

# PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA LA CALIFICACIÓN TIPOLOGICO - ENERGÉTICA EDILICIA APLICADA A UNIDADES DE INTERNACIÓN HOSPITALARIA

Jorge Daniel Czajkowski - Arquitecto, Becario Pos doctoral CONICET

Elías Rosenfeld - Arquitecto, Investigador CONICET

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 N°162. C.C.478 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Tel./Fax.: 54-21-214705. E-mail: czajko@isis.unlp.edu.ar

## RESUMEN

La determinación de niveles de calidad edilicia según múltiples variables conlleva dificultades, que en algunos casos no superan el nivel de variables cualitativas cargadas de una cierta subjetividad. Este es el caso de los procedimientos utilizados por los profesionales especializados en arquitectura hospitalaria de nuestro país. En el trabajo se propone un procedimiento adaptado del ya utilizado en clasificación edilicia<sup>1</sup> y bioclimática<sup>2</sup>, pero donde se busca la determinación de sedes tipológicas ordenadas en niveles de calidad energético - funcionales.

## ABSTRACT

The determination of building quality levels according to many variables present difficulties, that in some instances they do not surpass the qualitative variables levels with a certain subjectivity. This is the case of the procedures used by the specialized professionals in hospital architecture of our country. In this paper we expose a procedure to determine energetic - functional quality levels. It is based in other building and bioclimatic classifications previously developed.

## INTRODUCCIÓN

Es práctica habitual que los profesionales, especializados en arquitectura hospitalaria, encuentren dificultades al momento de optar por el mejor partido de áreas de internación hospitalaria. El hecho se debe a que no se cuenta con un procedimiento probado y/o difundido para determinar niveles de calidad. Se poseen antecedentes de indicadores para medir la eficiencia funcional de un partido<sup>3</sup> y por otro lado para medir la eficiencia energética y de prestación de servicios en establecimientos para la salud<sup>4</sup>, pero sin haberse planteado una integración de estos.

El objetivo del trabajo tiende a proponer un procedimiento por el cual se puede construir una serie tipológica de partidos arquitectónicos y ordenar los tipos construidos por su calidad relativa.

En función de esto se realizó un catálogo tipológico de unidades de internación para 17 casos. Estas unidades son analizadas con el método de reducción de espacios de atributos «REAT». Estas fichas permiten sintetizar las características dimensionales, energéticas y térmicas de una amplia gama de servicios. En estas se encuentra: la documentación gráfica de las mismas, un resumen de las características dimensionales (superficie habitable en m<sup>2</sup>, volumen calefaccionado en m<sup>3</sup>, altura media de locales en metros, coeficiente de compacidad «CO», factor de forma «FF» y factor de exposición «FE»), un resumen de los aspectos energéticos (demanda anual en calefacción con electricidad en KW/h/año, demanda anual en calefacción con gas natural en m<sup>3</sup>/año, coeficiente global de pérdidas térmicas «G» en W/m<sup>3</sup>°C, coeficiente de pérdidas por unidad de superficie en W/m<sup>2</sup>°C, pérdidas totales unitarias por balance en W/°C, carga térmica anual en calefacción en Kw/h y pérdidas energéticas en valores absolutos y relativos discriminados por partes de envolvente) y resumen de aspectos técnico constructivos. Para la determinación de los indicadores térmicos se utilizó el sistema «EnergCAD»<sup>5</sup>, generando un escenario ideal con la misma tecnología constructiva y bioclimática para todos los casos. Se adopta esta estrategia ya que el objetivo del trabajo es determinar una gradación de calidad donde se prioriza el partido funcional y formal.

El análisis se basa en 14 de los 17 ejemplos de unidades de internación expuestos en las fichas tipológicas. La importancia de analizar este sector es que en la actualidad las unidades de internación constituyen un elemento básico para determinar los valores cuantitativos, debido a que ocupan una buena parte de la superficie total de un hospital. Otros integrantes de la Unidad de Investigación<sup>6 7</sup> trabajan sobre otros sectores y módulos significativos como los ambulatorios y las áreas destinadas a diagnósticos, terapias, laboratorios, consultorios, etc.

Se plantean seis indicadores que permiten medir la eficiencia operativa de las unidades de internación: superficie construida por cama (M2CAMA), promedio de la distancia desde el centro de trabajo de enfermeras a las camas de pacientes (PDCTCP), máxima distancia entre el centro de trabajo y la cama del paciente (MDCTCP), mínima distancia entre el centro de trabajo y la cama del paciente (MNDCTCP), factor de distancia a la cama del paciente (FDCP) y densidad lineal de fachada (DLF). Esta serie de indicadores se utilizan en la determinación del partido arquitectónico óptimo temporario y a partir del cual se pueden proponer mejoras que eleven aún más su calidad o conocer donde deben realizarse las intervenciones de diseño en partidos de bajo rendimiento que mejoren su calidad, siempre desde un aspecto energético - funcional.

## PROCEDIMIENTO PARA LA CALIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SERIES TIPOLOGICAS DE UNIDADES DE INTERNACIÓN

Con los datos de las variables se construyó una matriz de datos (Cuadro1). Se utilizó el sub-programa «Cluster» del paquete estadístico «SPSS-PC», para determinar las posibles tipologías. Para realizar una clasificación por el método REAT con el sub-programa «Cluster», es conveniente normalizar los datos (Cuadro 2). Esto se realiza restando al valor de la variable el valor medio de la misma y luego dividiendo por la diferencia entre el valor más alto de la serie respecto del promedio. Así todas las variables tendrán sus valores con una media de cero y una desviación de uno. Dentro del programa y cargada la base de datos normalizada se solicita la realización de una reducción del espacio de atributos para las variables descritas anteriormente. Se solicita además una tabla que nos indique los casos pertenecientes a 2 a 8 tipologías [CLUSTER (2 8)] y un gráfico tipo dendograma [DENDOGRAM] (Ver Cuadro 3 y Figura 1).

El programa comienza con los 14 casos y en función de su proximidad en el hiperespacio definido por las seis variables, agrupa a estas en grupos o clusters. El proceso se repite hasta tratar todos los casos y reducirlos a un único grupo o cluster. El coeficiente que indica la disimilitud, está basado en el cuadrado de la distancia Euclidiana, a la que podríamos denominar «Distancia Tipológica».

	M2/cama	PDCTCP	FDCP	DLF	FF	G
1A	32	31	0,24	2,95	0,47	2,30
2B	21	14	0,19	2,44	0,50	2,41
3C	19	33	0,39	3,80	0,50	2,41
4E	17	24	0,29	1,83	0,48	2,33
5F	30	24	0,38	3,20	0,50	2,43
6G	28	28	0,88	5,06	0,60	2,68
7H	42	28	0,67	3,52	0,49	2,39
8Y	28	24	0,39	4,10	0,58	2,71
9J	30	33	0,23	2,36	0,48	2,38
10M	27	18	0,50	3,22	0,51	2,48
11N	17	10	0,38	2,80	0,44	2,21
12O	18	15	0,32	2,50	0,52	2,51
13P	27	20	0,27	2,77	0,50	2,45
14Q	22	22	0,57	3,73	0,52	2,46
Promedio	25,58	22,94	0,43	3,18	0,5	2,38
Distancia	16,42	10,06	0,45	1,88	0,11	0,3

Cuadro 1 Base de datos de los casos analizados

	M2/cama	PDCTCP	FDCP	DLF	FF	G
1 A	0.39	0.80	-0.42	-0.12	-0.27	-0.27
2 B	-0.28	-0.89	-0.53	-0.39	0.00	0.10
3 C	-0.40	1.00	-0.09	0.33	0.00	0.10
4 E	-0.52	0.11	-0.31	-0.72	-0.10	-0.17
5 F	0.27	0.11	-0.11	0.01	0.00	0.17
6 G	0.15	0.50	1.00	1.00	0.91	1.00
7 H	1.00	0.50	0.53	0.10	-0.09	0.03
8 Y	0.15	0.11	-0.09	0.49	0.73	1.00
9 J	0.27	1.00	-0.44	-0.44	-0.18	0.00
10 M	0.09	-0.49	0.16	0.02	0.09	0.33
11 N	-0.52	-1.29	-0.11	-0.20	-0.55	-0.57
12 O	-0.46	-0.79	-0.24	-0.36	0.18	0.43
13 P	0.09	-0.29	-0.36	-0.22	0.00	0.23
14 Q	-0.22	-0.09	0.31	0.29	0.18	0.27

