

## **ANÁLISIS EDIFICIO ENERGÉTICO PRODUCTIVO DE LOS EDIFICIOS DE SALUD.**

Irene Martini<sup>1</sup>, Carlos Discoli<sup>2</sup>, Yael Rosenfeld<sup>1</sup>, Elías Rosenfeld<sup>2</sup>

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, UI N°2, FAU. UNLP  
Calle 47 N°162. CC 478 (1900) La Plata. [http://idehah\\_fau\\_unlp.tripod.com/ui2/](http://idehah_fau_unlp.tripod.com/ui2/)  
e-mail: imartini@arqa.com. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587/90

### **RESUMEN**

Este trabajo se ocupará de estudiar las alternativas de diseño edilicio; el mejoramiento de la gestión energética y la producción de servicios de salud a partir de un análisis diferencial de las variables estructurales y críticas. Se plantea construir Módulos Edificios Energéticos Productivos (**MEEP**), teniendo en cuenta la edificación en función de su diversidad y complejidad; los consumos energéticos, el clima, la habitabilidad, el equipamiento, los usos y los costos operativos. Esto nos permite conocer las interacciones entre variables, e identificar aquellas que tengan mayor incidencia en el consumo energético. Con la integración de los diferenciales se construyen las Unidades Funcionales, los Servicios y las Áreas características de un hospital, definiendo así, desde un aspecto teórico los nodos o establecimientos de salud de diferente complejidad. Estudiar las diferentes escalas nos permite identificar, contrastar, validar y ajustar los resultados obtenidos en cada una de ellas y generar pautas de diseño que apunten a un funcionamiento óptimo. Como ejemplo se analizó un hospital de alta complejidad, a los efectos de comparar el estado real con la construcción teórica (integral de MEEP), pudiendo así validar la metodología de análisis.

**Palabras claves:** consumo energético- integración de servicios- validación metodológica.

### **1. INTRODUCCION**

La red de salud, constituida por diferentes grados de complejidad, presenta diversos problemas, entre los que podemos mencionar los de habitabilidad higrotérmica y deficiente uso de la energía. Por otra parte, en la década del 90, las estructuras organizativas públicas del país se han privatizado, mediante procesos de descentralización y de autofinanciación. Este cambio, genera la necesidad de contar con información calificada que presente un perfil actualizado de los diversos establecimientos. Para ello se desarrolló una metodología de diagnóstico con el objeto de poder predecir comportamientos, detectar distorsiones en los nodos (edificios de salud) e identificar las variables críticas que tengan mayor incidencia en el ahorro energético considerando las variables tecnológicas, energéticas, productivas y de comportamiento. Se plantean tres escalas posibles de análisis:

- i- Global: Subsectores, entendidos como redes de servicios conformadas por nodos: salud, educación, etc.;
- ii- Particular: Nodo de cada subsector, estudiados como integradores de unidades diferenciales;
- iii- Diferencial: MEEP, analizados como unidad diferencial de servicios considerando su edificación, los consumos energéticos, el clima-confort, el equipamiento y los costos operativos.

El estudio profundizado de las distintas escalas permite contrastar, validar y ajustar los resultados obtenidos en cada una de ellas. La metodología desarrollada a partir del estudio detallado de las variables edilicias (sistema constructivo, tipología edilicia, tipo de protecciones en ventanas, superficies vidriadas y opacas), su localización, clima, ocupación, iluminación y equipamiento, nos permite generar alternativas de diseño edilicio; mejoramiento de la gestión energética y en la producción de servicios de salud. Asimismo, nos permite cuantificar y discriminar los requerimientos energéticos mediante la construcción de sectores característicos de cada servicio

---

1- Becario CONICET; 2- Investigador CONICET.

básico de salud, (denominados Módulos Edilicios Energéticos Productivos MEEP) e identificar detalladamente las variables críticas que tengan mayor incidencia en la racionalización energética en cada uno de los diferentes niveles de integración (I. Martini et al, 1999). Estos niveles se identifican como:

- a- **MEEP base:** son los diferenciales de análisis de los establecimientos de una red;
- b- **MEEP periféricos:** están en interrelación directa con los MEEP base, que no alcanzan la categoría de diferencial de prestación aunque intervienen en el proceso y en algunos casos, tienen un peso energético significativo;
- c- **Unidades Funcionales (UF):** constituyen el conjunto de MEEP base y sus periféricos, conformando unidades mínimas de funcionamiento real de la prestación;
- d- **Servicios:** son las sumas de unidades funcionales de un mismo tipo;
- e- **Áreas:** el conjunto de servicios se agrupa en áreas diferenciadas según el tipo de prestación;
- f- **Establecimientos:** el conjunto de áreas conforma el establecimiento.

