

1º Congreso de Museos Universitarios  
**SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL COMPORTAMIENTO  
HIGROTÉRMICO BIBLIOTECA MUSEO DE INSTRUMENTOS  
MUSICALES DR. AZZARINI UNLP**

María de la Paz DIULIO<sup>i</sup>, Mauro GARCÍA SANTA CRUZ<sup>ii</sup>, Analía F. GÓMEZ<sup>iii</sup>,  
Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable LAyHS – Facultad de Arquitectura y  
Urbanismo FAU – Universidad Nacional de La Plata UNLP.  
Calle 47 n° 162. Teléfono 4236587/90 interno 255. [layhs@fau.unlp.edu.ar](mailto:layhs@fau.unlp.edu.ar)

## RESUMEN

La biblioteca del Museo de Instrumentos Musicales Dr Emilio Azzarini ha sido estudiada desde el año 2003 a través de relevamientos y mediciones que develan el estado crítico del ambiente en el que permanece la colección.

Dichas mediciones, realizadas en dos períodos (2003 y 2005), muestran que si bien la temperatura oscila cerca de la mínima admisible, la humedad excede ampliamente las condiciones óptimas. Utilizando los principios de la Conservación Preventiva se pretende alcanzar las condiciones óptimas para perpetuar las colecciones que guarda, y para esto se proponen algunas modificaciones en su envolvente.

El objetivo de este trabajo es analizar cuál será el comportamiento del edificio luego de aplicadas las medidas de diseño propuestas. La metodología utilizada consiste en realizar la simulación numérica, mediante el programa EnergyPlus, de las condiciones ambientales en las que permanecen alojados los bienes de la colección tanto en la actualidad como después de las mejoras a efectuarse.

## 1. INTRODUCCIÓN

El museo de Instrumentos Musicales Dr Emilio Azzarini, dependiente de la Universidad Nacional de La Plata, es miembro de la Red de Museos de la UNLP.

La base principal de su acervo la constituye la colección personal del Dr. Emilio Azzarini, legada a la Universidad por sus familiares después de su fallecimiento ocurrido en 1963. Desde esa fecha, hasta su creación como Museo el 9 de diciembre de 1985, funcionó dentro del ámbito de la Universidad, como Colección de instrumentos musicales Dr. Emilio Azzarini.

Reúne material de relevante importancia, podemos encontrar: manuscritos de Juan Pedro de Esnaola, "Missa Solemnis" de Beethoven y el único ejemplar conocido del "Boletín Musical" del impresor Ybarra que data de 1837.

Dentro de la clasificación que hace Santi Romero (ROMERO, S. 2003), la presente se encuadra en la categoría denominada "Biblioteca Especializada", es decir, que tiene un fondo centrado principalmente en un campo específico del conocimiento.

### 1. 1 Caracterización del sitio

La biblioteca estudiada se encuentra en la ciudad de La Plata, al noroeste Provincia de Buenos Aires. Esta ciudad es un centro administrativo y universitario, capital de la provincia y sede de la Universidad Nacional de La Plata.

Se encuentra a 34°55' de latitud sur y 57°57' de longitud oeste en la zona bioambiental III subzona B (IRAM 11603) caracterizada por un clima templado cálido húmedo. La temperatura promedio anual es de 16.1 °C con una amplitud térmica en invierno de 8°C y 10.6 °C en verano.

Por su cercanía al Río de La Plata la humedad relativa es elevada, siendo la media anual del 79%, con un promedio en invierno de 84.3 % y de 72.3 % en verano. El viento dominante es del sudeste. Las precipitaciones medias anuales están calculadas en 1023mm.

