

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD PARA LA INCORPORACIÓN DE ENERGÍA SOLAR

Joaquina Cristeche¹, Emilia Urteneche¹, Dante Babero¹, Irene Martini¹, Silvana Flores Larsen²

¹Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata (FAU – UNLP)
Calle 47 N° 162, La Plata, CP 1900, Buenos Aires
Tel: +54-221-423-6587/90 int. 250

²Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina.

E-mail: joquinacristeche@iipac.laplata-conicet.gov.ar

RESUMEN: En Argentina, más del 50% de la energía se genera a partir de fuentes de origen fósil y el 34% del consumo de energía final corresponde a los sectores residencial y comercial-público. Dentro de este último, se encuentran los establecimientos del sector salud, los cuales presentan el mayor consumo de energía por unidad de superficie. Con el fin de reducir las emisiones provocadas por el consumo energético y la correspondiente huella de carbono, este trabajo tiene como objetivo desarrollar una metodología para determinar el potencial de los establecimientos de salud para la incorporación de energía solar. Para ello, se clasifica a los establecimientos en función de su potencial solar para luego, asociarles datos referidos al consumo energético. Una vez comprendida la relación entre el consumo energético y el potencial solar es posible sugerir medidas, para cada grupo, orientadas a la incorporación de energía solar, tanto en las parcelas de los establecimientos como en la envolvente de los edificios. Dado que las medidas a sugerir son específicas para cada grupo de hospitales, la metodología desarrollada se aplica a la red de salud conformada por todos los establecimientos de una región en particular, en este caso, la Micro-Región Gran La Plata.

Palabras clave: diagnóstico energético, hospitales, transición energética, huella de carbono, energías renovables.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una realidad innegable, motivo por el cual cada vez son más los países que están trabajando en el desarrollo de políticas y estrategias que ayudan a combatir de manera conjunta esta situación. Una de las causas directamente relacionadas con este contexto es el aumento exponencial del consumo de energía a nivel mundial (Naciones Unidas, 2015). Es por ello que la eficiencia energética y la sustitución de fuentes convencionales por renovables forman parte de las principales preocupaciones de todos los países, donde coinciden múltiples factores tanto económicos, como así también políticos y sociales. Sin embargo, cada día se consume más energía dependiendo en gran medida de las fuentes no renovables (Svampa y Viale, 2021).

La edificación construida representa más de un tercio del consumo de energía final a nivel mundial y casi el 40% del total de las emisiones directas e indirectas de CO₂ (UNEP 2020). En Argentina, aproximadamente el 59% de la energía se genera a partir de fuentes de origen fósil y el 34% del consumo de energía final corresponde a los sectores residencial y comercial-público (Secretaría de Energía 2021). Así, los edificios que conforman tales sectores constituyen un escenario propicio para conseguir importantes ahorros en términos de energía (y en sus correspondientes emisiones). Los edificios destinados a la salud pertenecen al sector comercial-público y son los que presentan el mayor consumo

de energía por unidad de superficie, por lo cual se los suele clasificar como energo-intensivos. A diferencia de los edificios residenciales y otros edificios comerciales, los hospitales funcionan 24 horas al día, 7 días a la semana, atendiendo a miles de empleados, pacientes y visitantes. Además, las normas de ventilación, aire acondicionado, iluminación, confort térmico, etc., aumentan considerablemente los patrones de consumo energético (Papantoniou, 2012).

Es probable que esta tendencia se mantenga e inclusive aumente debido a múltiples factores que impulsan el uso de energía en dicho sector. Entre ellas se pueden mencionar: (i) que el número de persona mayores de 60 años se triplique hasta alcanzar los dos millones de personas en el año 2050; (ii) que cada vez se requiera más equipos para mejorar la calidad de los diagnósticos y la prestación asistencial y (iii) que existe la necesidad de ampliar los equipos informáticos y electrónicos. Sumado al crecimiento del uso de la energía, se espera que sus costos aumenten un 25% en los próximos 5 años siendo de esta manera el efecto financiero extremadamente grande. A esto se suma que, la pandemia por COVID-19 iniciada en el año 2020, y sus consecuencias colaterales inmediatas relacionadas con la reducción forzada del consumo energético en algunos sectores y aumento en otros, ha subrayado la importancia de rever el comportamiento energético en general y principalmente en los sectores energo-intensivos y protagónicos en pandemia, como es el caso del sector salud.

A partir de los relevamientos técnico-constructivos, se observa que el parque edilicio del sector salud en Argentina es, en general, poco eficiente con respecto al consumo energético, advirtiendo desequilibrios entre la necesidad de mantener niveles de habitabilidad razonables, alta operatividad y elevados presupuestos para afrontar las demandas requeridas. El abordaje de los aspectos referidos a la eficiencia energética en los edificios energo-intensivos del sector salud resulta fundamental para comprender su funcionamiento y poder sugerir pautas que permitan lograr ahorros de energía y sustitución de fuentes convencionales por renovables con sus consecuentes efectos asociados.

La incorporación de energías renovables que reemplacen a fuentes tradicionales (de origen fósil) no permiten reducir el consumo energético (pues se trata de sustituir una fuente de energía por otra) pero sí las emisiones y la huella de carbono asociadas al consumo de energía en cada establecimiento.

En este trabajo se desarrollará una metodología orientada a analizar el potencial solar de los establecimientos de salud a los efectos de encontrar grupos de similares características. Los métodos de agrupamiento forman parte de los modelos descriptivos (Hernández Orallo et al. 2004) e intentan construir grupos homogéneos en cuanto a que la distancia entre los elementos de un mismo grupo es menor a la distancia con elementos de otro grupo. Normalmente, los métodos de agrupamiento utilizan la distancia euclídea para calcular la similitud o proximidad entre pares de elementos. Es decir, a mayor proximidad, mayor similitud, y menor distancia entre pares de elementos. Yañez (1986) estableció en su trabajo una clasificación de los hospitales de acuerdo a su partido arquitectónico.

En la misma línea, Czajkowski (1993) clasificó los edificios hospitalarios teniendo en cuenta el análisis tipológico y su evolución. En el trabajo de Urteneche et al. 2023, se utilizó un método de agrupamiento (K-means o K-medias) para identificar edificios de salud “homogéneos” en lo que refiere a las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia. La posibilidad de encontrar establecimientos de similares características, en ocasiones, suele permitir sugerir medidas uniformes para todos los elementos que forman parte de un grupo (hospitales en este caso) y de allí la importancia de esta labor inicial.

Para el desarrollo del trabajo, se aplicará la metodología a los establecimientos hospitalarios de la red de salud pública de la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP) que cuentan con servicio de internación. Cabe aclarar que se considera que un establecimiento de salud incluye tanto al edificio construido donde se proporciona la atención médica como la parcela de terreno donde se encuentra ubicado. Es decir, no sólo se analizarán características de la edilicia construida sino también el área no construida dentro de la parcela de cada uno de los hospitales. Se construirán indicadores referidos a características arquitectónicas con el fin de poder realizar un agrupamiento (clustering) basado en los mismos. A los grupos detectados se les asocian los consumos energéticos anuales de gas y de electricidad, con el objetivo de obtener un diagnóstico a partir del cual sea posible definir estrategias para cada grupo de hospitales que permitan dimensionar el tipo de energía a sustituir, como por ejemplo el número, tamaño

y configuración de paneles.

DESARROLLO METODOLÓGICO DE PROPUESTAS PARA LA INCORPORACIÓN DE ENERGÍA SOLAR

La metodología desarrollada para fundamentar propuestas que incorporen energía solar en las parcelas de los hospitales de la red, comprende los siguientes pasos o etapas:

1. Análisis de la red de salud.
2. Definición de indicadores arquitectónicos de los Nodos o establecimientos de salud y relevamiento de sus valores para el diagnóstico del potencial solar.
3. Diagnóstico del consumo energético (de electricidad y gas) de cada establecimiento hospitalario (nodo) de la red.
4. Clasificación de los establecimientos de salud en función de su potencial solar para encontrar grupos de similares características, a partir de la utilización de un algoritmo de agrupamiento.
5. Análisis de la relación que existe entre el potencial solar de cada grupo.
6. Cálculo estimado de energía solar posible de incorporar en muros, techo y superficie no construida, a los establecimientos hospitalarios pertenecientes la red de salud.

A continuación, se describen en mayor detalle cada etapa y se presentan los resultados obtenidos en cada una de ellas.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

1. Análisis de la red de salud

La primera etapa consiste en el análisis de la red de salud de la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP), conformada por los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada, en 2 niveles jerárquicos:

- i. Red: es el nivel de más alta jerarquía y comprende a todos los establecimientos (nodos) donde se encuentran los hospitales en la MRGLP. Ver Figura 1.
- ii. Nodo o establecimiento de salud: corresponde a la superficie construida y no construida de un hospital.

2. Definición de indicadores arquitectónicos de los Nodos o establecimientos de salud y relevamiento de sus valores para el diagnóstico del potencial solar

El diagnóstico del potencial solar de cada establecimiento consistió en evaluar la energía que se puede producir por superficie potencial disponible. La misma se entiende como el área disponible del establecimiento ya sea el edificio construido (muro y techo) y/o la superficie no construida para la instalación de Energías Renovables (ER) teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Superficie potencial en muro:

- Sólo se consideran las fachadas con orientación al Norte y Noroeste.
- Se diferenciará entre superficie vidriada y superficie opaca, sólo considerando la opaca como potencial.
- No se considera la superficie en donde se encuentren puertas de acceso/salida de personas y/o vehículos.
- No se considera la superficie sombreada por el mismo edificio o por el entorno.
- No se consideran las fachadas de construcciones patrimoniales o históricas.

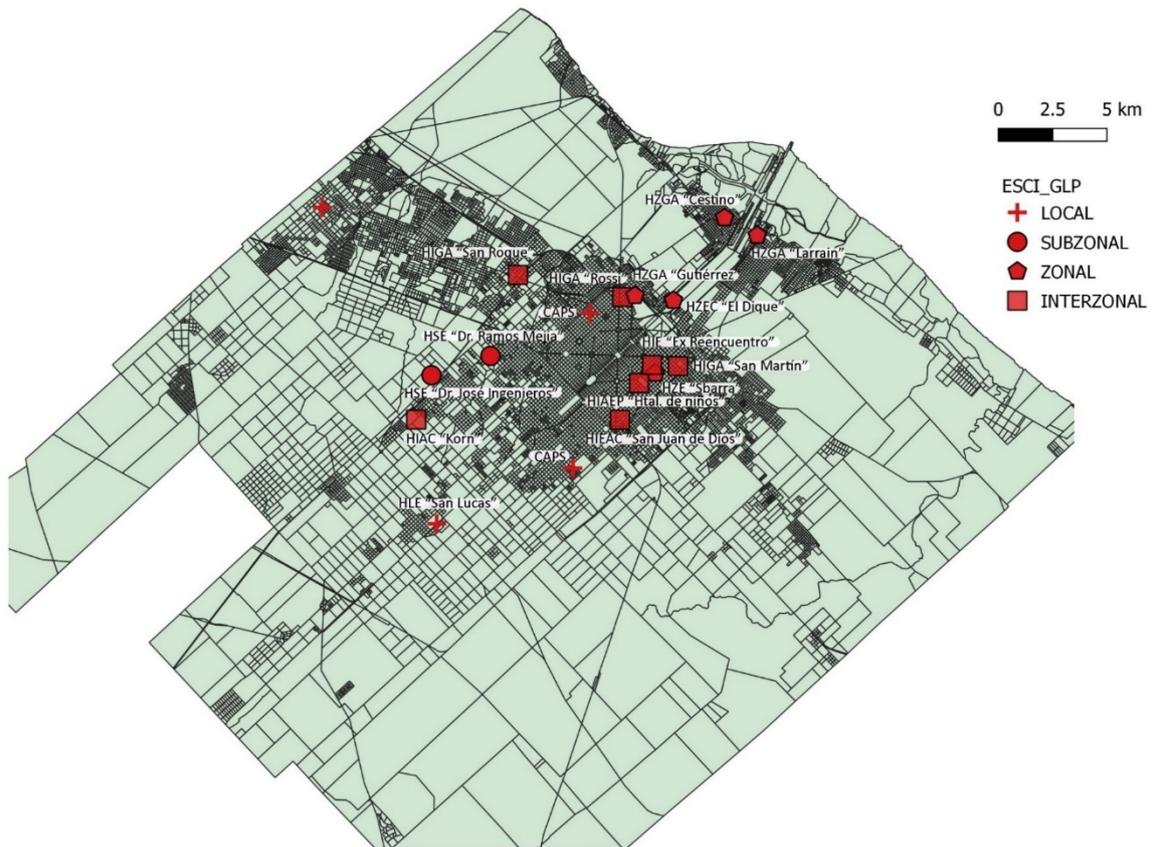


Figura 1. Mapa de los edificios del sector salud en la MRGLP.

Por lo que se puede definir a la superficie potencial en muro como en la Ec. (1):

$$\text{Superficie potencial muro} = \sum_{i=1}^n (SM_i - SV_i - SP_i - SMS_i) \quad (1)$$

donde:

- SM: superficie muro
- SV: superficie vidriada
- SP: superficie de puertas y accesos
- SMS: superficie de muro sombreada
- i: cada una de las superficies al Norte y al Noroeste
- n: totalidad de muros al Norte y al Noroeste

Superficie potencial en techo:

- Se consideran los techos con una inclinación menor o igual a la latitud geográfica y con orientación Norte y Noroeste.
- No se consideran techos curvos (cóncavos).
- No se consideran techos con baja o nula accesibilidad ya que es necesario poder acceder para realizar mantenimiento y limpieza.
- No se consideran techos sombreados por el mismo edificio u otro del mismo hospital.

Por lo que se puede definir a la superficie potencial en techo como la Ec. (2):

$$\text{Superficie potencial techo} = \sum_{i=1}^m (ST_i - STC_i - STPA_i - STS_i) \quad (2)$$

donde:

- ST: Superficie techo
- STC: Superficie de techo curvos
- STPA: Superficie de techo con poca/nula accesibilidad
- STS: Superficie de techo sombreada

i: cada una de de las superficies al Norte y al Noroeste
 m: totalidad de techos

Superficie potencial no construida:

- Se considera superficie de estacionamiento no techado.
- Se consideran parques.
- Se consideran los caminos de acceso y/o unión entre diferentes pabellones.
- No se consideran superficies sombreadas por el mismo establecimiento, por el entorno y/o por el arbolado.

Por lo que se puede definir a la superficie potencial en superficie no construida como la Ec. (3):

$$\text{Superficiepotencialnoconstruida} = \sum(\text{SNC} - \text{SNCS}) \quad (3)$$

donde:

SNC: Superficie no construida

SNCS: Superficie no construida sombreada

Una vez definidas las restricciones y consideraciones de la superficie potencial, se definen los indicadores arquitectónicos representativos de cada establecimiento. Los mismos serán adimensionales ya que se calcularán como la relación entre la superficie potencial con respecto a la superficie total, donde esta última no tiene en cuenta las restricciones y se define de la siguiente manera:

- *Superficie total muro:* la totalidad de superficie de muro opaca orientada al Norte y Noroeste.
- *Superficie total techo:* la sumatoria de la superficie de techos.
- *Superficie total no construida:* la totalidad de la superficie parcelaria sin construir.

Por lo que los indicadores se definen como la Ec. (4):

$$\text{INDICADORARQUITECTÓNICO}_k = \frac{\text{SuperficiePotencial}_k}{\text{SuperficieTotal}_k} \quad (4)$$

Donde k es muro, techo y superficie no construida.

Para el cálculo de superficies, se utilizaron los planos de los establecimientos y el Street View de Google, quedando entonces definido para cada establecimiento tres indicadores arquitectónicos (muro, techo y superficie no construida), los cuales permiten aproximar el potencial solar por establecimiento por tipo de superficie.

El resultado se puede observar en la Tabla 1. Los mismos serán analizados en el siguiente paso.

Tabla 1. Resultados de indicadores arquitectónicos de la red de salud en estudio.

ESTABLECIMIENTOS	MURO - (M) %	TECHO - (T) %	SUPERFICIE NO CONSTRUIDA- (SNC) %
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	25,8	28,1	16,5
HIEAC "San Juan de Dios"	51,9	48,0	27,8
HIGA "San Roque"	43,3	70,0	23,5
HIAEP "Sor María Ludovica"	8,6	29,0	0,0
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	13,1	20,2	75,6
HZGA "Horacio Cestino"	80,1	99,7	84,0
HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	55,6	100,0	88,2
HZGA "Dr. Larrain"	39,9	92,7	100,0
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"	44,7	84,1	100,0
HIGA "Gral. San Martín"	71,9	63,5	50,3

3. Diagnóstico del consumo energético (de electricidad y gas) de cada establecimiento hospitalario (nodo) de la red.

El diagnóstico del consumo energético consistió en conocer los consumos de gas y electricidad en kWh/año para cada establecimiento. Además, se presenta la superficie total de la parcela del establecimiento, la cual dimensiona el tamaño del terreno. Esta información, es fundamental para el análisis previo de cuánta energía de origen fósil puede sustituirse por energía solar. Se muestran a continuación en la Tabla 2, los valores obtenidos en cada establecimiento.

Tabla 2. Valores del consumo de gas y electricidad de cada establecimiento.

ESTABLECIMIENTOS	Superficie del establecimiento (m ²)	Consumo Gas Natural (MWh/año)	Consumo de electricidad (MWh/año)
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	16576	484,69	709,42
HIEAC "San Juan de Dios"	875023	1031,58	1117,26
HIGA "San Roque"	25264	1177,48	1573,00
HIAEP "Sor María Ludovica"	18148	4035,97	2974,51
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	1316842	1667,05	8363,16
HZGA "Horacio Cestino"	4128	409,00	432,72
HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	7401	283,44	208,34
HZGA "Dr. Larrain"	5562	500,50	702,44
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"	6766	1161,44	1792,61
HIGA "Gral. San Martín"	102902	4346,03	5734,18

4. Clasificación de los establecimientos de salud en función de su potencial solar para encontrar grupos de similares características, a partir de la utilización de un algoritmo de agrupamiento.