Este trabajo plantea la integración de la metodología desarrollada a nivel MEEP como herramienta de diseño y mejoramiento. Esto nos permite:

- Identificar en los distintos niveles de integración las variables de diseño críticas que tengan mayor incidencia en la racionalización energética, con el objeto de proponer pautas de diseño y mejoramiento para los edificios de la red de salud a partir de las posibles alternativas de optimización ya sea a nivel diferencial como global;
- Construir un nodo teórico (establecimiento), para verificar el nivel de ajuste con respecto a la escala particular y la global; y
- Comparar distorsiones entre cada nodo teórico (obtenido por la integral de MEEP) con los perfiles de caracterización obtenidos en la escala global.

Esta instancia nos permitiría conformar óptimos de diseño. (C. Discoli, 1998).

## 2. LA INTEGRACIÓN DE LOS MEEP

Se plantea mediante el proceso de integración de servicios, identificar las variables de diseño críticas que tengan mayor incidencia en la racionalización energética. Asimismo, esto nos permite validar y ajustar la metodología desarrollada a nivel diferencial (MEEP) comparando los resultados con los obtenidos a nivel global y particular. Como ejemplo de integración, se analizarán los consumos de iluminación, equipamiento y climatización de un establecimiento de alta complejidad: el Hospital COE en Gonnet.

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta las siguientes características:

- Las dimensiones de cada módulo, se obtuvieron según planos técnicos;