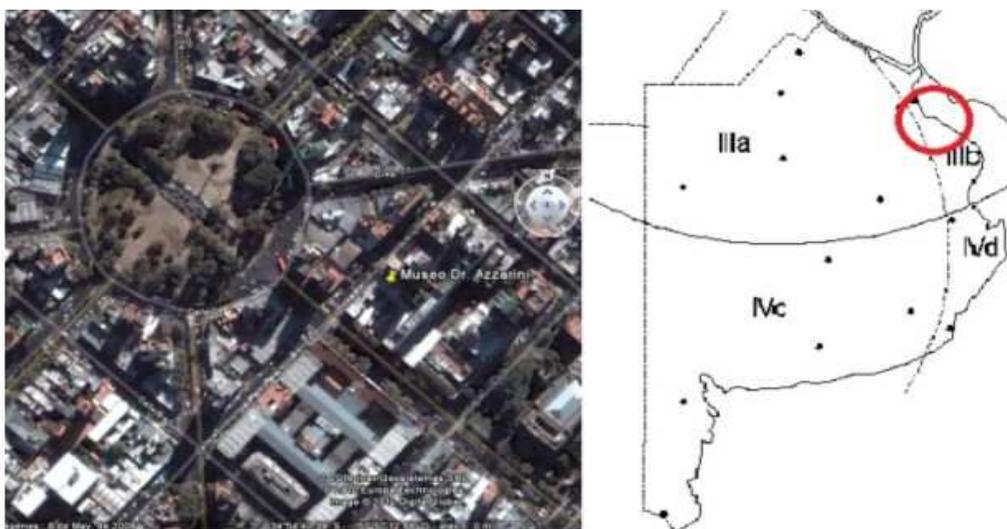
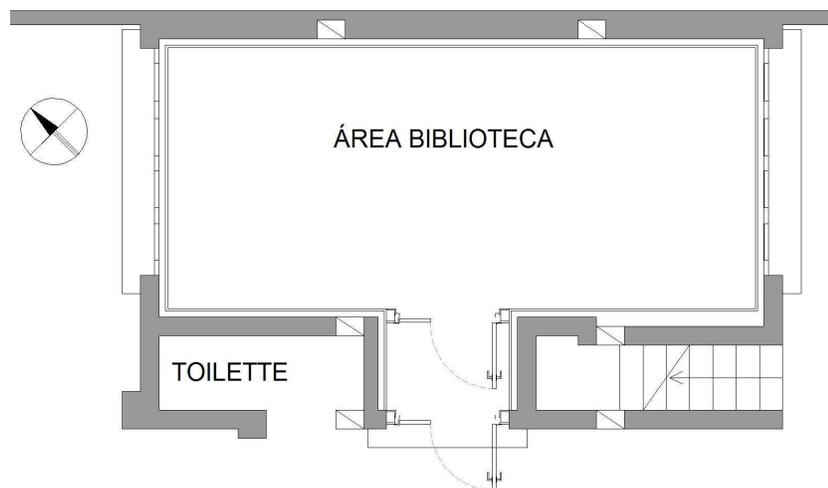


Figura 1: Ubicación de la Ciudad de La Plata dentro de la Provincia de Buenos Aires y su zonificación bioambiental.

## 1.2 Situación actual de la biblioteca.

La Biblioteca es una pequeña construcción de 25m<sup>2</sup>, en lo que era el garage de la antigua casa donde funciona actualmente el museo. Una de sus caras longitudinales está apoyada sobre la medianera NE del terreno, mientras que la otra, orientada al SO está limitada por un sector de servicios. Las caras pequeñas, frente y fondo del local, están en contacto con el exterior. La cubierta constituye una terraza accesible con una pérgola que no es de uso habitual.

Las dimensiones del espacio estudiado son 3,00m de ancho por 6,50 a lo largo. La altura del cielorraso es de 2,70m con un volumen de aire interior es de 52,65m<sup>3</sup>. La envolvente está constituida por muros de ladrillo macizo de 0.20 m de espesor con revoque en ambas caras y la cubierta es de losa de hormigón armado con contrapiso y solado en su parte exterior y cielorraso de yeso aplicado en el interior. Tiene dos aberturas localizadas en el frente y el contrafrente de 2,50 x 2,00 sin protección, con marcos y hojas de madera. Una de ellas funciona como acceso principal y la otra permanece bloqueada por estanterías. Sobre los vidrios de colocaron cortinas de lona vinílica para impedir el ingreso de radiación solar directa.



*Figura 2: Fachada del Museo y biblioteca en patio interior. Planta del proyecto de intervención de la biblioteca.*

El funcionamiento de la biblioteca es intermitente, ya que no posee personal que trabaje de forma permanente en el lugar, al momento de realizar este trabajo, hay una asistencia de aproximadamente 3 horas semanales, y durante ese tiempo se climatiza el ambiente con una estufa de cuarzo de dos velas. Fuera de ese período, no se efectúa ningún tipo de climatización.