En esta etapa se utilizó el algoritmo de agrupamiento (clustering) K-means para agrupar los hospitales en grupos de 2 hasta 9 elementos. Para cada hospital de cada grupo encontrado se calculó la distancia a su correspondiente centroide. Así, el hospital más cercano a su centroide sería "el más representativo" del grupo. Asimismo, para cada grupo se calculó la distancia promedio a su centroide. Esta información permite la construcción del diagrama de Elbow el cual muestra la distancia promedio al centroide en función del número de grupos. A partir del diagrama de Elbow se pudo determinar que el número K de grupos que debía tomarse para analizar los hospitales fue de 2 debido a que en la función para k=3 obtiene un valor superior que para k=2. Esto significa que si se agrega una clase más (la tercera) la distancia promedio al centroide aumenta y consecuentemente no se justifica su incorporación. Ver Figura 2.

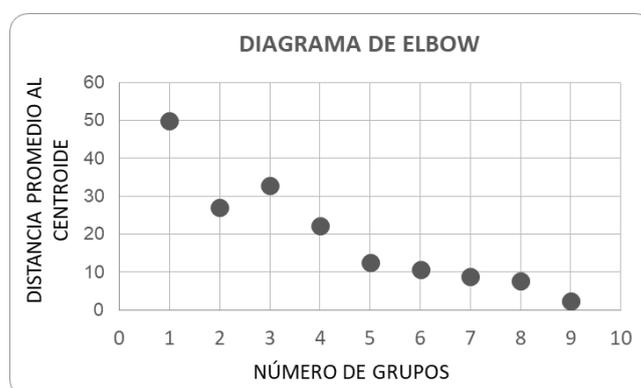


Figura 2. Diagrama de Elbow.

Los métodos de agrupamiento han sido aplicados en otros trabajos que analizan el consumo de energía en hospitales. Por ejemplo, en el trabajo de Urteneche (et al. 2022) se utilizó el algoritmo K-means para identificar hospitales con tipos de envolvente edilicia similares. Asimismo, en el trabajo de Chévez (et al. 2017) se utilizó el mismo algoritmo para encontrar, en el sector residencial, hogares con consumo de energía similares. Por lo tanto, en el presente trabajo, los 2 grupos de hospitales

encontrados son los que se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3. Agrupamiento de los establecimientos según el clustering.

GRUPO 1	GRUPO 2
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	HZGA "Horacio Cestino"
HIEAC "San Juan de Dios"	HZE "Dr. Noel H. Sbarra"
HIGA "San Roque"	HZGA "Dr. Larrain"
HIAEP "Sor María Ludovica"	HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	HIGA "Gral. San Martín"

5. Análisis de la relación que existe entre el potencial solar de cada grupo.

En esta etapa se analizan los grupos según su potencial solar, aplicando herramientas estadísticas y la información que brinda el clustering, con el fin de relevar el conjunto de indicadores por grupo. Inicialmente, se calcularon una serie de indicadores estadísticos cuyos valores se presentan a continuación en Tabla 4.

Tabla 4. Estadística descriptiva aplicada a las variables de cada grupo.

Herramientas estadísticas	GRUPO 1			GRUPO 2		
	M (%)	T (%)	PNC (%)	M (%)	T (%)	PNC (%)
Mínimo	8,6	20,2	0,0	39,9	63,5	50,3
Máximo	51,9	70,0	75,6	80,1	100,0	100,0
Promedio	28,5	39,1	28,7	58,5	88,0	84,5
Mediana	25,8	29,0	23,5	55,6	92,7	88,2
Desvío estándar	16,8	18,0	25,3	15,4	13,6	18,2

A los efectos de facilitar el análisis de los datos para cada indicador, el diagrama de caja y bigotes en la Figura 3, muestra cada una de las cajas que representan el rango intercuartílico de cada indicador. La línea que se observa dentro de cada caja representa la mediana, mientras que la "x" se refiere a la media y los bigotes que se extienden del valor máximo al mínimo. Dicho gráfico proporciona información sobre la dispersión, centralidad y la presencia de valores atípicos en los datos. En síntesis, la Figura 3 muestra con claridad que los establecimientos del grupo 2 tienen mayor potencial con respecto a la posibilidad de incorporar energías renovables solares tanto en la fachada como en el techo, así como en la superficie no construida del establecimiento.

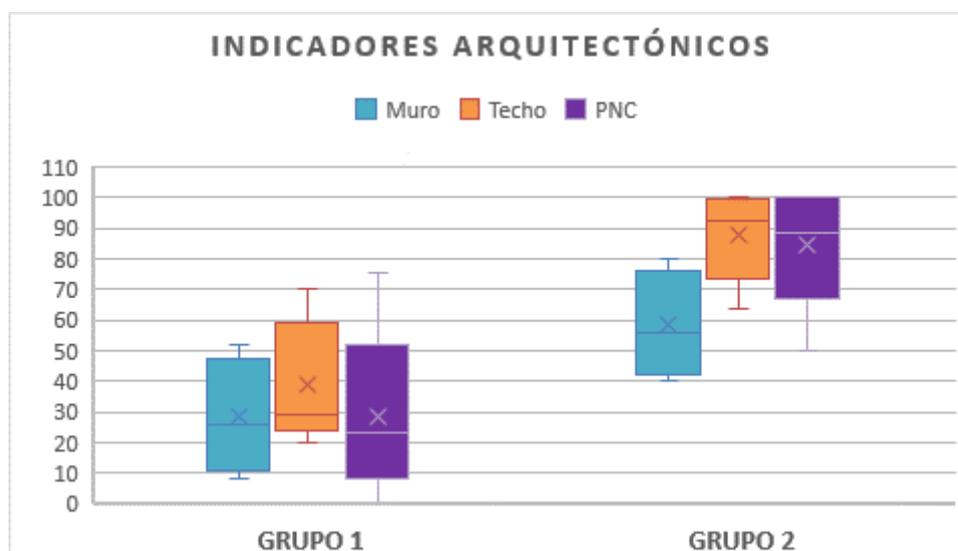


Figura 3. Diagrama de caja y bigotes por indicador y por grupo.

Luego, se utilizó la información del clustering, que como se adelantó en la etapa 4, el centroide representa las coordenadas promedio de un grupo determinado. Por lo tanto, el elemento que se encuentra más cerca del centroide es el que posee las características más similares a la mayoría de los elementos del grupo. Bajo este concepto se identifica el hospital más representativo en cada grupo, siendo el HZGA “Dr. Ricardo Gutiérrez” el del grupo 1, mientras que el HZE “Dr. Noel H. Sbarra” es el del grupo 2. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Distancia a centroide por hospital en $k=2$.

GRUPO	ESTABLECIMIENTOS	Distancia a Centroides (k=2)
GRUPO 1	HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	12,2
	HIEAC "San Juan de Dios"	28,1
	HIGA "San Roque"	35,7
	HIAEP "Sor María Ludovica"	29,7
	HIAC "Dr. Alejandro Korn"	37,5
GRUPO 2	HZGA "Horacio Cestino"	24,6
	HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	12,9
	HZGA "Dr. Larrain"	24,6
	HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"	21,1
	HIGA "Gral. San Martín"	44,2

Del análisis estadístico en conjunto con la información brindada por el clustering, se eligen los valores de los indicadores característicos por grupo (Ver Tabla 6). En este caso, se consideran los valores de indicadores que representan a cada grupo, igual a los valores del establecimiento más representativo, considerando además que los mismos son muy similares a la mediana de cada grupo.

Tabla 6. Indicadores por grupo.

GRUPO	M (%)	T (%)	PNC (%)
GRUPO 1	25.8	28.1	16.5
GRUPO 2	55.6	100.0	88.2

6. Cálculo estimado de energía solar posible de incorporar a los establecimientos de salud.

En esta etapa se obtiene una primera aproximación de la energía solar que podría incorporarse en cada establecimiento según el grupo que integre. Se utilizan como los indicadores específicos de cada grupo los que se presentan en la Tabla 6 y considerando la Ec. (4), se calcula la energía que puede producirse en techo, muro y superficie no construida. El cálculo se realiza en los establecimientos más representativos de cada grupo. Para obtener la energía anual, se evaluó la irradiación solar en el plano inclinado de cada mes del año y la cantidad de días. Luego se suman las energías mensuales, obteniendo la energía anual según las Ec. (5) y (6):

$$E_{P(annual)} = \sum_{i=1}^{12} E_{P(mensual)_i} \quad (5)$$

$$E_{p(mes)} = P_{P(STC)} \cdot HPS_{(STC)} \cdot PR \cdot n_i = [kWh/mes] \quad (6)$$

donde:

$P_{P(STC)}$: potencia pico de la suma de todos los paneles por superficie (kWp).

$HPS_{(STC)}$: horas pico solar media por mes (h/día), que se obtienen de la NASA.

PR: rendimiento energético de la instalación.

n_i : cantidad días del mes.

Para el caso del PR se calcula según la E. (7), considerando las pérdidas por temperatura de celda (por lo que depende del panel seleccionado), las pérdidas por efecto del polvo y suciedad, por dispersión, por reflectancia, por pérdidas en el cableado, por disponibilidad y rendimiento.

$$PR = (1 - A - P_{temp}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \quad (7)$$

En un primer paso, se identifica del punto 2 de la metodología, la superficie potencial de cada hospital representativo del grupo. Luego se selecciona un panel, el cual para el caso de estudio se selecciona el panel solar de marca Restarsolar con una potencia pico de 560W¹. La información que se requiere, además de la potencia pico, son el largo y el ancho, la temperatura normal de operación de la celda (NOCT) y los coeficientes de temperatura. Una vez identificada esta información se considera un factor de ocupación del terreno, es decir el área en el plano horizontal requerida por el predio, sobre el área neta de la suma de todos los módulos fotovoltaicos. En este caso, se toma un valor conservador de manera tal de asegurar que no se produzca sombreado entre paneles según lo calculado en la Ec. (8):

$$Superficie\ disponible\ para\ paneles = \frac{Superficie\ potencial}{1,8} \quad (8)$$

Una vez obtenida la superficie disponible para colocar paneles, se calcula la cantidad de paneles totales por superficie dependiendo del área total de cada panel. Con toda esta información y utilizando los siguientes valores para el azimut y la inclinación del panel (ver Tabla 7), se obtiene la disposición de paneles por superficie por hospital, la cual se puede observar en la Tabla 8. La energía generada por superficie por grupo se observa en la Tabla 9.

Tabla 7. Valores de Azimut e inclinación de paneles según superficie.

Superficie	Azimut (°)	Inclinación del panel (°)
Muro al Norte	0	90
Muro al Noroeste	30	90
Techo	0	30
Superficie no construida	0	30

Tabla 8. Resumen de cantidad de paneles por superficie.

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Superficie potencial (m2)	Superficie para paneles (m2)	Nro. de paneles	Superficie potencial (m2)	Superficie para paneles (m2)	Nro. de paneles
Muro al Norte	365.84	203.24	78	645.6	358.7	138
Muro al Noroeste	106.4	59.11	22	270.0	150.0	58
TECHO	852.9	473.8	183	1556.2	864.6	334
PNC	408.9	227.2	87	2011.0	1117.2	432

Tabla 9. Energía generada por superficie potencial por grupo.

	Energía Generada (MWh/año)	
	GRUPO 1	GRUPO 2
MURO	50	98
TECHO	143	261
PNC	68	337

Con esta información, relacionándola con la energía eléctrica consumida por los establecimientos representativos de cada grupo (Tabla 2) se puede aproximar el consumo eléctrico a sustituir por energías renovables (EERR), cuánto se puede inyectar a la red y además poder seleccionar qué superficie elegir para realizar la instalación. Algunas comparaciones se presentan en la Tabla 10.

La Tabla 10 muestra los valores obtenidos para los hospitales más representativos de cada grupo: el HZGA “Dr. Ricardo Gutiérrez” del grupo 1 y el HZE “Dr. Noel H. Sbarra” correspondiente al grupo

¹ La hoja de dato del panel se encuentra en [Panel Solar Restarsolar - 560W - Pallet De 31 Unidades - Enertik Argentina](#)

2. Se observa que el hospital del grupo 1 no puede sustituir de forma completa el consumo de electricidad, generada principalmente a partir de fuentes de origen fósil, por energía solar. En cambio, el hospital representativo del segundo grupo sí puede hacerlo y su excedente puede ser inyectado a la red.

Tabla 10. Resultados de porcentaje de EERR generada respecto a la energía eléctrica consumida.

	GRUPO 1	GRUPO 2
Energía eléctrica consumida (MWh/año)	709.42	208.34
% de sustitución de energía eléctrica fósil por EERR (autoconsumo)	36.76	100.00
% de energía EERR que se puede inyectar a la red	0	487.74

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una metodología orientada a fundamentar propuestas que incorporen energía solar en las áreas construidas y no construidas de los establecimientos hospitalarios pertenecientes a la red de salud de la Micro-Región Gran La Plata. La aplicación de la metodología brinda una rápida prefactibilidad técnica respecto a la posibilidad de incorporar energías renovables para sustituir las fósiles, ya que con la primera aproximación de cantidad de energía generada por superficie potencial se puede estimar la cantidad de energía que se puede sustituir en la red por grupo.

Resulta importante destacar que, si bien el objeto de estudio de este trabajo corresponde a los establecimientos de salud de la MRGLP, los aportes producidos podrían ser aplicados a otros casos de estudios con sus correspondientes ajustes y adaptaciones. De esta manera, la metodología desarrollada puede ser transferida, por ejemplo, a la red de educación o administración pública las cuales también pertenecen al sector comercial y público. En síntesis, el abordaje de los aspectos referidos a la eficiencia energética en los edificios energo-intensivos del sector salud resulta fundamental para comprender su funcionamiento y poder sugerir pautas que permitan sustituir fuentes convencionales por renovables con sus consecuentes efectos asociados. En este sentido, resulta prioritario realizar acciones tendientes a precisar y tratar de minimizar esta divergencia de la oferta-demanda con una visión de largo plazo que incluya mejoras sustantivas en el futuro energético de los países y de las ciudades. En consecuencia, la posible sustitución de fuentes fósiles por renovables ha tomado un papel importante en la agenda de muchos países, incluyendo a la Argentina.

Resulta fundamental entonces, contar con una metodología útil y práctica que permita evaluar el potencial de los establecimientos de salud con el objeto de proponer pautas específicas por grupo de establecimientos para la incorporación de energía solar. Tal como se ha podido observar a partir de los datos de la Tabla 10, los hospitales más representativos del caso de estudio han podido, en el peor caso, sustituir más de un tercio de la energía eléctrica producida a partir de fuentes convencionales por renovables y en el mejor caso cubrir el 100% del consumo e inyectar el excedente a la red. Esto implica, consecuentemente, una reducción significativa de la huella de carbono asociada al consumo de energía eléctrica de los establecimientos hospitalarios.

REFERENCIAS

- Chávez, P. J. Barbero, D. A. Martini, I. Discoli, C. A. (2017). Application of the k-means clustering method for the detection and analysis of homogeneous residential electricity consumption sectors at La Plata city. *Sustainable cities and society*.
- Czajkowski, J. D. (1993). Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica. *Actas del IV Congreso Latinoamericano y 7° Jornadas Interdisciplinarias de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*. Buenos Aires.
- Hernández Orallo, J. Ramírez Quintana, M. J. y Ferri Ramírez, C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Pearson-Prentice Hall.
- Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Medio Ambiente y El Desarrollo*. <https://doi.org/10.54114/revanlisis.v17i1.17556>

- Papantoniou, D. K. (2012). Energy conservation techniques for hospital buildings. *Advances in Building Energy Research*.
- Secretaría de Energía. (2021). Balance Energético Nacional 2021. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Svampa, M. Viale, E. (2021). *El colapso ecológico ya llegó: Una brújula para salir del (mal) desarrollo*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Urteche, E. Barbero, D. A. Fondoso Ossola, S. T. Martini, I. (2023). Clasificación de establecimientos de salud a partir de características técnico-constructivas de la envolvente edilicia para fundamentar medidas de eficiencia energética. *Energías renovables y medio ambiente*. Vol 50. (en prensa).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *2020 Global status report for buildings and construction. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. UNEP.
- Urteche, E. Barbero, D. A. Fondoso Ossola, S. T. Martini, I. (2022). Clasificación de establecimientos de salud a partir de características técnico-constructivas de la envolvente edilicia para fundamentar medidas de eficiencia energética. *ERMA*. (en prensa)
- Yañez, E. (1986). *Hospitales de seguridad social*. Limusa.
- Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2007). *Atlas de Energía Solar de La República Argentina*.
- Wallace, C. L. (2017). *Tesis de Maestría en Energías Renovables: Cálculo y elaboración de los discos de irradiación solar para su uso como herramienta de gestión en políticas provinciales para la promoción de la energía solar en la república argentina*. UTN – Regional Buenos Aires.

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF HEALTH ESTABLISHMENTS FOR THE INCORPORATION OF SOLAR ENERGY

ABSTRACT: In Argentina, over 50% of the energy is generated from fossil sources, and 34% of the final energy consumption corresponds to the residential and commercial-public sectors. Within the latter, health sector establishments are included, which exhibit the highest energy consumption per unit of area. With the aim of reducing emissions caused by energy consumption, and the corresponding carbon footprint, this study seeks to develop a methodology to assess the potential for integrating solar energy in healthcare facilities. To achieve this, the establishments are categorized based on their solar potential, followed by associating energy consumption data with each category. Once the relationship between energy consumption and solar potential is understood, recommendations can be made for incorporating solar energy, both within the premises of the establishments and in the building envelope. Given that the measures to be suggested are specific for each group of hospitals, the developed methodology is applied to the health network made up of all the establishments of a particular region, in this case, the Greater La Plata Micro-Region.

Keywords: energy diagnosis, hospitals, energy transition, carbon footprint, renewable energy.