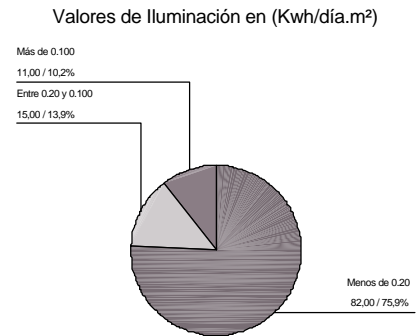


Fig.1: MEEP Iluminación

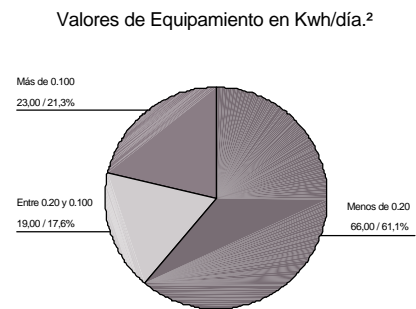


Fig.2: MEEP Equipamiento

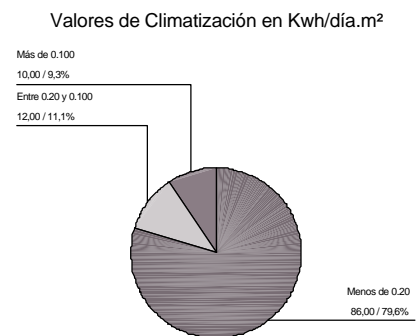


Fig.3: MEEP Climatización

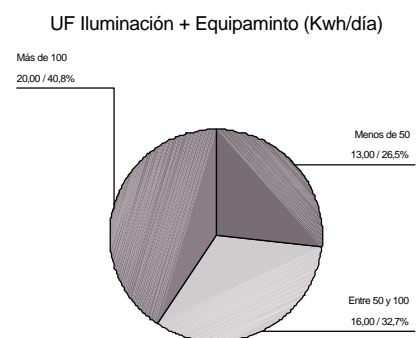


Fig.4: UF Iluminación+Equipamiento

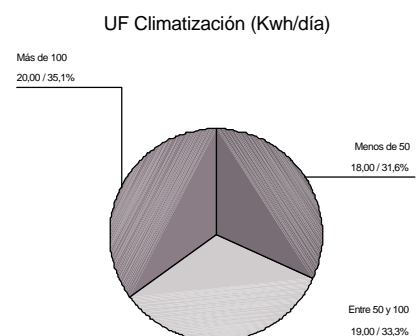


Fig.5: UF Climatización

- Los requerimientos, infraestructura y equipamientos se tomaron de las fichas técnicas, (diseño, iluminación y ventilación) (Bogedam de Debuchy, A, 1993; Hernandez, A, 1993 Isakov, A, 1993), de datos relevados en otras fuentes bibliográficas (Yañez, E, 1986) y consultas a informantes calificados, (principalmente en el ítem de equipamiento energético).
- Se consideró el equipamiento general, y adoptándolo como “óptimo” para cada MEEP.
- El factor de ocupación y las horas de uso de los locales y la iluminación se determinaron según los turnos característicos de cada prestación.
- Se consideró el sistema constructivo tradicional, de ladrillo común con un espesor de 0,20 revocado con una transmitancia térmica de 2,21 (K [W/m<sup>2</sup>°C]). En cuanto a la superficie vidriada se consideró ventana de vidrio simple (tau=0,8) con una protección del 60 % por parasoles y una transmitancia térmica de 5,82 (K [W/m<sup>2</sup>°C]).
- La ganancia directa por ventana con parasol (MJ/m<sup>2</sup>) se obtuvo de las tablas de ganancia directa por aventanamientos para nuestra zona climática (templada-húmeda) considerando las diferentes alternativas de orientación. (Guerrero, J. et al 1986).

Para determinar las necesidades de climatización se consideraron los aportes y las pérdidas de energía siendo las variables intervinientes:

- *Ocupación*: aporte por persona (W/pers). Se estableció un valor constante de 100 W; tiempo de ocupación por día (hs/día); cantidad de personas; factor de ocupación (FO) según el tipo de uso del servicio analizado;
- *Iluminación*: valor mínimo del nivel lumínico general y sobre el plano de trabajo (lux). Este valor está determinado por norma y existen tablas según tipos y necesidades de uso (Mascaró 1977); Tiempo de uso diario de los equipos de iluminación (hs/día); superficie del local y sobre el plano de trabajo;
- *Equipamiento*: cantidad; consumo energético promedio (Kwh); tiempo de uso diario (hs/día);
- *Ganancia directa por ventanas (GAD)*; este valor (MJ/m<sup>2</sup>) está en correspondencia directa con la zona climática, la orientación, el tipo de aventanamiento del módulo, el tipo de protección (sin protección, cortinas de enrollar, postigos, etc.), y el grado de apertura de la misma (Guerrero 1986); superficie vidriada;
- *Renovaciones de aire*: volumen del local (m<sup>3</sup>); cantidad de renovaciones horarias (vol/h); densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>); entalpia del aire (Kj/Kg); grados día/día (°C/día);
- *Envolvente*: transmitancia térmica K (W/m<sup>2</sup>°C); superficie de cada elemento de la envolvente (m<sup>2</sup>); grados día/día de la zona en estudio (°C/día); factor de exposición (FE).

### 2.1. Determinación y análisis de los valores de MEEP.

Para facilitar y acelerar el manejo de las variables que intervienen para el cálculo de los distintos tipos de MEEP se avanzó con la sistematización de los módulos en una biblioteca informatizada. La base de datos se creó en Microsoft Access 97. El diseño de la base de datos requirió

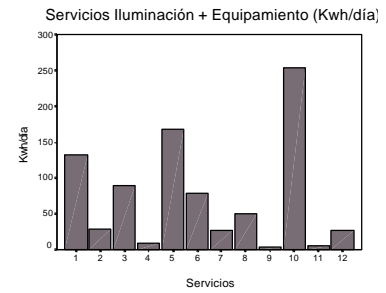


Fig.6: Servicios Ilum+Equip

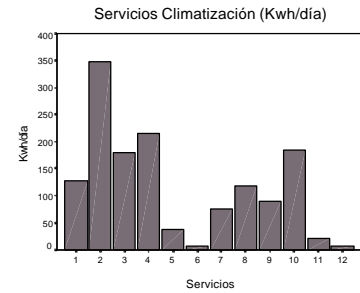


Fig. 7: Servicios Climatización

#### REFERENCIAS SERVICIOS

- 1- Internación Clínica; 2- Int. Cuidados Intensivos
- 3- Cirugía; 4- Consult.Externos; 5- Laboratorio
- 6- Radiología; 7- Medicina Nuclear; 8- Administraci
- 9- Enseñanza; 10- Areas Aux; 11- Especiales; 12- Ci