### 1. 3 Parámetros de conservación

Podemos definir Conservación Preventiva como *“Todas aquellas medidas y acciones que tengan como objetivo evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas. Se realizan sobre el contexto o el área circundante al bien, o más frecuentemente un grupo de bienes, sin tener en cuenta su edad o condición. Estas medidas y acciones son indirectas – no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia..*

*Algunos ejemplos de conservación preventiva incluyen las medidas y acciones necesarias para el registro, almacenamiento, manipulación, embalaje y transporte, control de las condiciones ambientales (luz, humedad, contaminación atmosférica e insectos), planificación de emergencia, educación del personal, sensibilización del público, aprobación legal”.* ICOM 2008.

En éste caso, desde la arquitectura sustentable, modelamos el ambiente existente planteando mejoras que, desde el diseño, nos permitan alcanzar las condiciones óptimas de confort higrotérmico a las que apuntamos.

Los rangos de temperatura y HR ideales son según Bell y Faye (Bell, Faye; 1980) entre 15° y 20° C y una HR de entre 55% y 65% para papel, y es con éste criterio con el que trabajamos.

Más allá de las situaciones ideales, es prioritario mantener condiciones estables: la temperatura y la humedad deben permanecer dentro de los rangos recomendados a toda hora, todos los días del año.

El almacenamiento frío detiene el crecimiento de hongos y la actividad de los insectos. Esta situación es ideal para la biblioteca en cuestión ya que el material no se extrae del local y por lo tanto no se produce la condensación esperada al transferir un objeto frío a una sala calefaccionada.

En cuanto a lo constructivo el edificio debería mantenerse en buenas condiciones: grietas, filtraciones y goteras deberían repararse tan pronto como

aparezcan. Es sabido que las instituciones usualmente no cuentan con recursos económicos ni con mano de obra disponible para realizar un mantenimiento preventivo, por eso toda innovación arquitectónica debe poner en consideración esta situación y proponer buenas pendientes en cubiertas con desborde de canaletas, materiales con bajo mantenimiento especialmente en aberturas, buen escurrimiento en pisos y terrazas, protecciones adecuadas en orificios y conductos de ventilación. (Ogden, S. 2000)

## 2. METODOLOGÍA

El objetivo principal de esta simulación es conocer cuál será el comportamiento del edificio luego de finalizadas las mejoras. Esto nos dará la posibilidad de realizar modificaciones al proyecto si los resultados no fueran satisfactorios. Para esto fue necesario realizar una auditoría completa de las condiciones existentes en el interior y en las inmediaciones para luego compararlos con los datos simulados.

### *2.1 Datos auditados*

Se colocaron tres microadquisidores de datos HOBO H08-004-02 en el interior y un HOBO Waterproof en resguardo meteorológico en el exterior que registraron cada 10 minutos información referente a temperatura, humedad relativa, punto de rocío e iluminación.

Los datos obtenidos mediante los microadquisidores fueron clasificados, analizados y graficados con Excel®. Se grafican tanto la HR como la temperatura interior y exterior. Los datos se muestran comparados con la situación óptima de conservación. (de GUICHEN, G. 1984)

### *2.1 Datos simulados*

Para llevar a cabo las simulaciones se realizó un modelo en Energy Plus (EP) mediante el complemento de Open Studio en Google SketchUp. Permitiendo visualizar una maqueta virtual del local a simular. (*Figura 7*)

Luego se incorporó al modelo información externa necesaria para evaluar los resultados.

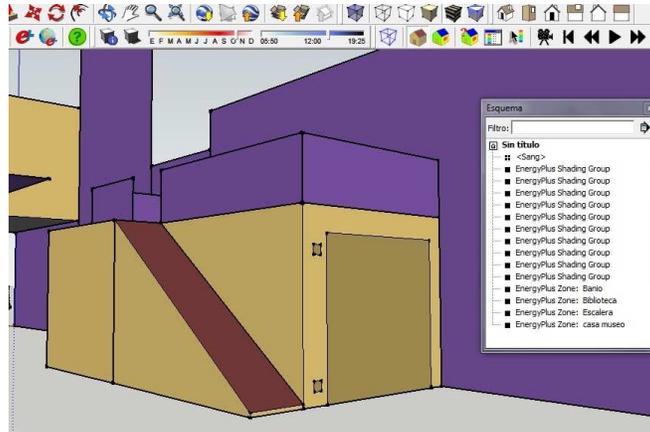


Figura 7: Maqueta en Google ScketchUp para interacción con Energy Plus

### 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La simulación realizada sobre la situación actual arroja valores similares a los datos auditados. Ha resultado más simple dominar la temperatura, sin embargo la humedad relativa se ve afectada por situaciones de ventilación mucho más sensibles.

Observamos que los valores arrojados al incorporar la doble envolvente ventilada (DEV) muestran resultados que tienden a cumplir con los valores admisibles de temperatura y humedad relativa.

#### 3.1 Humedad Relativa

Se puede observar en la *figura 8* que el edificio amortigua muy bien las oscilaciones de HR exterior. Si bien supera en exceso la máxima admisible es una característica positiva el hecho que permanezca constante. De acuerdo con las premisas de conservación, es preferible obtener condiciones constantes a condiciones óptimas con grandes oscilaciones, ya que es justamente en éstas cuando se generan los daños en los documentos, ya sea por deformaciones físicas o alteraciones químicas.

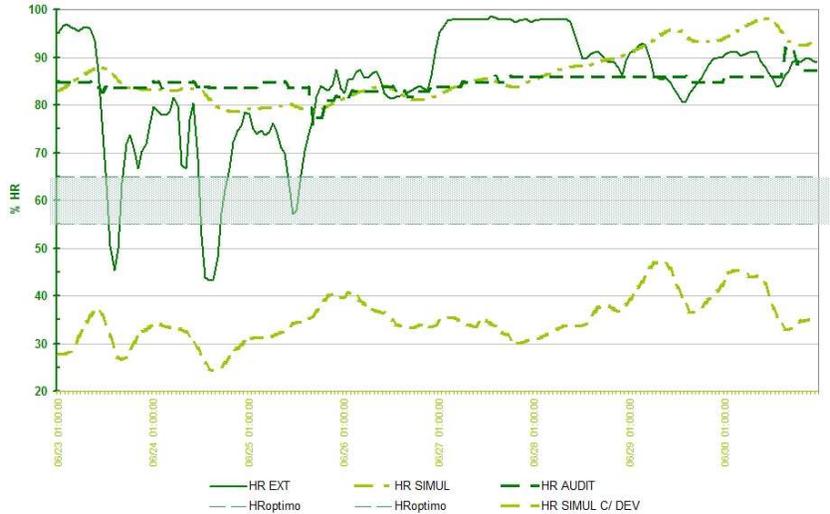


Figura 8: Humedad relativa en el transcurso del período estudiado para datos exteriores, de auditoría, simulados en las condiciones actuales y simulados con DEV.

En la simulación se observa una leve tendencia a acompañar con cierto retardo la situación exterior. El hecho que las mediciones coincidan con los datos reales auditados nos da la seguridad que el modelo creado es válido para proceder con la etapa siguiente de simulación con DEV.

Al incorporar la DEV a la simulación detectamos un fuerte descenso de la HR con valores extremos de 25% y 45%, muy por debajo de los parámetros esperados. Estos valores nos permiten manejar las simulaciones con diferentes características en las ventilaciones.

### 3.2 Temperatura

El edificio se encuentra con una temperatura promedio de 1,2 °C por debajo de los valores ideales de temperatura, sin embargo es también una ventaja que las variaciones sean menores a 1,5 °C en todo el período ya que la estabilidad, como se ha observado, es un aspecto positivo.

Podrían alcanzarse valores óptimos de temperatura incorporando aislamiento térmico en los muros exteriores, en la cubierta, y mejorando la estanqueidad de aberturas.

Por otra parte si alcanzáramos la temperatura óptima sin resolver previamente la HR estaríamos en serio riesgo de caer dentro de las condiciones adecuadas para el florecimiento de mohos y otros agentes de deterioro del papel.

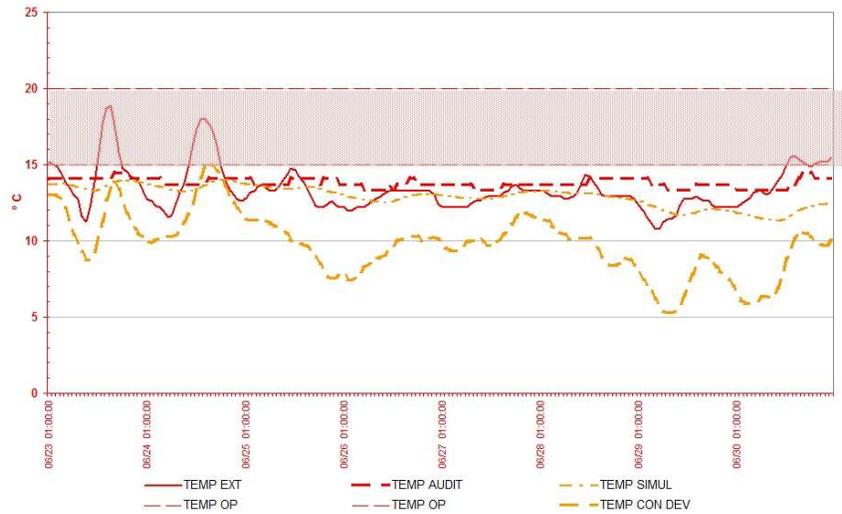


Figura 9: Temperatura en el transcurso del período estudiado para datos exteriores, de auditoría, simulados en las condiciones actuales y simulados con DEV.

### 3.3 Análisis de un día típico de invierno

Promediando los datos horarios de la semana estudiada obtenemos un esquema que nos representa la tendencia de temperatura hora a hora.

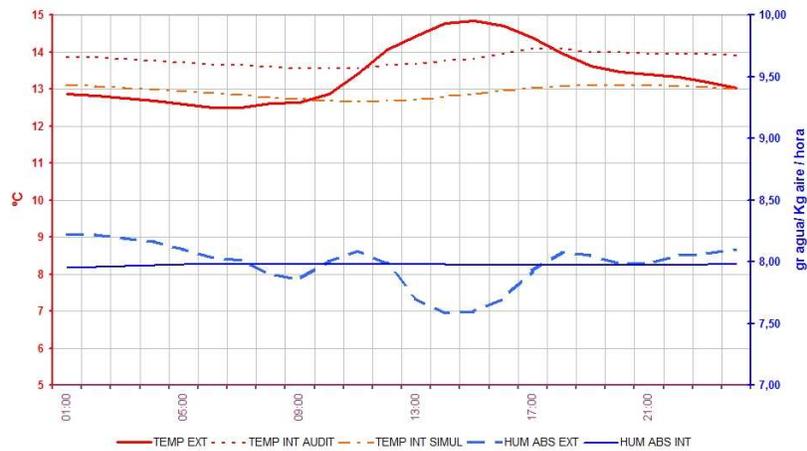


Figura 10: Análisis de la temperatura y la humedad absoluta de un día típico de invierno promedio.

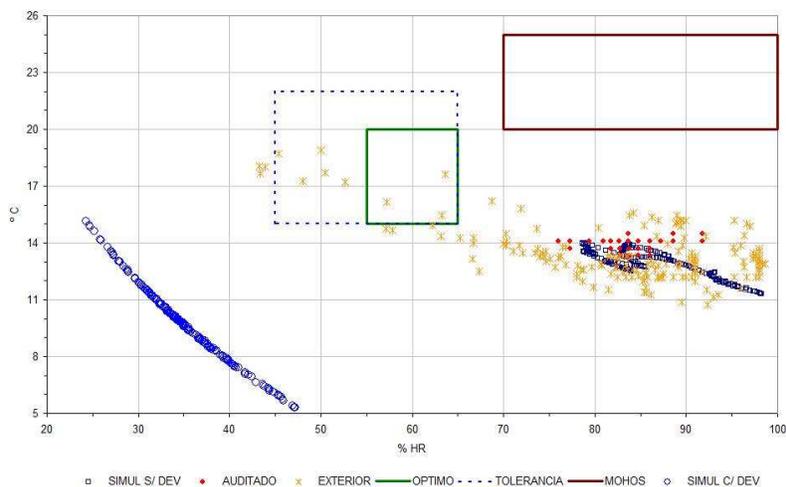
Esto nos da la pauta de debemos procurar una rutina de ventilación, previa capacitación del personal, donde se recomienda maximizar la ventilación en la franja horaria del mediodía en días soleados. De esta manera ingresa el aire con menor contenido de humedad desplazando el aire saturado interior.

#### 4. CONCLUSIONES

En esta etapa de avance de la simulación hemos podido ajustar el EP para analizar las variaciones que otorga la aplicación de la doble envolvente ventilada. Los resultados obtenidos en el Museo de la Shoá en 2005, nos llevan a afirmar que se alcanzarán valores ideales, sin dispositivos mecánicos ni eléctricos, utilizando simplemente corrientes de aire protegidas.

Lo que verificamos es que este programa nos brinda la posibilidad de realizar estudios necesarios para este tipo de espacios, donde la HR es el parámetro mas importante a controlar para la conservación de los bienes.

En el siguiente gráfico (*Fig. 11*) podemos observar la ubicación de los puntos simulados con DEV alineados en el ángulo izquierdo inferior y vemos un exceso en la reducción de HR.



*Figura 11: Comparación de los datos exteriores, auditados y simulados con las condiciones óptimas de conservación de Bell y Faye.*

#### 5. DISCUSIÓN

A mediados del mes de agosto del corriente año recibimos la noticia de que la biblioteca a la que nos referimos ya no conservaría este espacio. Como nos encontrábamos en pleno desarrollo de las simulaciones decidimos continuar con el

artículo tanto para darle un cierre a las conclusiones como para corroborar las hipótesis formuladas.

La Universidad nos ha asignado la terraza sobre la actual biblioteca para que podamos desarrollar el proyecto con el que contamos con fondos de un proyecto PIP-CONICET. La realización será de mayor envergadura, así que esperamos contar con otros apoyos económicos para llegar a buen puerto. Además de modificarse la ubicación, este nuevo proyecto requerirá materiales distintos a los analizados, lo que nos obliga a realizar un nuevo trabajo de simulación. El tiempo de ejecución de los trabajos dilatarán los períodos de nuevas mediciones.

Es nuestra intención mostrar con transparencia el trabajo realizado en el sitio, pero por causas ajenas a nuestra voluntad no podremos concluir con la etapa final de auditoría que mostraría los resultados concretos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bell, L; Faye, B. "La concepción de los edificios de archivos en países tropicales" UNESCO 1980.

Romero, S. "La arquitectura de la biblioteca. Recomendaciones para un proyecto integral". Barcelona, 2003. Pag 16.

Ogden, S. (editora) "Temperatura, humedad relativa, luz y calidad del aire: pautas básicas para la preservación" Manual de preservación de bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center. DIBAM-Chile, 2000

Olgay, Victor. "Desing with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism". Princeton University Press. 1963

Filipin, C. (2005). Uso Eficiente de la energía en edificios. 1º ed. La Pampa: Amerindia.

Michalski, S. (2007) Cómo administrar un museo: manual práctico. Capítulo 4: "Preservación de las Colecciones"

IRAM, Instituto Argentino de Normalización (2002). Serie de normas sobre acondicionamiento térmico de edificios. Norma 11603 – "Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina"

Gómez, A. (2009) "Una aproximación al diseño ambientalmente consciente en espacios de guarda. Estudio de casos". Seminario de Investigación en Museología de los países de habla portuguesa y española. Porto, Portugal. ISBN: 978-972-8932-61-9. Editor: Universidade do Porto / Faculdade de Letras / Biblioteca Digital.

Gómez, A. et al (2005) Museo del Holocausto (Shoa) Fundación Memoria del Holocausto de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Mediciones higrotérmicas en la Reserva. ENCAC – ELACAC 2005.

Osborne, A et al (2010) "Simulation Prototyping of an Experimental Solar House" Energies 2010. ISSN 1996-1073

De Guichen, Gaël. (1984) Climate in museums. Measurement. Centre International pour la Conservation, ICCROM, Roma, 1998

Página web <http://museoazzarini.blogspot.com/> Última fecha de consulta 3/09/2010.

Melo, A. P; Lamberts, R (2008) Manual de simulação computacional de edificios naturalmente ventilados no programa EnergyPlus. Laboratorio de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil.

US Department of Energy (2009) Input output reference. The encyclopedic reference to EnergyPlus input and output. EE.UU.

---

<sup>i</sup> Arquitecta. Becaria CIC. Ayudante de Cátedra Diplomado. LAyHS-FAU-UNLP [diuliomp@gmail.com](mailto:diuliomp@gmail.com)

<sup>ii</sup> Estudiante FAU. Becario LAyHS - FAU-UNLP [mggarciasc@gmail.com.ar](mailto:mggarciasc@gmail.com.ar)

<sup>iii</sup> Arquitecta. Profesora Titular FAU-UNLP. Profesora Adjunta FACC-UMSA. Investigadora Adjunta CONICET. LAyHS – FAU–UNLP [afgomez@mouseion.com.ar](mailto:afgomez@mouseion.com.ar)