

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ESCOLARES EXISTENTES

M. Guillermina Ré y M. Florencia Bianchi

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat.
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan.
Av. José Ignacio de la Roza y Meglioli. Rivadavia. San Juan
Tel.: +54(0)264-4232395 / 3259 Int. 318 - <http://www.irpha.faud.unsj.ar>
e-mail: guillerminare@faud.unsj.edu.ar, florbianchi26@gmail.com

Recibido: 2-07-20; Aceptado: 20-07-20; Publicado en línea: 30-07-20.

RESUMEN.- El objetivo del trabajo es presentar una metodología de evaluación y calificación de la sustentabilidad ambiental y la eficiencia energética de edificios escolares existentes del Área Metropolitana de San Juan. Se define la estructura organizativa, las categorías, créditos e indicadores y el sistema de puntuación con distintos niveles de optimización. Se realiza una síntesis conceptual de los principales criterios que involucra cada categoría y se mencionan las normas o estándares utilizados para el desarrollo de indicadores. El sistema diseñado se utiliza para evaluar el funcionamiento y estado de conservación de seis casos pertenecientes al Programa Nacional 700 Escuelas. Su implementación, en una primera instancia de auditoría, permite detectar los aspectos más deficitarios del edificio original y reconocer qué aspectos mejorar para calificar niveles de sustentabilidad. Los resultados obtenidos revelan que las escuelas alcanzan entre un 26% (EEMMCH) a un 39% (ETOA) del puntaje máximo, lo cual denota la necesidad de trabajar sobre su relación con el entorno, el uso responsable del agua y la energía, la calidad de los espacios interiores y el vínculo con la comunidad. Dada la importancia del confort en establecimientos escolares, se enfatiza la necesidad de rehabilitar los parámetros que contribuyan directamente con estos indicadores.

Palabras claves: sustentabilidad, eficiencia energética, evaluación, calificación, edificios escolares.

METHODOLOGY OF ASSESSMENT AND CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND ENERGY EFFICIENCY IN EXISTING SCHOOL BUILDINGS

ABSTRACT.- The objective of the work is to present a methodology for evaluating and classification the environmental sustainability and energy efficiency of existing school buildings in the San Juan Metropolitan Area. The organizational structure, categories, credits, indicators and the scoring system with different levels of optimization are defined. A conceptual synthesis of the main criteria involved in each category is carried out and the norms or standards used for the development of indicators are mentioned. The designed system is used to evaluate the operation and conservation status of six cases belonging to the 700 Schools National Program. Its implementation, in a first audit instance, allows detecting the most deficient aspects of the original building and recognizing which aspects to improve to qualify levels of sustainability. The results obtained reveal that schools reach between 26% (EEMMCH) to 39% (ETOA) of the maximum score. It denotes the need to work on their relationship with the environment, the responsible use of water and energy, the quality of interior spaces and the link with the community. Given the importance of comfort in school establishments, the need to rehabilitate the parameters that directly contribute to these indicators is emphasized.

Keyword: sustainability, energy efficiency, assessment, classification, school buildings.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los diferentes sectores intervinientes en la problemática energética, de contaminación y de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el parque edilicio posee un índice significativo, al ser un importante consumidor de energía a nivel mundial. La construcción de edificios y su operación

representaron el 36% del consumo de energía final global y produjeron 39% del CO₂ durante el año 2017 (IEA, 2018). En Argentina, según los datos publicados por la Secretaría de Energía (2019), la participación de este sector en el consumo total de energía fue del 34%, correspondiendo 26% al sector residencial y 8% al comercial y público.

La etapa de uso de un edificio ocupa la mayor cantidad de tiempo y registra los mayores consumos energéticos y riesgos de contaminación. Sartori y Hestnes (2007) afirman que el consumo energético en la fase operativa representa alrededor del 90 al 95%. Esta situación requiere de la implementación de planes de optimización de la eficiencia energética de los edificios existentes con el objetivo de disminuir la demanda.

En las últimas décadas, se han desarrollado y perfeccionado diversos modelos de certificación de sustentabilidad, que permitieran sistematizar la evaluación de los edificios con el propósito de fomentar el uso racional de los recursos, la disminución en la generación de emisiones, la eficiencia energética y la calidad de los espacios interiores. A nivel internacional, algunos de los sistemas más difundidos son el BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos), CASBEE (Japón), CEPAS (Hong Kong), ITACA (Italia), VERDE (España), AQUA (Brasil), CES (Chile), los cuales buscan fomentar que las construcciones se adecuen a determinados criterios de sustentabilidad. Los modelos mencionados evalúan una serie de aspectos relacionados al consumo energético, materiales, calidad del aire interior y características del sitio de implantación, apoyados en estándares o indicadores que brindan las Normas y regulaciones propias de cada país.

Desde el ámbito académico y científico se ha trabajado en el estudio y análisis de métodos de evaluación de la sustentabilidad ambiental y edilicia, y programas de certificación de la eficiencia energética, con el fin de indagar en sus aspectos estructurales (Nguyen y Altan, 2011; Quesada Molina, 2014; Frade y Susumu Gomazako, 2016; Canteros et al., 2019; Ré y Michaux, 2019), o con el objetivo de proponer nuevas metodologías adecuadas al contexto local (Czajkowski, et al., 2017; Schiller, 2009).

En el ámbito nacional, se ha avanzado en la temática en los últimos tiempos, principalmente para edificios residenciales. En 2010 tuvo su lanzamiento la primera edición de la norma IRAM 11900 "Etiquetado de Eficiencia Energética de Calefacción para Edificios"; y recientemente la segunda, titulada "Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo" (IRAM, 2017). En esta nueva edición la Norma se amplía, incluyendo conceptos de gasto de energía en calefacción y refrigeración, energía para agua caliente sanitaria y para iluminación, energía solar térmica y fotovoltaica y estrategias de diseño pasivo. Dicha norma significa un importante aporte para la evaluación energética de edificios y para el fortalecimiento de las reglamentaciones en el país. Sin embargo, hasta el momento se limita a considerar únicamente los requerimientos para tipologías de viviendas.

El Instituto de Arquitectura Sustentable, del Colegio de Arquitectos de Córdoba (2018), ha elaborado y registrado la Etiquetación de Sustentabilidad Edilicia -eSe-, que es un sistema integral de auditoría energética y evaluación de performances de variables sustentables en edificios, para la etapa de proyecto y para edificios existentes. El factor medio-ambiental y los aspectos económicos y sociales son especialmente tenidos en cuenta en este sistema, a fin de garantizar un mayor equilibrio para el desarrollo sustentable.

El Instituto Nacional de Tecnología e Industria (INTI) está trabajando en el diseño e implementación de una etiqueta de eficiencia energética en los hogares, que permita a los usuarios conocer cuánta energía requiere una vivienda para su

funcionamiento. Para poder analizar las mediciones y establecer el consumo, el INTI estuvo realizando una experiencia piloto con 500 hogares de la ciudad de Rosario. Los resultados permitirán determinar un Índice de Prestaciones Energéticas, que se utilizará como parámetro para el etiquetado (Energía Estratégica, 2017).

En cuanto a la particularidad de los edificios escolares, un creciente número de investigaciones sostienen que la infraestructura edilicia y el ambiente físico juegan un rol sustancial en el bienestar general de estudiantes y profesores, llagando a condicionar el logro de los objetivos educativos. La calidad del aire interior, la ventilación, el confort térmico, la iluminación, la acústica, la antigüedad del edificio, la calidad de la construcción y la estética, podrían estar vinculados al desempeño estudiantil y afectar positiva o negativamente la salud e integridad de los docentes y alumnos (Guardino Solá, 2001; Wargocki y Wyon, 2006; Duran-Narucki, 2008; USGBC, 2013; American Federation of Teachers, 2006).

Un reporte elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo (2012) en base a las conferencias presentadas en el seminario de la Red de Educación, señala aspectos a considerar en el diseño, construcción y mantenimiento de edificios escolares y menciona lineamientos que guíen acciones futuras. Entre las temáticas tratadas, las que interesan al presente trabajo son: el impacto de la infraestructura escolar en el aprendizaje; la necesidad del fortalecimiento de la reglamentación y la generación de estándares comunes; y el incentivo de iniciativas de escuelas sustentables, que aspiren, entre otras cosas, a una mayor eficiencia energética.

Alcanzar niveles óptimos de sustentabilidad, confort térmico y eficiencia energética en escuelas, resulta beneficioso tanto para los usuarios como para el medio ambiente. A partir de la implementación de acciones se puede lograr el ahorro de energía (y en consecuencia la disminución de los costos operativos), el mejoramiento de las condiciones interiores de los espacios para la educación y la puesta en práctica de acciones de responsabilidad ambiental.

Los objetivos del trabajo son dos, por un lado, presentar la estructura de análisis de una metodología de evaluación y clasificación de la sustentabilidad ambiental y la eficiencia energética de edificios escolares existentes del Área Metropolitana de San Juan (AMSJ). Por otro, utilizar el sistema diseñado para evaluar el estado actual de infraestructuras del Programa Nacional 700 Escuelas localizadas en el AMSJ. Su implementación en una primera instancia de auditoría, permite detectar los aspectos deficitarios y reconocer qué aspectos de cada categoría se deben mejorar para que el edificio alcance niveles de sustentabilidad.

El desarrollo de la investigación se enmarca en el proyecto CICITCA 2020-2021. La información presentada forma parte de la beca de estudiantes avanzados "*Sustentabilidad edilicia del Programa Nacional 700 Escuelas en el Área Metropolitana de San Juan. Modelado térmico-energético de propuestas de rehabilitación ambiental*" y del proyecto PROJIVI 2018-2019 / FAUD-UNSJ "*Estructura analítica para la calificación energética y de sustentabilidad en edificios escolares existentes del Área Metropolitana de San Juan*".

2. EDIFICIOS ESCOLARES

La organización del edificio escolar debe responder tanto a los requerimientos pedagógicos como a las pautas socio-culturales de los usuarios. Se debe adaptar a las diversas características regionales de clima y uso, y cumplir con las exigencias funcionales y tecnológicas dispuestas (Ministerio de Educación, 1998).

La escuela es una institución que permite el desarrollo educativo, como así también, cumple un rol importante en el desarrollo social y cultural. Constituye un acontecimiento en la historia de la comunidad donde está inserto. En muchos casos es el único edificio público de la zona, y suele adquirir, a lo largo de su vida útil, valor histórico-cultural y de identidad local (Hille, 2012; O'Donnell, 2012). Por estas razones, el edificio escolar debe ser programado, diseñado y construido con racionalidad y compromiso, pensando en brindar mejores condiciones para toda la comunidad educativa.

Desde el aspecto de la calidad y el confort en los espacios interiores, un estudio reveló que condiciones ambientales deficientes en las escuelas ejercen una influencia adversa en la salud, el rendimiento y la asistencia de los alumnos. Los factores que contribuyen negativamente al aprendizaje pueden ser: iluminación deficiente, ventilación inadecuada, muros en mal estado, techos dañados y sistemas de calefacción y aire acondicionado que no funcionan. Además de factores como el ruido, el hacinamiento y la mala calidad del aire (American Federation of Teachers, 2006).

La hipótesis del trabajo es considerar que todos los edificios escolares existentes pueden mejorar su performance energética y alcanzar niveles de sustentabilidad ambiental, si se llevan a cabo acciones de rehabilitación y mantenimiento en los distintos aspectos involucrados en el análisis. El objetivo final de la propuesta es promover prácticas saludables, duraderas, asequibles y respetuosas del medio ambiente.

3. METODOLOGÍA

La metodología diseñada se orienta a la evaluación, mejoramiento y seguimiento de edificios escolares existentes que aspiren a alcanzar determinados niveles de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética. Ésta fue elaborada a partir de considerar las singularidades de la arquitectura escolar. Se trabajó en el desarrollo de indicadores específicos para esta tipología arquitectónica, los cuales diferencian a la estructura de análisis de otros sistemas elaborados para edificios de uso residencial o comercial. Los indicadores se basan en estándares, reglamentaciones y/o normativas existentes. Se hace hincapié en los aspectos energéticos y confort térmico, dentro del marco global de la sustentabilidad. Se consideran los requerimientos del contexto local, en cuanto a las tradiciones tecnológicas, las características climáticas y la realidad socio-económica de los edificios de gestión pública en la provincia de San Juan.

La metodología puede ser utilizada en tres instancias de evaluación:

- ✓ *Auditoría.* El sistema funciona como instrumento de análisis de las escuelas en su estado original. En ella se detectan los principales problemas a resolver, los aspectos

que requieren mayor atención y el potencial con el que cuenta el edificio para su mejoramiento.

- ✓ *Propuesta.* La metodología sirve como guía para la elaboración de las pautas de mejoramiento y estrategias de rehabilitación de la infraestructura. En esta oportunidad se realiza la evaluación de las mismas, debiendo alcanzar los puntajes mínimos establecidos en los distintos niveles de calificación de sustentabilidad y la eficiencia energética.
- ✓ *Seguimiento.* Se programan evaluaciones periódicas, luego de concretar las mejoras, con el fin de no descuidar el uso responsable del edificio escolar. Con esto se procura poner en valor la etapa de mantenimiento y promover la durabilidad de las acciones realizadas en el tiempo.

La estructura de análisis se divide en cinco categorías. Cada una de ellas se subdivide en créditos, que definen el aspecto a tratar. El sistema de puntuación se establece con igual valoración para cada crédito, lo cual permite ponderar unas categorías sobre otras, según la cantidad de créditos que la integren. La forma de evaluar cada uno de ellos, es a través de indicadores que reciben un porcentaje de dicho puntaje. En algunos casos, los porcentajes son concurrentes; esto significa que los indicadores deben sumarse para obtener el 100%. En otros casos, los porcentajes son excluyentes, es decir, que el hecho de cumplir con un indicador representa un determinado porcentaje del puntaje, y no cumplir con él sería 0%. Del total de puntos alcanzados con los créditos en cada categoría, se obtiene el puntaje final y se consigue determinado nivel de calificación. En la Figura 1 se puede observar un esquema de la estructura de organización mencionada.

Un indicador es una medida cuantitativa, cualitativa o descriptiva, representativa de un aspecto de la edificación. Establecer un sistema de indicadores consiste en seleccionar aquellos que sean pertinentes; desarrollarlos y/o encontrar métodos e información adecuados para medirlos. Los indicadores que evalúan la etapa de uso y de operación real de un edificio se basan en mediciones e investigaciones concernientes a la satisfacción de los usuarios (IRAM 21929-1, 2014).

Para poder ser utilizable, un indicador debe estar acompañado de una explicación que describa como asignar su valor. Los indicadores deben tener también una fuente de información que proporcione la base sobre la cual se evalúan (Armijo, 2010). Cuando se utilizan indicadores para simplificar y comunicar información compleja, permite verificar (en función de objetivos establecidos); diagnosticar (para señalar factores de influencia); comparar (de edificios alternativos) y monitorizar (el cambio de los impactos con el transcurso del tiempo).

Para la elaboración de la metodología se indagó en distintos modelos de certificación de sustentabilidad ambiental y edilicia de relevancia internacional: LEED, BREEAM, ITACA, TEENERGY (Ré y Michaux, 2019). También se estudió el Indicador de la Calidad de Diseño (Design Quality Indicator, 2016). En el ámbito Nacional se analizó la Etiquetación de Sustentabilidad Edilicia -eSe- (Colegio de Arquitectos de Córdoba, 2018) y las Normas IRAM de Construcción Sostenible (11930, 2010; 11931, 2016; 21929-1, 2014) para la extracción de conceptos y la profundización en los contenidos teóricos.

4. ESTRUCTURA DE ANÁLISIS

Las categorías que integran la metodología son cinco: *Sitio Sustentable, Agua, Energía, Confort y Habitabilidad, Comunidad*. Dentro de ellas se organizan los 25 créditos que estructuran el sistema. El puntaje máximo que es posible alcanzar, es de 100 puntos. Para que un edificio escolar pueda calificar como sustentable y eficiente energéticamente debe aprobar favorablemente, como mínimo, un 60% de los créditos que la integran. Los Niveles definidos son tres: el Base, con un intervalo entre 60 y 74 puntos; el Medio, entre 75 y 89 puntos y por último el Óptimo con más de 90 puntos (Figura 2).

(28%), *Comunidad* (24%) y *Confort y Habitabilidad* (20%). Para acreditar cualquier nivel de calificación es necesario certificar las 5 categorías. Cada una de ellas debe alcanzar un puntaje mínimo, que corresponde a un porcentaje del total de la categoría. Para el nivel Base es de 60%, para el Medio de 70% y para el Óptimo de 90%. Esta exigencia se plantea para lograr que la calificación sea equilibrada en toda la estructura. De esta forma, la metodología funciona como un sistema, donde las partes y el todo responden a los mismos criterios de conformación. Por ejemplo, la categoría *Energía* debe sumar un mínimo de 17 puntos para el nivel básico, 21 para el nivel medio, mientras que para el óptimo asciende a 25. En la Figura 2 se puede observar detalladamente.

Las categorías con más incidencia dentro del puntaje total son aquellas que poseen un mayor número de créditos: *Energía*

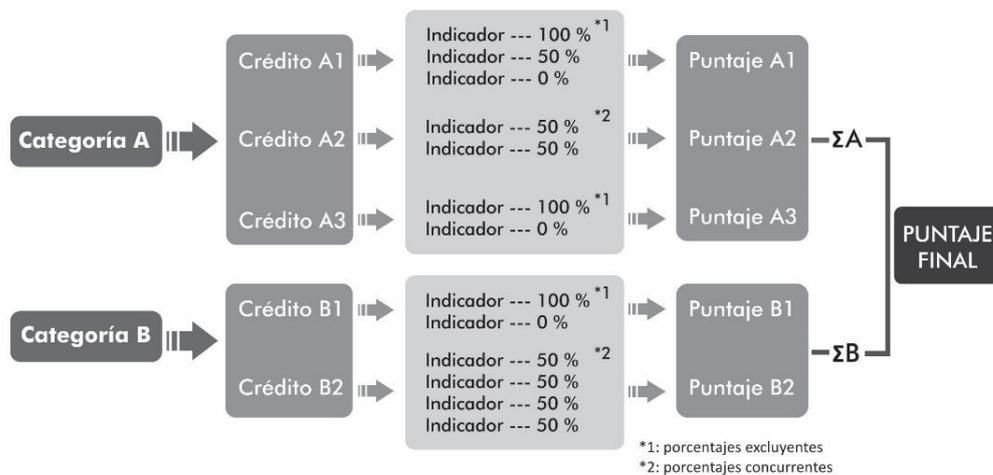


Fig. 1: Esquema de la estructura de análisis.

CATEGORÍAS	NIVEL BASE	NIVEL MEDIO	NIVEL ÓPTIMO	MÁXIMOS
	PUNTOS MÍNIMOS A ALCANZAR POR CATEGORÍA			
Sitio Sustentable	10	12	14	16
Agua	7	9	11	12
Energía	17	21	25	28
Confort y Habitabilidad	12	15	18	20
Comunidad	14	18	22	24
	60 < 74 puntos	75 < 89 puntos	90 < 100 puntos	

Fig. 2: Niveles de calificación. Puntajes mínimos requeridos por categorías y por nivel.

El puntaje obtenido se representa gráficamente en un diagrama radial escalado entre 0 y 30. En él se pueden visualizar rápidamente las cinco categorías de análisis y los puntajes requeridos para alcanzar cada nivel (Figura 3). La silueta en color gris representa el puntaje máximo que se puede obtener con la metodología. Las categorías con mayor incidencia, que son aquellas cuyo dibujo se aleja más del centro. Se elige este tipo de gráfico ya que ha sido utilizado previamente en modelos de calificación de la sustentabilidad, como DQI (2016) y eSe (2018).

El sitio y sus características determinan el proyecto del edificio escolar, dado que éste impacta en el entorno y a la vez es afectado por él. En los casos de nuevos edificios se deberá tener en cuenta los datos de emplazamiento, clima y contexto, dado que una inadecuada valoración de los mismos puede ocasionar costos adicionales, tanto durante la etapa constructiva, como en la operación y mantenimiento. Para escuelas existentes, hay factores que no se pueden modificar, como la localización del edificio y la disposición en el terreno. Sin embargo, existen otros aspectos que sí pueden ser corregidos o mejorados en la búsqueda de un funcionamiento sustentable (Tabla 1).

4.1 Sitio Sustentable.

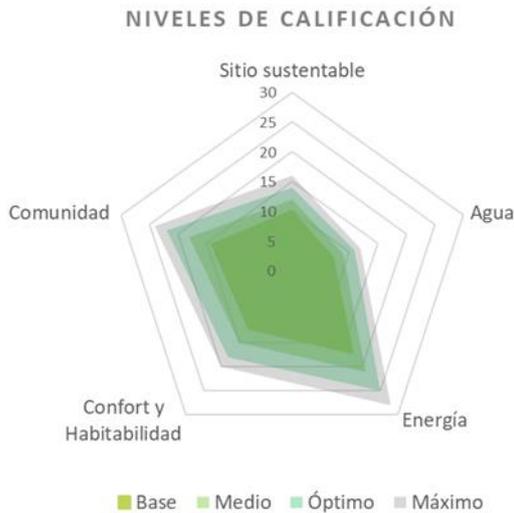


Fig. 3: Diagrama de los niveles de calificación.

La forestación, es un recurso que sirve para modificar el entorno inmediato y mejorar las condiciones ambientales del lugar. La arboleda urbana funciona como mitigadora de las condiciones higrotérmicas del clima en zonas áridas. Se considera el Indicador Bioclimático Arbóreo (Kurban, 2017), el cual identifica la eficiencia bioclimática de algunas especies a lo largo del año, en relación con su aporte al clima urbano. Los valores más bajos implican una mayor eficiencia; son especies que permiten el paso de la radiación solar en los meses fríos y la bloquean en los cálidos.

El uso de bicicletas como medio de transporte, es una opción que contribuye en la reducción de gases efecto invernadero generados por la combustión de los vehículos. Además, es costeable y saludable. Fomentar su uso a través de la organización dentro del edificio escolar un sector para estacionamiento. Este espacio debe poseer las dimensiones necesarias para abastecer de suficientes lugares a toda la comunidad educativa. Además, tiene que ser un lugar seguro contra robo y vandalismo, y contar con sombra. Para el cumplimiento de este crédito se requiere que un porcentaje de estudiantes y personal del establecimiento acceda en bicicleta desde una distancia máxima de 3km. Para ello es necesario, que las escuelas prioricen vacantes para alumnos de la zona.

4.2 Agua.

Actualmente existe una elevada utilización del servicio que supera los valores sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (50 l/persona x día). Según el Protocolo eSe (2018) se consumen en edificios públicos y administrativos en Argentina, casi el doble de la línea de cálculo de referencia. El consumo de agua en edificios escolares abarca aseo personal, sanitario, cocina, preparación de alimentos, limpieza del establecimiento y riego (Manco-Silva et al., 2017). Los Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar (Ministerio de Educación, 1998) establece una disponibilidad de agua potable de 35 l por alumno y por día, en el turno más desfavorable.

En San Juan el servicio de agua potable aún no es medido para su facturación. Esto favorece su uso irresponsable en distintas actividades, como riego, piscinas, lavado de autos, entre otros. La ciudad, además, tiene el agravante de estar localizada en zona árida, donde el agua es un bien escaso. Es por ello, la importancia de hacer hincapié en su uso

responsable. El ahorro a obtener no tendría, por el momento, un impacto sobre los costos de la prestación del servicio, pero serviría para considerar el valor del agua, como recurso limitado.

La concientización social respecto al uso responsable del agua y los avances en tecnología enfocados al consumo eficiente, pueden ser soluciones a implementar en las renovaciones y mantenimiento de los edificios.

Esta categoría cuenta con tres créditos diagramados para dicho objetivo (Tabla 1). Los indicadores permiten regular el uso responsable del agua con la incorporación de equipamiento específico en griferías, inodoros y mingitorios; fomentar el tratamiento y la reutilización de aguas grises y pluviales, y el riego eficiente a través de sistemas de goteo o aspersión.

4.3 Energía.

La Eficiencia Energética (EE) es la implementación de alternativas energéticas orientadas, no sólo a conservar adecuadamente las fuentes energéticas, sino a elevar la productividad en el uso de la misma. El concepto general de eficiencia vincula los recursos utilizados y los resultados obtenidos, es decir, que es la utilización de menos recursos para lograr un mismo objetivo; o el logro de más objetivos con los mismos recursos.

El Uso Racional de la Energía (URE) se basa en la optimización del consumo o demanda de energía a partir de la implementación de una serie de medidas de EE que permitan satisfacer iguales o mayores necesidades de servicios energéticos con un mínimo de pérdidas. Gonzalo (2003) plantea la importancia de establecer, como eje fundamental de acción, la educación y el generar conciencia en la población.

En los edificios escolares el URE debe constituirse como una actividad sistemática y pedagógica, con la intervención de toda la comunidad educativa. Sistemática porque debe realizarse en forma continua y metódica, y pedagógica porque puede integrar los contenidos curriculares con la participación de docentes, alumnos y padres. Las estrategias deben estar dirigidas a la concientización de los usuarios y a la aplicación de normas y regulaciones que contemplen la habitabilidad en edificios y el balance energético.

Distintos autores afirman que el mayor consumo energético que registra el sector edilicio se evidencia durante su etapa de uso (Rieznik Lamana y Hernández Aja, 2005; Zabalza et al., 2009; Blengini y Di Carlo, 2010). En el caso de edificios escolares, conseguir un funcionamiento energéticamente eficiente, depende de cómo se gestionen las tareas de operación y de mantenimiento de los sistemas energéticos. Incluso aquellos edificios diseñados como sustentables o bioclimáticos, deberán contar con un plan de trabajo para garantizar el correcto comportamiento a lo largo del tiempo.

Se definen los principios presentes en la categoría *Energía*. Las medidas y acciones a implementar deben contribuir a la disminución de la demanda energética sin afectar las condiciones de confort. Las mismas deben estar orientadas a:

- ✓ Mejorar la eficiencia de los sistemas energéticos que integran el edificio (iluminación, calentamiento de agua, calefacción, refrigeración y ventilación).

- Considerar la eficiencia de las instalaciones en su conjunto, y de los artefactos y equipos que la integran.
- ✓ Evaluar las propiedades de la envolvente edilicia. Aplicar las reglamentaciones y normativas existentes para regular la materialidad constructiva. Utilizar pautas de diseño adecuadas al clima del lugar.
 - ✓ Emplear estrategias bioclimáticas para la rehabilitación del edificio escolar existente.
 - ✓ Incorporar energías renovables, que complementen las fuentes de energía utilizadas.
 - ✓ Organizar auditorías periódicas y/o continuas, como mecanismos de control y seguimiento que permitan mejorar la performance energética.

Para definir los indicadores de los créditos que evalúan la envolvente edilicia en la categoría *Energía* (Tabla 1), se utilizan las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico. La 11605 (1996) para precisar los valores admisibles de transmitancia térmica (K) en cerramientos verticales y horizontales, y los coeficientes de la absorción de la radiación solar. La IRAM 11604 (2001) sirve como referencia de los valores máximos recomendados del coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G_{cal}), mientras que la 11659-2 (2007), para el coeficiente volumétrico de refrigeración (G_R).

Tabla 1: Estructura analítica de la metodología de evaluación y calificación.

Categorías	N°	Créditos	Indica - dores	Porcen - tajes Exclu - yentes	Porcen - tajes Concu - rrentes	Puntaje	Total
Sitio Sustentable	1	Emplazamiento	3	X		4	16
	2	Acceso al Transporte Público	3	X		4	
	3	Fomento del Uso de Bicicleta	3	X		4	
	4	Forestación	4		X	4	
Agua	5	Uso Responsable del Agua	2	X		4	12
	6	Tratamiento y reutilización de aguas grises y pluviales	2	X		4	
	7	Riego eficiente	2	X		4	
Energía	8	Orientación y Forma del edificio	3		X	4	28
	9	Diseño adecuado de la Envolvente	4		X	4	
	10	Acondicionamiento Térmico de la Envolvente	2	X		4	
	11	Sistemas de climatización eficientes	4		X	4	
	12	Iluminación y Equipos eficientes	4		X	4	
	13	Autogeneración de energía	3	X		4	
	14	Performance energética	3	X		4	
Confort y Habitabilidad	15	Confort Higrotérmico	3	X		4	20
	16	Ventilación Natural	2		X	4	
	17	Confort Lumínico	3	X		4	
	18	Confort Acústico	4	X		4	
	19	Calidad del Aire	4		X	4	
Comunidad	20	Fortalecimiento del vínculo alumno - escuela	4		X	4	24
	21	Apertura a la comunidad	2		X	4	
	22	Flexibilidad en el uso de los espacios	4		X	4	
	23	Prioridad de vacantes para alumnos de la zona	2	X		4	
	24	Reducción de residuos y reciclaje	2		X	4	
	25	El edificio como recurso de aprendizaje	2		X	4	
Totales			74	13	12	100	100

Para los indicadores de eficiencia energética de artefactos y equipos, se trabaja con las etiquetas elaboradas por IRAM (2020). Este Instituto actúa como organismo de certificación, lo cual garantiza al consumidor que los productos eléctricos que llevan su sello ofrecen confiabilidad. Los equipos que poseen etiquetas de EE que comúnmente forman parte de los edificios escolares, son: lámparas, aire acondicionado, hornos y hornallas, heladeras, televisor, microondas, termotanque y calefón. Actualmente algunos artefactos han sumado tres categorías de máxima eficiencia a la etiqueta. Los rangos van desde A+++ a G, como menos eficiente.

Otro indicador de la morfología edilicia es el FAEP, cuyas siglas responden a Factor Área Envolvente Piso. Éste relaciona la superficie de la envolvente exterior con el área útil climatizada. La forma de un edificio es un factor que

afecta en gran medida el consumo energético y determina la posibilidad de responder adecuadamente al clima del lugar. El FAEP sirve para optimizar el comportamiento térmico del edificio, a la vez que considera la construcción y su valor monetario. Cuanto más próximo a 2 sea, menor es la superficie de la envolvente y menores son los costos de construcción. Durante el uso del edificio, menores serán los consumos en calefacción y refrigeración al haber menor superficie de intercambio con el exterior. El autor considera que, con ese valor o menos, la forma es energéticamente eficiente (Esteves Miramont, 2017).

Cuando la metodología se usa para evaluar propuestas de rehabilitación y su sostenimiento en el tiempo, el crédito 14, llamado Performance Energética, tiene la particularidad de ser excluyente no solo del propio puntaje sino de todo el

sistema de puntuación. Es decir que, en caso de no alcanzar los requerimientos fijados de mejorar su performance energética respecto al año anterior, el edificio deja de certificar su nivel de sustentabilidad y eficiencia energética.

4.4 Confort y Habitabilidad.

En el marco de la sustentabilidad, los procesos de certificación coinciden en estudiar las condiciones de los espacios interiores mediante la medición o registro de parámetros ambientales y la percepción del usuario sobre diversos factores de confort. La evaluación fundada en el determinante humano resulta subjetiva, es por ello necesario complementar los resultados cuantificando los parámetros de manera objetiva. Las condiciones de confort ambiental registradas con instrumentos de medición se comparan con los valores normativos y con la valoración de los propios usuarios para extraer conclusiones y recomendaciones. Con este tipo de técnicas, por un lado, se describe la situación real de un espacio, y por otro, se pueden relacionar los resultados de ambas técnicas, construyendo y verificando nuevas hipótesis (San Juan, 2014).

Se define al “confort” como el estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios. El confort hace referencia a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo). Está determinado por factores endógenos, que son internos o intrínsecos del individuo, y factores exógenos o externos. A los fines de su análisis se divide en cuatro tipos: higrotérmico, lumínico, acústico y calidad del aire (Tabla 1).

La arquitectura y la envolvente edilicia también afectan a la sensación de confort. Es importante identificar el estado de conservación del edificio, la adaptabilidad a los espacios y la estética. Los parámetros arquitectónicos pueden ser modificados y rehabilitados para mejorar las condiciones del espacio interior y elevar los niveles de confort ambiental de los individuos que lo habitan. El equilibrio entre los factores que determinan estas condiciones es esencial para desarrollar la actividad escolar con la mayor eficacia, sin afectar la salud del estudiante (San Juan, 2014).

El edificio escolar debe reunir las mejores condiciones de habitabilidad y confort para el pleno desarrollo la labor educativa. Evaluar el estado de una edificación y sus espacios interiores es necesario para generar propuestas integrales de bienestar, sin necesidad de utilización excesiva de equipos mecánicos o artificiales.

Las exigencias a atender se enmarcan en regulaciones y normativas que consideren las variaciones climáticas del lugar de implantación del edificio como las Normas IRAM 11603 (2012). También en la Ley Nacional de Higiene y Seguridad N° 19.587, aprobada por Decreto N° 351/79, a fin de mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud de los usuarios.

La norma ASHRAE-55 (2004) entiende al confort térmico como “aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es determinada mediante evaluación subjetiva”, dado que considera la combinación de los factores del ambiente interior con los factores personales que ofrezcan condiciones aceptables para la mayoría de los individuos. La Norma ISO 7730 (2005) especifica umbrales para la zona de confort térmico en un

espacio áulico. Para una categoría C ($PPD \leq 15\%$, $-0,7 \leq PMV \leq +0,7$), es entre 22°C y 27°C para verano, y entre 19°C y 25°C para invierno.

La Norma IRAM 11659-1 (2004) define la zona de confort térmico, como aquella cuyas condiciones de temperatura y humedad relativa brindan sensación de bienestar a la mayor parte de los seres humanos. Los rangos sugeridos para verano en lugares de trabajo son entre 22°C y 27°C, con un porcentaje de HR entre 40% y 60%. Sin embargo, para la situación de refrigeración, también se establece que la diferencia de temperatura entre interior y exterior sea de 10°C a 12°C como máximo, es decir que para temperaturas exteriores superiores a 35°C el nivel de confort se ubicaría entre 26°C y 30°C en ambientes interiores. Para invierno, en aulas, se recomienda climatizar los ambientes con un mínimo de 17°C y un máximo de 20°C.

Para calificar los niveles de confort lumínico, se consideran las especificaciones de las Normas IRAM AADL J 2006 (1972), J 2003 (1970), J 2002 (1969) y J 2004 (1974). Se recomienda la iluminación con luz natural difusa en lugar de artificial, ya que genera una atmosfera más agradable y salubre (Stokkermans et al., 2018). El nivel de luminancia medio indicado varía entre 300 lux como mínimo y 500 lux como valor recomendable, evitando la luz solar directa sobre los planos de lectura. Se debe contar con iluminación pareja y homogénea eliminando excesos de luminosidad, brillos y deslumbramiento.

4.5 Comunidad.

Los Créditos Específicos para Escuelas (CEE), se agrupan en ésta categoría, que fue pensada para analizar los aspectos: educativo, social y funcional.

La relación de la escuela con la comunidad cumple un papel importante en el desarrollo de propuestas de acción orientadas a promover actividades culturales y procesos de inclusión educativa. La posibilidad de que otros actores sociales (padres, hermanos, vecinos, organizaciones y asociaciones) formen parte de la vida escolar constituye un punto de partida para que la gestión institucional resulte más democrática. Se debe pensar la escuela en interacción permanente y dinámica con el entorno social en que se encuentra inserta.

A su vez, dentro del edificio escolar, la comunidad educativa está integrada por los alumnos, docentes, directivos y personal de mastranza. El éxito de la implementación de planes de mejoramiento de la infraestructura edilicia y de programas de sustentabilidad requiere del compromiso de todos los usuarios. La voluntad por el cuidado del propio espacio, la educación, el entrenamiento y la motivación de las partes involucradas son factores necesarios para que los resultados alcanzados se sostengan en el tiempo.

La escuela, como espacio destinado al desarrollo de los procesos de enseñanza – aprendizaje, resulta un recurso para ser aprovechado a favor de generar conciencia ambiental y respeto por el medio ambiente. Los edificios que alcancen niveles de sustentabilidad y eficiencia energética, podrán educar y transmitir conocimientos desde el propio ejemplo. Los establecimientos serán capaces de transferir a sus estudiantes, docentes y personal de mastranza, conceptos y prácticas responsables en el manejo de los recursos, en la gestión de residuos, en el cuidado del agua, entre otros.

5. EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ESCOLAR

La metodología desarrollada se utiliza para conocer y evaluar el funcionamiento energético, las condiciones de confort y el estado de conservación de la infraestructura edilicia de seis establecimientos pertenecientes al Programa Nacional 700 Escuelas (PN700E), localizados en el Área Metropolitana de San Juan.

El Programa Nacional 700 Escuelas tuvo lugar en todo el territorio argentino durante los años 2004 a 2008 y se orientó a la construcción de nuevos edificios escolares. Con el programa se realizaron escuelas técnicas, escuelas con orientación artística y escuelas rurales con albergues en distintos puntos del país. En la provincia de San Juan se construyeron 25 edificios escolares, de los cuales 9 se encuentran ubicados en el Área Metropolitana (Ré, 2017).

Los casos de estudio seleccionados para el presente análisis corresponden a los establecimientos del PN700 localizados en el AMSJ que cuentan con el servicio de energía eléctrica y gas natural por red (Tabla 2).

Tabla 2: Casos de estudio. Edificios escolares del Programa Nacional 700 Escuelas localizados en el AMSJ.

Código	Nombre del establecimiento
ETOA	Escuela Técnica Obrero Argentino
EPET N°5	Escuela Provincial de Educación Técnica N°5
CPR	Colegio Provincial de Rivadavia
EEEMMCH	Escuela de Educación Especial Múltiple Martina Champanay
CSJLB	Colegio Secundario Jorge Luis Borges
CS1R	Colegio Superior N°1 Rawson

La evaluación de la infraestructura escolar se enmarca en la instancia de *Auditoría*, detallada en el apartado 2. Metodología. Con este análisis los casos no calificarán en los niveles de sustentabilidad propuestos. Las auditorías realizadas en edificios existentes sirven para reconocer los aspectos más vulnerables e identificar problemas ambientales, energéticos y de habitabilidad, que requieran de soluciones y propuestas de mejoramiento.

Para llevar a cabo las auditorías se debieron cumplir una serie de etapas de trabajo. En primer lugar, se recolectó información técnica de cada una de las escuelas y se realizó el estudio de la documentación y extracción de datos. En este momento de preparación, se organizó un programa de trabajo y se elaboraron fichas de relevamiento. Posteriormente se realizó la visita a las instalaciones en los diferentes turnos (mañana y tarde). Se tomaron registros de los medidores de energía y gas natural. Se identificó la materialidad de la envolvente, los sistemas de iluminación y climatización, el equipamiento de cocina, sala de máquinas, laboratorio, sala de computación, etc. En cuanto al funcionamiento, se tomó nota de los horarios, la cantidad de alumnos y docentes. Se realizaron entrevistas a informantes claves, como directivos y personal de maestranza. También encuestas de confort a los usuarios del edificio escolar (Ré, et al.2017). Las tareas de relevamiento se complementaron con la documentación fotográfica de la escuela y de su entorno. Las visitas al lugar

se repitieron en las diferentes estaciones del año y en sucesivas oportunidades.

Una tercera etapa fue la recogida de datos técnicos. Para ello se realizaron mediciones higrotérmicas y lumínicas. Se recurrió a las empresas de energía eléctrica y de gas natural para obtener los consumos históricos, y se realizaron lecturas de medidor in situ. También se solicitó, al Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, datos climáticos de los años en estudio. Con ellos se calcularon los grados días y se compararon con los resultados de consumo energético. En una última etapa, se realizó el procesamiento y análisis de datos de los criterios a evaluar en las distintas categorías. La información se organizó por temáticas y se procedió a utilizar la herramienta metodológica desarrollada.

Los resultados obtenidos revelan que la escuela que acredita el mayor puntaje es la ETOA con 39 puntos, la siguen la EPET N°5 y el CS1R ambas con 35 puntos. La Escuela EEMMCH, con 26 puntos es la que presenta peores condiciones en cuanto a los parámetros evaluados. En la Figura 4 se representan los puntajes alcanzados por cada una de las escuelas auditadas. En la parte superior del gráfico se ubican los niveles base, medio y óptimo con sus respectivos puntajes, además el máximo posible que presenta la metodología. Esto permite visualizar el desempeño de los edificios en comparación con los puntajes necesarios para certificar. Como se puede observar, los casos obtienen entre un 26% a un 39% del puntaje máximo, denotando la necesidad de mejoramiento de su relación con el entorno, el uso responsable del agua y la energía, la calidad de los espacios interiores y el vínculo con la comunidad.

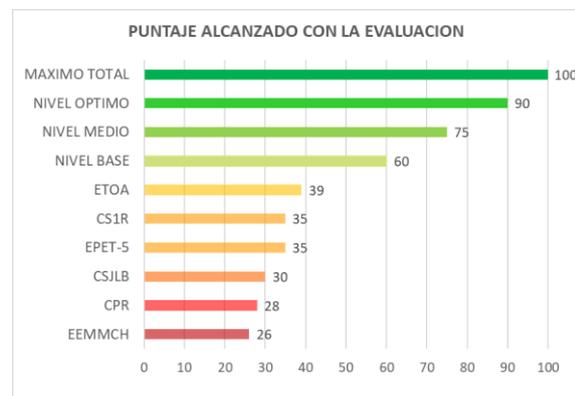


Fig. 4: Puntaje logrado por los casos de estudio, en relación con los Niveles de Calificación y puntaje máximo.

En la figura 5 se detalla el resultado de la evaluación identificando para cada edificio, los puntos alcanzados por categoría. A diferencia de la figura 3 donde el escalado del diagrama radial es de 0 y 30, en este caso se optó por una escala entre 0 y 15 para poder apreciar mejor la información obtenida. Este gráfico permite distinguir qué tan bien se ha desempeñado el edificio por categoría y reconocer aquellas más deficitarias. Como puede apreciarse en los seis diagramas, la categoría *Agua* no obtuvo puntos en ninguno de los casos evaluados. Esto denota que no existen actualmente acciones responsables para el consumo, cuidado y/o reutilización del agua potable de red.

En cuanto a las categorías que mejor respuesta han tenido, se menciona *Comunidad* en el caso EPET N°5, con 14 puntos

alcanzados. Esta escuela técnica posee una de sus orientaciones en energías renovables, lo cual otorga al diseño curricular nociones de sustentabilidad y cuidados del medio ambiente. La escuela realiza muestras de sus desarrollos tecnológicos y participa en actividades científicas de extensión. También cuenta con tachos para la clasificación de residuos; separan los metálicos y los generados en los talleres, de los desechos diarios de la escuela. Poseen cámaras de reservorios de residuos tóxicos como aceites y combustibles, evitando enviarlos al sistema de desagüe cloacal para no contaminar. Sin embargo, el edificio escolar presenta muy bajo nivel de mantenimiento, con gran número de vidrios trizados, ventanas sin vidrios cubiertos con cartones y luminarias quemadas. En la categoría *Confort y Habitabilidad* obtuvo el puntaje más bajo, con 6 puntos de 18 posibles.

Los casos ETOA y el CS1R alcanzan los puntajes más altos en *Energía*, con 10 y 9 puntos respectivamente. La diferencia con los otros edificios analizados, es que ambos alcanzan valores FAEP de 1,96 (ETOA) y 2 (CS1R) identificados como eficientes energéticamente (Esteves Miramont, 2017). Poseen circulaciones a través de corredores cerrados, los cuales contribuyen a evitar pérdidas o ganancias de calor indeseadas en los espacios áulicos. El caso ETOA, presenta

una relación entre superficie vidriada y superficie opaca menor del 20%, recomendable en edificios bioclimáticos de zona templado-cálida (Czajkowski y Gomez, 2002).

Para la categoría *Sitio Sustentable*, el CS1R obtuvo el mayor puntaje, seguido de ETOA. Estos edificios cuentan con áreas verdes para esparcimiento, conservan ejemplares arbóreos existentes o poseen considerables superficies absorbentes de césped y forestación en cancheros. Los demás edificios no presentan ningún tipo de tratamiento del espacio exterior, limitándose éste a ser un área de cemento y tierra, sin árboles ni vegetación.

La categoría *Confort y Habitabilidad* evidencia un déficit significativo en todos los casos, alcanzando menos de la mitad del puntaje. Se reconocen bajos niveles de confort térmico, acústico y lumínico. Desde el punto de vista térmico las escuelas presentan serios problemas de infiltración de aire, que afectan negativamente las condiciones del espacio interior. En cuanto al confort lumínico, se registran, en algunas aulas y en determinados momentos del día, niveles de luminancia superiores a 500 lux producto del ingreso solar directo sobre los planos de lectura. Las escuelas no están equipadas con cortinas, estantes de luz o lumiductos.

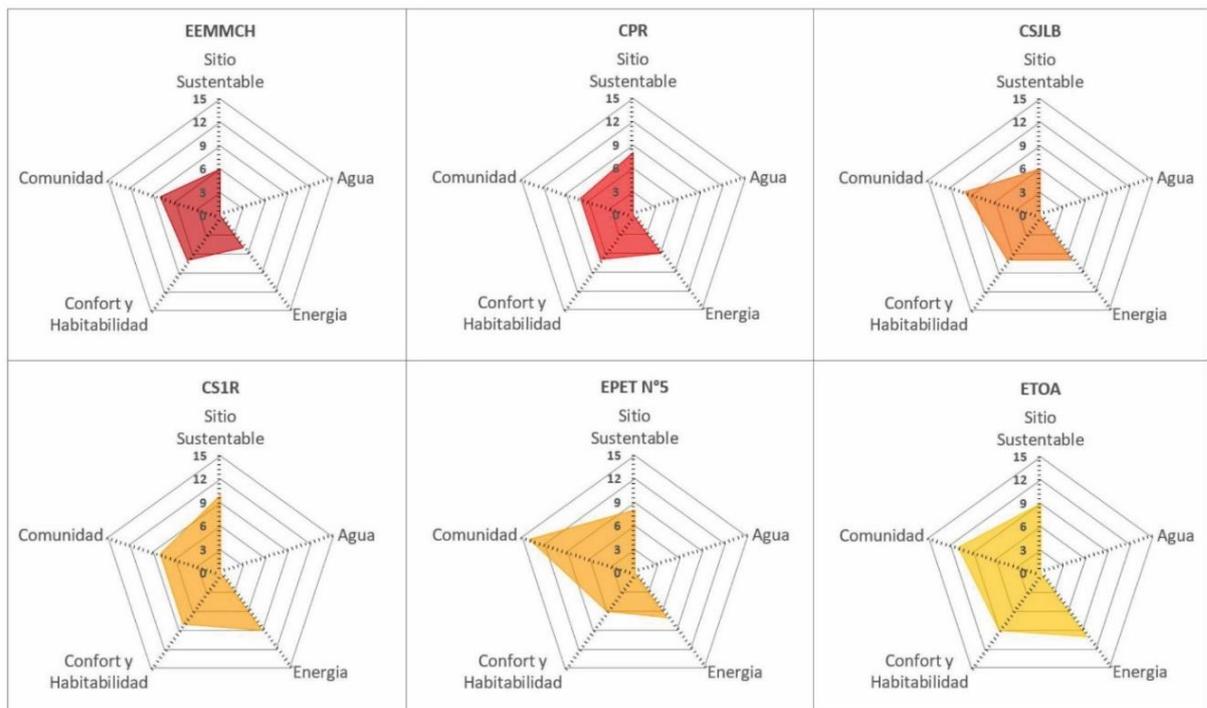


Fig. 5: Puntaje logrado por los casos de estudio, por categoría.

6. CONCLUSIONES

La metodología de evaluación y calificación de la sustentabilidad ambiental y de la eficiencia energética de edificios escolares existentes presentada en este trabajo constituye un aporte significativo al campo de conocimiento científico en la temática de sistemas de evaluación edilicia.

La utilización de la estructura analítica en escuelas existentes permite reconocer, en cada categoría, los aspectos que se

pueden mejorar para calificar en alguno de los niveles de sustentabilidad ambiental. Dada la importancia del confort (térmico, lumínico, acústico, calidad del aire y estado general del edificio) en establecimientos escolares, se enfatiza la necesidad de rehabilitar los parámetros que contribuyan directamente con estos indicadores.

La evaluación de la infraestructura con la metodología desarrollada, sirve como guía para planificar, de manera sistemática y ordenada, futuras rehabilitaciones que sean

apropiadas a los requerimientos tecnológicos, económicos y climáticos de la región. La elaboración de propuestas con criterios de sustentabilidad, actualmente ausentes en la mayoría de los edificios escolares del AMSJ, es una instancia que complementa los resultados obtenidos con la auditoría.

Queda previsto para futuros trabajos formular recomendaciones de diseño y soluciones tecnológicas, para que las infraestructuras escolares alcancen niveles óptimos de sustentabilidad, confort interior y eficiencia energética. Las propuestas serán evaluadas con simulaciones termodinámicas y energéticas, empleando softwares específicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan, al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas y de Creación Artística (CICITCA) y a la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación (SECITI) de la provincia de San Juan, por la contribución en el financiamiento de los proyectos de investigación.

REFERENCIAS

- American Federation of Teachers (2006) *Building Minds, Minding Buildings: Turning Crumbling Schools into Environments for Learning*. Washington, DC: AFT.
- