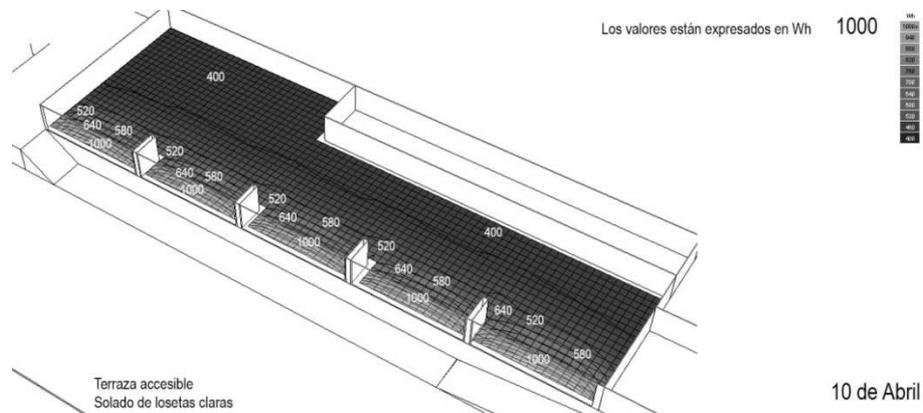


Figura 18
Insolación en Taller B (PA), valores acumulativos en Wh. el día 10 de abril

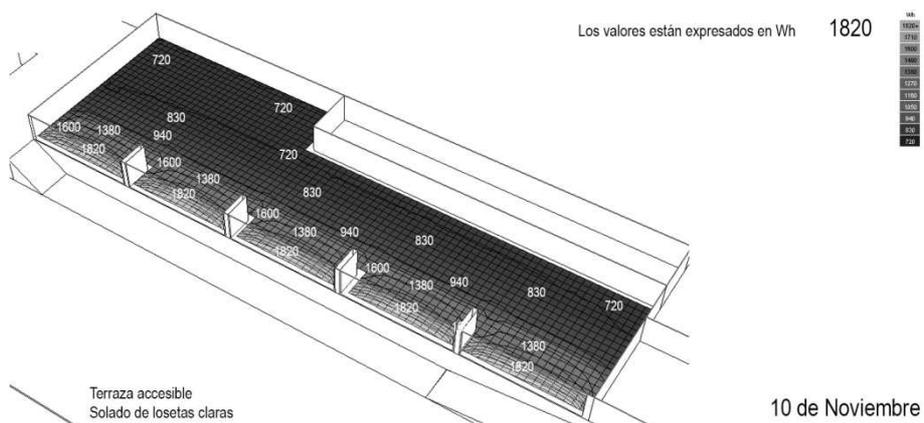


Figura 19
Insolación en Taller B (PA), valores acumulativos en Wh. el día 10 de noviembre

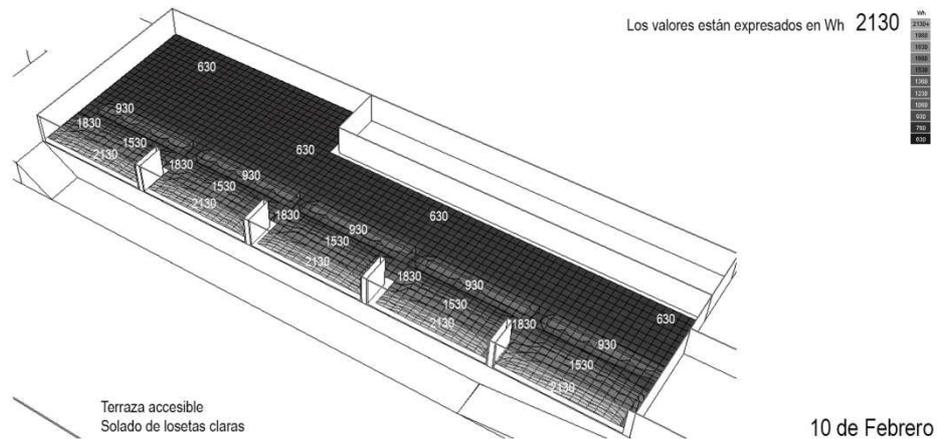


Figura 20
Insolación en Taller B (PA), valores acumulativos en Wh. el día 10 de febrero

Los valores de insolación en el Taller B de Planta Alta se van incrementando de 1000 Wh en abril, a 1820 Wh en noviembre y 2130 Wh en febrero como aporte de ganancia solar, (valor acumulativo de 8 a 18 hs).

Si comparamos el Taller A de Planta Baja y el Taller B de Planta Alta los valores de insolación alto en el primero se producen en un área alejada de las ventanas, mientras que en el segundo los mayores valores se dan cercanos a las ventanas, disminuyendo hacia el interior. Los gráficos muestran diferentes comportamientos de las distintas protecciones y el calentamiento de los talleres por aporte solar principalmente en los periodos cálidos.

Monitoreo

Se registraron las temperaturas interiores y exteriores y humedad relativa utilizando Hobos Data Logger. Se representaron las temperaturas registradas durante una semana tipo de cada una de las estaciones del año en gráficos cartesianos, donde en las ordenadas se indican las temperaturas y en las abscisas las horas. La temperatura exterior, representada por línea llena negra, Línea de trazos la temperatura interior en el Taller A de PB y línea de puntos la temperatura interior en el Taller B de Planta alta. En las figuras 21,22 y 23 se representan las curvas de temperaturas interiores y exteriores de una semana típica de los meses cálidos, octubre, diciembre y enero, este último mes el edificio permanece cerrado.

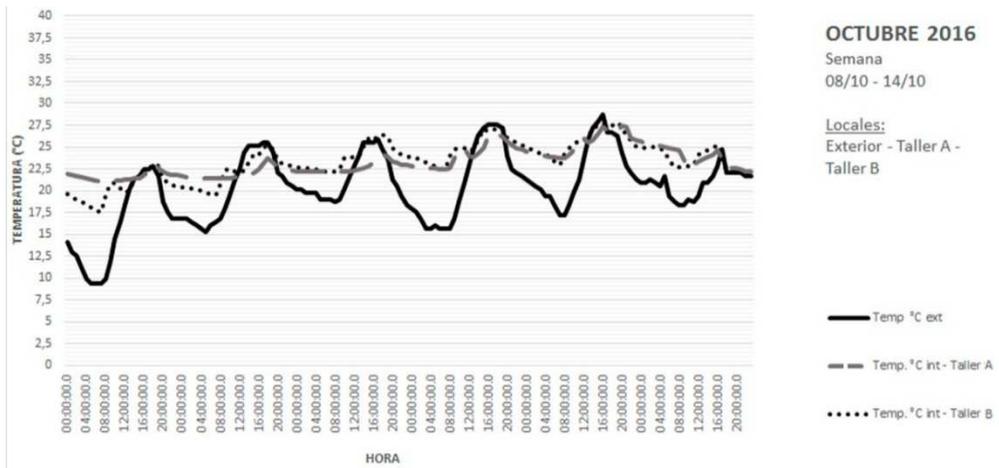


Figura 21
Curvas de temperatura interior y exterior en primavera

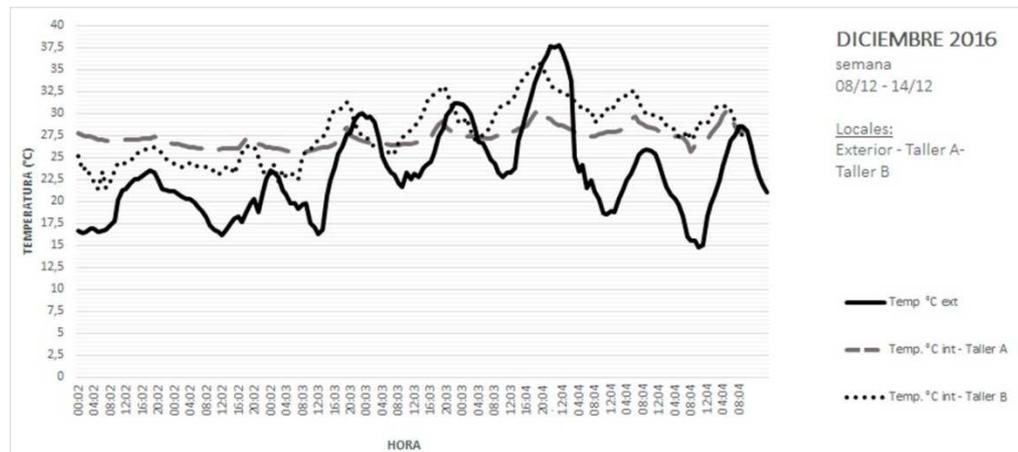


Figura 22
Curvas de temperatura interior y exterior en verano

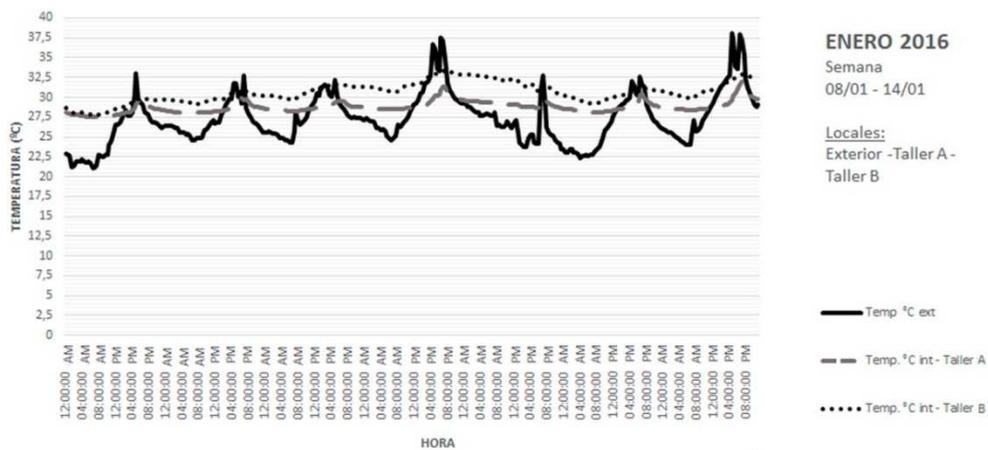


Figura 23
Curvas de temperatura interior y exterior en enero sin usuarios

La curva de temperatura exterior muestra la amplitud térmica (entre 12 y 14 grados), del clima de Córdoba, con altas temperaturas durante el día, que disminuyen durante la noche. Es posible observar que los espacios interiores no fluctúan a la par de las condiciones externas ya que describen una curva atenuada sin grandes variaciones entre el día y la noche, mostrándose constante y aplanada, y por encima de la curva de temperatura exterior. La curva copia los picos de las altas temperaturas pero no los de menor temperatura, el edificio no pierde calor, ni siquiera con el refrescamiento nocturno característico de nuestro clima. En los meses fríos como mayo y agosto, la curva de temperatura exterior sigue teniendo una trayectoria de altas y bajas dando cuenta de la amplitud térmica, favorecida por la alta radiación solar diurna y los días despejados. Las mínimas temperaturas se registran en horas de la madrugada. Las curvas interiores si bien copian su recorrido, siguen siendo aplanadas, desfasándose de la primera cuando las temperaturas alcanzan valores mínimos. Las curvas de temperatura interior están por encima de las temperaturas exteriores y el Taller A de Planta Baja por encima del Taller B de Planta Alta, lo que se traduce en un mejor comportamiento del primero respecto al segundo, tal como se muestra en los gráficos de la figura 24 correspondientes a una semana típica del mes de mayo (del 8 al 14 de mayo) y la figura 25 correspondiente a una semana del mes de agosto (del 8 al 14 de agosto).

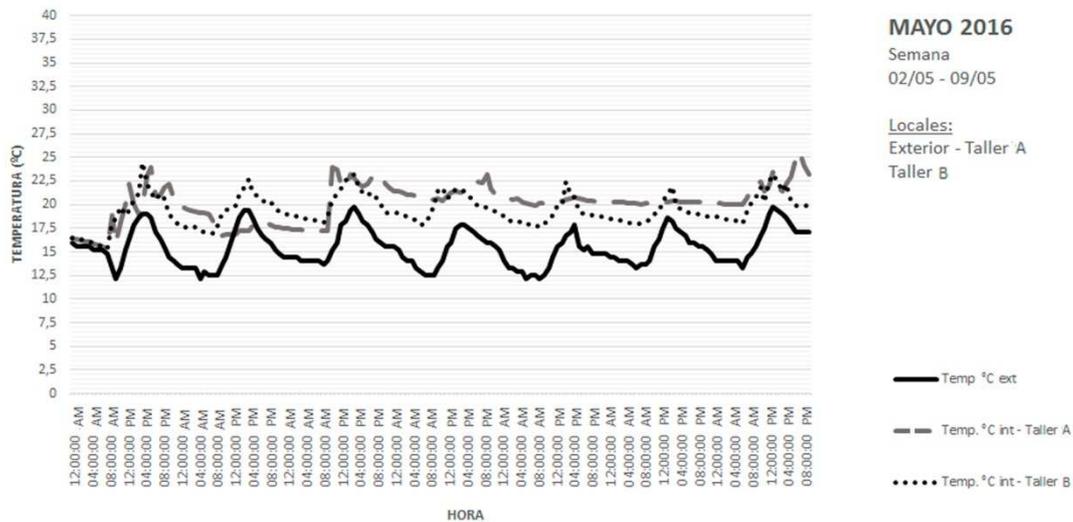


Figura 24
Curvas de temperatura interior y exterior en mayo

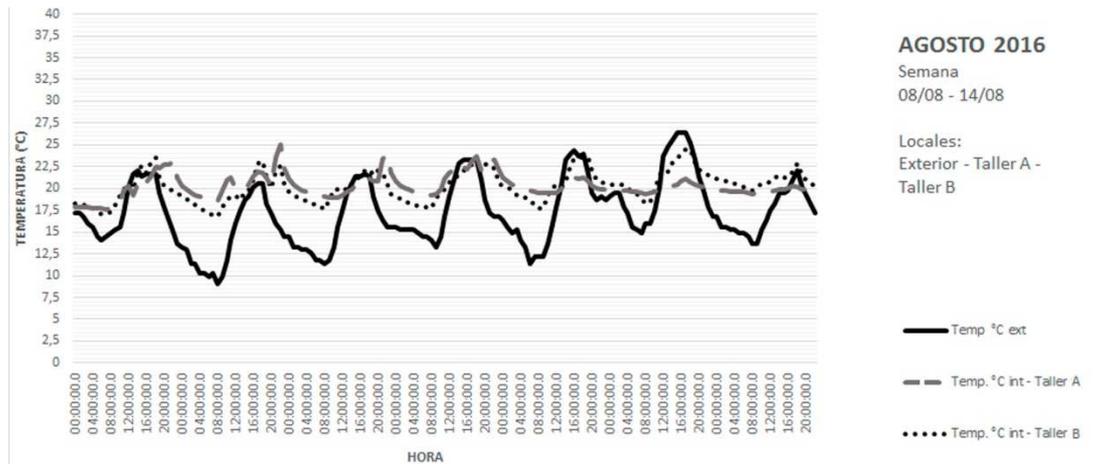


Figura 25
Curvas de temperatura interior y exterior en agosto

Retardo y amortiguación

En enero prácticamente no presenta valores de amortiguación considerables respecto al pico más alto de temperatura exterior. Podemos ver que cuando la temperatura exterior alcanza el valor más alto de 32°C , la curva de temperatura interior del Taller B llega a prácticamente el mismo valor con una mínima diferencia de medio grado y sin retardo mientras que en el Taller A mejoran las condiciones con una pequeña amortiguación de $2,5^{\circ}\text{C}$ y un retardo de 1,5 horas. Cuando la temperatura exterior baja en la noche y madrugada, las temperaturas interiores permaneces altas. En este caso la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior es de 3 ó 4 grados respecto a la temperatura mínima exterior, lo que significa que el edificio no perdió calor. Si bien hay que tener en cuenta que permaneció cerrado un largo período. Las temperaturas son mayores en el taller de Planta Alta, que puede estar condicionado por la cantidad de superficie vidriada presente en su fachada oeste, la cubierta expuesta y la condición de semienterrada de los talleres de PB. Los resultados muestran altos valores de temperatura interior, poca amortiguación térmica y escaso retardo, tal como muestra el grafico de la figura 26.

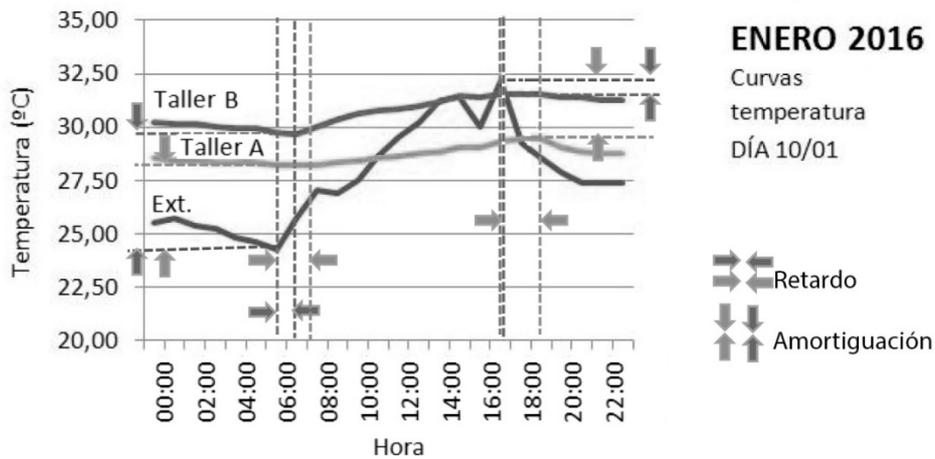


Figura 26
Retardo y amortiguación térmica, día típico de enero

En mayo las curvas representativas de un día muestran similar trayectoria, es decir que las curvas interiores copian el recorrido de la curva exterior, y se encuentran siempre por encima de ésta. Cuando la curva exterior alcanzó el mínimo valor de 14,9 grados centígrados, en el Taller A se midió una temperatura interior mínima de 21 grados centígrados y en el Taller B de 18 grados centígrados, lo que significa una amortiguación de 6 grados y un retardo de 4 horas en el primer caso y de 3 grados en el segundo, pero sin retardo térmico.

Cuando la temperatura exterior del día 10 de mayo alcanzó la máxima temperatura exterior de 18,5 grados centígrados, en el interior de los talleres la máxima temperatura alcanzó los 23 grados en el Taller A y los 21 grados en el Taller B, es decir una amortiguación de 4,5 grados y de 2,5 grados con un retardo de 3 horas para ambos casos tal como se muestra en el gráfico de la figura 27.

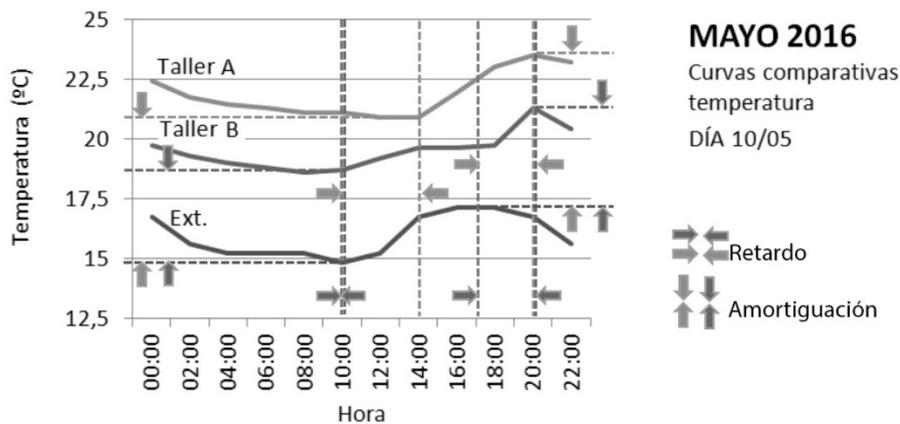


Figura 27
Retardo y amortiguación térmica, día típico de mayo

La explicación a este comportamiento se vincula a la ganancia por aporte solar antes explicado y al aporte de ganancias por envolventes, debido al sistema constructivo y materiales empleados en las cáscaras. Muros y parasoles de H^oA, si bien actúan de protecciones de sol, también son importantes masas acumuladoras de temperatura. De manera que mientras la temperatura exterior baja, los muros y parasoles irradian el calor acumulado durante el día.

Conclusiones

Las características constructivas definen espacios interiores con mucha constancia térmica, atribuible a la inercia de la masa edificada que no puede disipar el aporte diario, fundamentalmente vespertino, de la envolvente exterior.

El edificio en verano se sobrecalentó. No se disipó el calor en el espacio interior cuando en el exterior se percibió enfriamiento nocturno.

Dos resoluciones morfológicas y físicas distintas para una misma orientación y destino presentan comportamientos diferenciados frente al asoleamiento y al desempeño térmico. El edificio en Planta Baja con semi enterramiento y protecciones solares verticales y una relación menor de superficie transparente-opaco presenta mejor desempeño frente a una Planta Alta con protección horizontal expuesta que no ofrece protección solar eficaz, sin parasoles ni enterramiento, y con una mayor relación transparente- opaco.

El edificio en los meses cálidos no presenta un buen desempeño; hay penetración solar, lo que implica aporte por ganancia solar y sobrecalentamiento. Mientras que en invierno la penetración solar en Planta Baja está más controlada, no así en planta alta. Pero frente a condiciones de temperatura, conserva el calor que es lo recomendable en invierno, alcanzando valores de amortiguación de 3 a 4 grados y retardo térmico. El desempeño térmico del edificio en invierno es bueno.

En estas latitudes con diferencias estacionales tan marcadas, una solución adecuada para el periodo cálido no resultaría adecuada para el período frío. Pareciera que la solución adoptada es la conveniente para el período frío y resulta contraproducente para el periodo cálido, por lo que las propuestas de mejoras y recursos tenderán a contrarrestar los efectos negativos del excesivo calor y aliviar las condiciones térmicas negativas y energéticas del edificio frente al calor.

Agradecimientos

A los autores del proyecto, Cristian Nanzer, Alejandro Cohen y Alberto Baulina, por sus comentarios, datos e interés en este trabajo.

Al arquitecto Roberto Tambussi y a la arquitecta Ornella Benvenuto por su colaboración con la documentación técnica.

A SECyT por el financiamiento de proyecto de investigación.