Cuadro 2 Base de datos normalizada

Case	Number of Clusters						
	8	7	6	5	4	3	2
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	1
3	3	1	1	1	1	1	1
4	4	3	2	2	2	2	1
5	2	2	2	2	2	2	1
6	5	4	3	3	3	3	2
7	6	5	4	4	1	1	1
8	7	6	5	3	3	3	2
9	1	1	1	1	1	1	1
10	2	2	2	2	2	2	1
11	8	7	6	5	4	2	1
12	2	2	2	2	2	2	1
13	2	2	2	2	2	2	1
14	2	2	2	2	2	2	1

Cuadro 3 Pertenencia de casos a 7 tipos posibles.

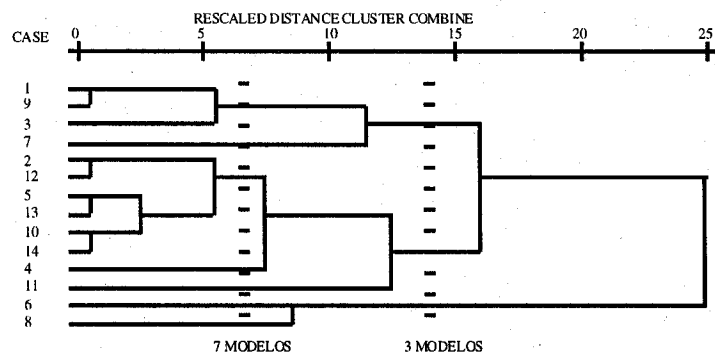


Figura 1 Argumento de opción desconhecido. Dendograma que indica el agrupamiento jerárquico de los casos en función de una distancia relativa. Se han señalado las tipologías seleccionadas.

## TIPOLOGIAS DEFINIDAS

Mediante el análisis del Cuadro 3 y la Figura 1, podemos seleccionar las tipologías de mayor significación. El dendograma, nos muestra los agrupamientos producidos y las distancias entre estos. En este caso pueden seleccionarse siete tipos o tres tipos y siete modelos, esta decisión es arbitraria y dependerá de las necesidades y requerimientos del problema. Del Cuadro 3 podemos extraer la pertenencia de cada caso a las tipologías adoptadas. De esto se deduce que el tipo «A» posee tres modelos, el tipo «B» dos modelos y el tipo «C» dos modelos. La pertenencia de casos a cada modelo es la siguiente:

A1- 6 casos: 2, 12, 5, 13, 10, 14.

A2- 1 caso: 4.

A3- 1 caso: 11.

B1- 3 casos: 1, 9, 3.

B2- 1 caso: 7.

C1- 1 caso: 6.

C2- 1 caso: 8.

El tipo «A» es el más numeroso, con tres modelos y seis, uno y un caso respectivamente. El tipo «B», posee dos modelos con tres y un caso respectivamente. Finalmente el tipo «C», posee dos modelos de un caso cada uno.

Con esta información se ordena la base de datos del Cuadro 1 según las tipologías y modelos adoptados, calculándose los valores medios y desviaciones estándar de cada tipo (cuadro 4).

Tipologí	Model	Desi	M2/CAM	PDCTC	FDCP	DLF	FF	G
A	A1	medi	24.2	18.8	0.37	2.98	0.51	2.46
	A2	medi	17.0	24.0	0.29	1.83	0.48	2.33
	A3	medi	17.0	10.0	0.38	2.80	0.44	2.21
B	B1	medi	26.3	29.3	0.34	3.62	0.52	2.47
	B2	medi	42.0	28.0	0.67	3.52	0.49	2.39
C	C1	medi	28.0	28.0	0.88	5.06	0.60	2.68
	C2	medi	28.0	24.0	0.39	4.10	0.58	2.71

**Cuadro 4** Características medias de las tipologías y sus dispersiones.

Del análisis surge que el tipo «A» es el que posee menos superficie por cama (17 m<sup>2</sup>/cama), aunque el factor de distancia desde el centro de trabajo a la cama del paciente es intermedia respecto de los tipos «B» y «C» (0.35), la densidad lineal de fachada es de 2.54 m/cama, la compacidad volumétrica es la más baja (0.48) y posee el menor valor de G (2.33 W/m<sup>3</sup>°C).

El tipo «B» posee 34 m<sup>2</sup>/cama, un factor de distancia (0.51) y densidad lineal de fachada intermedios (3.57 m/cama) lo mismo que el factor de forma (0.50) y el coeficiente G (2.43 W/m<sup>3</sup>°C). El tipo «C» es particular ya que posee una superficie por unidad de cama intermedia (28 m<sup>2</sup>/cama) pero con el mayor factor de distancia cama paciente (0.64), la menor compacidad volumétrica (0.59) y el peor G (2.7 W/m<sup>3</sup>°C).

De lo anterior se deduce que el tipo «A» aparece como el mejor de los analizados, ya que plantea los menores recorridos del personal auxiliar; posee el menor desarrollo de fachada, con una relación superficie útil por cama baja, una compacidad volumétrica baja y la mejor calidad térmica edilicia relativa. El tipo «C» aparece como el peor, ya que plantea los recorridos más extensos y la peor calidad térmica sumado al mayor perímetro por unidad de cama y una superficie por cama intermedia. El tipo «B» es intermedio entre los anteriores pero mucho más próximo al tipo «C».

Calificación	Tipo	M2/CAMA	PDCTCP	FDCP	DLF	FF	G
OPTIMO	A	19.4	17.6	0.35	2.54	0.48	2.33
ACEPTABLE Térmico	B	34.0	28.7	0.51	3.57	0.50	2.43
ACEPTABLE Funcional	C	28.0	26.0	0.64	4.58	0.59	2.70

**Cuadro 5** Características medias de los tipos principales según su nivel de calidad funcional energético.

Podemos decir que estos tres tipos construidos podrían considerarse como: óptimo, aceptable térmico y aceptable funcional (Cuadro 5). La designación de los últimos se debe a que mientras el primero posee una buena resolución funcional, la compacidad volumétrica y calidad térmica no es la mejor y en el otro caso se invierte la situación. Puede notarse que los tipos construidos se describen por sus índices medios y lo más correcto en una modelización sería describirlos por sus valores límites y el promedio. Este procedimiento lo plantean Discoli y Romero en otro trabajo, utilizando lógica difusa o borrosa.

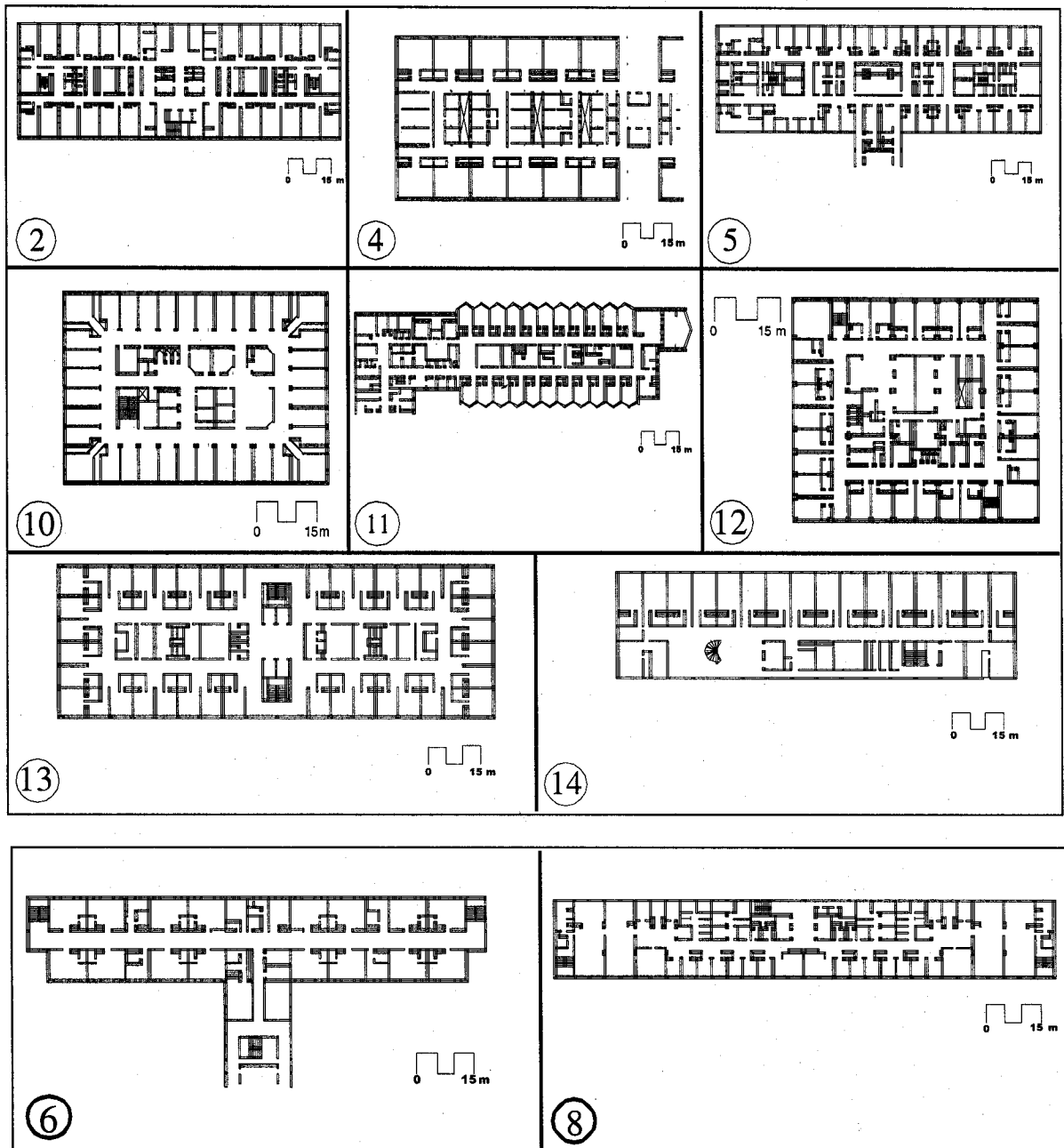
## CASOS DE SERVICIOS DE INTERNACIÓN PERTENECIENTES A LOS TIPOS CONSTRUIDOS

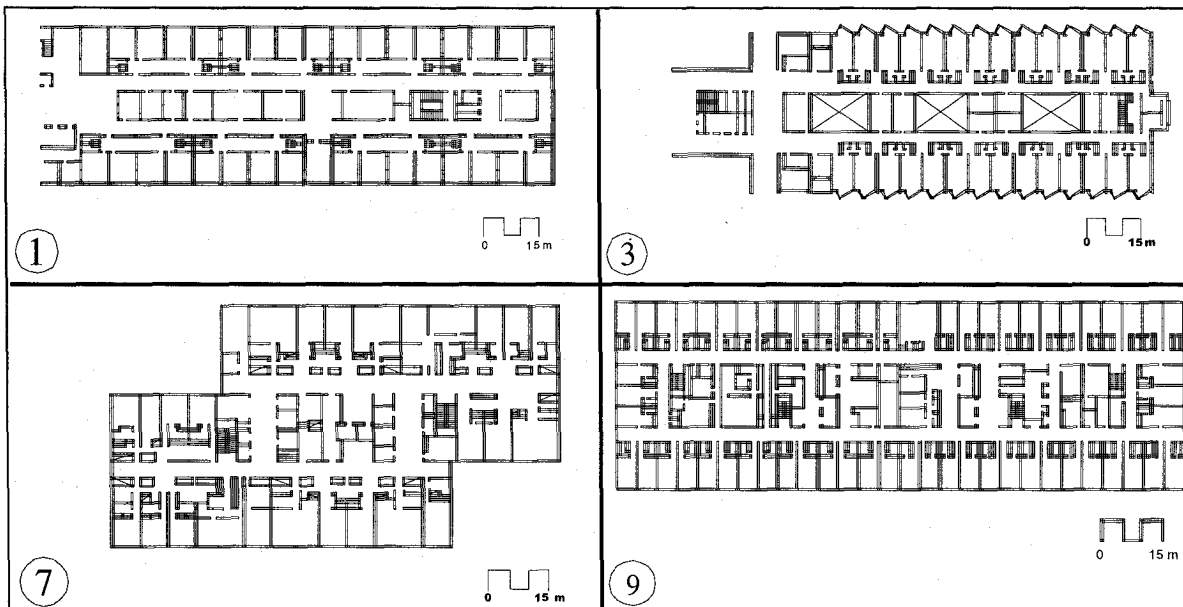
El tipo "A" es el que presenta mayor cantidad y variedad de individuos. En el dendograma puede observarse que los integrantes del modelo 1 se encuentran muy próximos, mientras que los casos 4 y 11 que aparecen como modelos 2 y 3 se distancian bastante de los primeros. Esto se corrobora con las resoluciones de partido graficadas.

### CONCLUSIÓN

El procedimiento descrito permite avanzar en el tratamiento de indicadores de calidad, como los recomendados por organismos nacionales e internacionales de la salud. A pesar de su eficacia, presenta como principal inconveniente que al operarse con indicadores cuantitativos requieren de un procesamiento bastante más laborioso que los homologados.

Las categorías obtenidas por este camino superan en calidad a otros procedimientos de evaluación comparativa de edificios y por sus características dejan abierta la posibilidad de generar nuevas categorías con facilidad y confianza en el proceso. Es de esperar que con el avance del conocimiento y manejo de otras técnicas como la lógica borrosa y redes neuronales pueda mejorarse aún más la calidad de las clasificaciones obtenidas.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1990) Metodología para el análisis de las clasificaciones complejas y construcción de tipologías mediante la reducción del espacio de atributos. Un enfoque energético. *En Actas ASADES 14*. Pp. 27-34, Mendoza, Argentina.
- <sup>2</sup> Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1992) Regionalización bioclimática de la Provincia de Buenos Aires. *En Actas ASADES 15*. Pp. 1-8, Catamarca, Argentina.
- <sup>3</sup> Cottini, A. (1982) *El Hospital. Programación Arquitectónica*. Editorial Idearium. Universidad de Mendoza, Fac. de Arquitectura y Urbanismo. Argentina.
- <sup>4</sup> Discoli, C. (1989). *Metodología para el control de la gestión energética productiva del hábitat. Subsector salud*. Informe final beca de Formación Superior CONICET. La Plata, Argentina.
- <sup>5</sup> Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1992) "EnergocAD" Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias. *En Actas de ASADES 15<sup>a</sup>*. Pp. 127-136, Tomo 1, Catamarca, Argentina. Nota: se utilizó la Versión 2.1 (1996) para Autocad 12 - Windows.
- <sup>6</sup> Discoli C., Rosenfeld E. y Martini I. (1994). Biblioteca de módulos edilicios Energo-productivos (MEP) para el sector salud, su consumo de energía. *En Actas ASADES 17*. Pp. 481-486, Rosario, Argentina.
- <sup>7</sup> Martini I., Rosenfeld Y. y Rosenfeld E. (1995). Sistematización de los servicios de salud, biblioteca de módulos edilicios productivos (MEP) y su verificación en el ámbito de estudio. Trabajo aceptado para su publicación en *Actas de ASADES 18*, San Luis, Argentina.