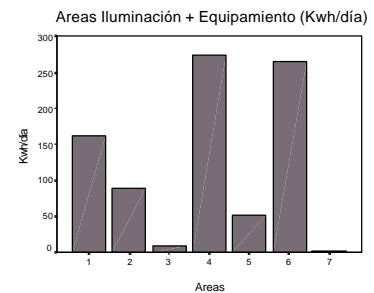


Fig.8: Areas ilum+Equip

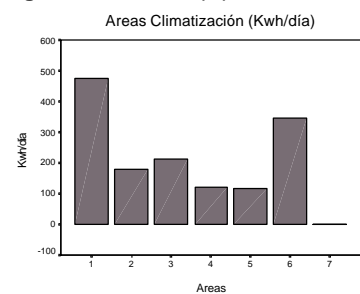


Fig. 9: Areas Climatización

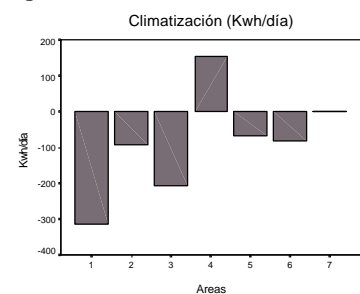


Fig. 10: Total Climatización

#### REFERENCIAS AREAS

- 1- Internación; 2- Cirugía; 3- Atención Amb
- 4- Diagnóstico y Tratamiento; 5- Administra
- 6- Servicios Auxiliares y de Apoyo; 7- Circ.

el desarrollo de “tablas” y “formularios” compatibles con las fichas de relevamiento de MEEP. La estructura de funcionamiento diseñada se organiza a partir de “tablas” relacionadas entre sí a través de una clave principal que se corresponde con cada MEEP. Con estas tablas se crea una estructura lógica que interrelaciona uno o varios “campos” de cada tabla. (I. Martini, 1999).

De los resultados obtenidos del total de MEEP calculados para el Hospital COE surge que con respecto a las necesidades de iluminación, equipamiento y climatización el mayor porcentaje tiene un consumo inferior a 0.20 Kwh/día.m<sup>2</sup>. Las Figuras 1, 2 y 3 muestran los resultados y la distribución de los porcentajes del total del establecimiento.

## *2.2. Determinación y análisis de los valores de Unidades Funcionales, Servicios y Areas.*

Con los resultados para iluminación, equipamiento y climatización en Kwh/día.m<sup>2</sup> de cada MEEP se comenzó con la integración de los mismos para obtener los valores totales del establecimiento. Para ello se utilizó el Excel 97. Se agruparon los valores de cada MEEP (Iluminación más Equipamiento por un lado y por el otro los valores de climatización) en los distintos niveles del edificio (Planta Baja, Plantas 1, 2 y 3 y Subsuelos 1 y 2). Estos valores se multiplicaron por su respectiva superficie para obtener los resultados en Kwh/día. Posteriormente se definieron para cada planta las distintas Unidades Funcionales (MEEP base y sus periféricos), calculando así el consumo total de cada Unidad Funcional y por planta del edificio. Las Figuras 4 y 5 muestran la distribución de los consumos y sus porcentajes.

Finalmente estos resultados se agrupan según los distintos servicios (Internación Clínica, Laboratorio, Radiología, etc.) En este caso tenemos que la mayor demanda de **iluminación y equipamiento** corresponde al Servicio de **Areas Auxiliares** integrada por Servicios complementarios, Esterilización, Dormitorios médicos, y Dependencias. El mayor nivel de consumos se debe a Cocina, Farmacia, Cafetería, Lavadero, Biblioteca, Escuela de bioética y Auditorio. Estos MEEP se caracterizan por tener equipamiento energo-intensivo y una superficie considerable. En cuanto a los Servicios de **Enseñanza y Especiales**, se registran bajos consumos ya que se caracterizan por tener superficies reducidas, equipamiento irrelevante y un bajo factor de ocupación. Ver Figura 6. Con respecto a **climatización**, los Servicios de mayor demanda son los de **Cuidados intensivos y Consultorios Externos**. Esto se debe a que existen mayores pérdidas por envolvente y por renovaciones de aire. Los Servicios de **Radiología y Circulaciones** requieren bajos niveles de climatización. El Servicio de Radiología se caracteriza por tener un importante aporte de calor derivado del uso de los equipamientos y en el caso de las circulaciones, la mayoría son internas, por lo tanto no existen pérdidas por envolvente ni por renovaciones de aires. Ver Figura 7.

Por último, los servicios se integran en áreas definidas, siendo: Internación; Cirugía; Atención Ambulatoria; Diagnóstico y Tratamiento; Administración; Servicios Auxiliares y de Apoyo; Circulaciones. Si analizamos los requerimientos energéticos en **iluminación y climatización**, las áreas de mayor consumo corresponden a las de **Diagnóstico-Tratamiento y Servicios Auxiliares y de Apoyo**, por contar con equipamiento energo-intensivo y una superficie considerable. Las áreas de **Atención ambulatoria y Circulaciones** se caracterizan por sus bajos consumos debido a un bajo factor de ocupación y a un escaso equipamiento. Si analizamos la demanda de **climatización**, las áreas de mayor requerimiento son las de **Internación y Servicios Auxiliares y de Apoyo**; las de menor requerimiento corresponden a **Diagnóstico-Tratamiento y Administración**. Ver Figuras 8 y 9.

Para dimensionar la energía neta en climatización, analizamos los aportes en iluminación y equipamiento (Figura 8) y las demandas en climatización (Figura 9), resultando como balance una “demanda neta” para climatización. La Figura 10 muestra que las áreas de **Internación y Atención Ambulatorias** son las que requieren mayor consumo de energía para climatización. Esto se debe a que éstas áreas se caracterizan por tener una gran superficie vidriada generando pérdidas por renovaciones y por envolvente. En el caso de áreas como **Diagnóstico-Tratamiento y Circulaciones** no requieren energía para calefacción, ya que la primera cuenta con importantes aporte de calor por el equipamiento energo-intensivos, y por no tener superficie vidriada y las circulaciones en este caso son interiores.

La Figura 11 muestra la estructura de integración de MEEP, Unidad Funcional, Servicios, Areas y el Establecimiento como la integral del sistema. La Figura 12 muestra los consumos calculados para iluminación, equipamiento y climatización en los últimos tres niveles de integración

correspondientes a Servicios, Areas y Establecimiento.

Si se comparan los resultados obtenidos en el proceso de integración de los MEEP y los consumos reales registrados por el establecimiento en estudio, se verifica una diferencia del 35 %. Esto implica que, los resultados obtenidos por el proceso de integración, responden a un orden aceptable de magnitud, advirtiendo que:

i. Los consumos reales del establecimiento responden a una infraestructura y tipos de uso

Plantas	MEEP 1	UF 1	Servicio 1	Area 1	Establecimiento
	Planta Baja				
MEEP 3		UF 2			
MEEP 4					
MEEP 5		UF 3			
MEEP 6					
Nivel 1	MEEP 7	UF 4	Servicio 3		
	MEEP 8				
	MEEP 9	UF 5			
	MEEP 10				
	MEEP 11	UF 6	Servicio 4		
	MEEP 12				
Nivel 2	MEEP 13	UF 7	Servicio 5		
	MEEP 14				
	MEEP 15	UF 8			
	MEEP 16				
	MEEP 17	UF 9	Servicio 6		
	MEEP 18				
Subsuelo 1	MEEP 19	UF 10	Servicio 7		
	MEEP 20				
	MEEP 21	UF 11			
	MEEP 22				
	MEEP 23	UF 12	Servicio 8		
	MEEP 24				
Subsuelo 2	MEEP 25	UF 13	Servicio 9		
	MEEP 26				
	MEEP 27	UF 14			
	MEEP 28				
	MEEP 29	UF 15	Servicio 10		
	MEEP 30				

Fig. 11: Estructura de integración

Areas	Servicios	S Il+Eq	S Clim	Area Il+Eq	Area Clim
Internación	Internación Clínica	132,205	-127,681		
	Internación Cuidados Intensivos	827,860	451,492		
				960,064	323,711
Cirugía	Cirugía	89,481	-179,756		
				89,481	-179,756
Atención Ambulatoria	Consultorios Externos	9,258	-214,555		
				9,258	-214,555
Diagnóstico y Tratamiento	Laboratorio	168,813	-38,089		
	Radiología	79,310	-7,086		
	Medicina Nuclear	26,534	-76,274		
				274,658	-121,450
Administración	Administración	51,046	-117,071		
				51,046	-117,071
	Enseñanza	4,903	-91,348		
Servicios Auxiliares y de apoyo	Áreas Auxiliares	253,917	-184,492		
	Especiales	4,938	-22,120		
	Desplantes	0,910	-1,187		
	Vestuarios	0,272	-46,115		
				265,007	-345,232
Circulaciones y Baños	Circulaciones, baños	0,966	0,193		
				0,966	0,193

Total Establecimiento (Kwh/día)		1650,481	-654,160
Total Establecimiento (Mwh/año)		602,425	-238,768
Total Establecimiento (TEP/año)		51,933	-20,583

Fig.12: Resultados de servicios agrupados por áreas

- que pueden ser cercanos a los teóricos, pero no necesariamente los óptimos.
- ii. La situación actual de gestión Hospitalaria y regulación de sus servicios, entre ellos los de climatización, etc. No responden a un programa básico de Uso Racional, acusando así un consumo real mayor (en un 35 %) al teórico calculado.
- iii. Los cálculos efectuados en los diferentes niveles de integración consideran valores teóricos mínimos de requerimiento.

Entendemos que la combinación de estos múltiples factores y el diagnóstico detallado del edificio con la construcción de los MEEP y sus distintos niveles de integración, nos permite, a partir de la identificación de las variables de diseño críticas, proponer alternativas de mejoramiento en lo edilicio; en la gestión energética y en la producción de servicios de salud con el objeto de alcanzar un ajuste significativo en los resultados.

### 3. CONCLUSIONES

La implementación de la metodología de integración de MEEP a un establecimiento de salud de alta complejidad (COE) ha permitido obtener los siguientes resultados preliminares:

- Se ha podido aplicar la metodología de integración de MEEP en todos sus niveles de análisis, a pesar de su significativa complejidad, obteniendo valores detallados y diferenciados para cada una de las variables.
- Se han podido detallar y cuantificar áreas de diferentes intensidades energéticas, identificando en cada nivel de integración las variables de diseño críticas de mayor incidencia en el ahorro energético (Factor de ocupación, equipamiento, renovaciones, iluminación, etc.)
- Se ha avanzado sobre la validación de la metodología de integración, ya que los primeros resultados obtenidos responden a una diferencia teórico-real esperable, dada la complejidad del universo de análisis.
- En función de los resultados obtenidos se continuará trabajando sobre diferentes escenarios a los efectos de ajustar las diferencias (Teórico-Reales) optimizando los resultados.

### REFERENCIAS

- Bogedam de Debuchy, A.; Sandoval, A.M. (1993): Fichas técnicas para el recurso físico en salud. Espacio, equipamiento e instalaciones según tecnología. CIRFS, UBA, Buenos Aires.
- Discoli, C.(1998): El diagnóstico de la gestión productiva – energético - ambiental de las redes territoriales del sector salud. Tesis de maestría. Maestría en Ambiente y Patología Ambiental. Universidad Nacional de La Plata y Escuela de los Altos Estudios de Siena.

- Guerrero, J et al. (1986): Plan piloto de evaluación energética de la zona de Capital Federal y Gran Buenos Aires. Tabla 5, pg. 63, IAS/FIPE, CIC. Informe final, La Plata.
- Hernandez, A. (1993): Guías para el desarrollo del recurso físico en salud. OPS/OMS. Washington, USA.
- Isakov, A. (1993): El interés de la OMS en el desarrollo de guías para el planeamiento de los recursos físicos en salud.
- Izasar, P.; Santana, C.: Guías de diseño hospitalario para América Latina. OPS/OMS.
- Mascaró, L.R. (1977): Luminotecnia. Luz natural. Colección Manuales, Vol. N°1 Ed. SUMMA, Buenos Aires.
- Martini, I et al. (1999): Metodología de cálculo de las demandas edilicias-energéticas-productivas aplicadas a las redes de salud y educación, utilizando diferentes niveles de integración. V Encuentro Nacional de Conforto no Ambiente Construido e II Encuentro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construido. Brasil.
- Martini, I. (1999): La sistematización de los Módulos Edilicios Energo Productivos (MEEP) en las redes edilicias de salud y educación. Informe Final. CONICET.
- Yañez, E. (1986): Hospitales de seguridad social. 8a. Edición. Limusa, Noriega Ed., México.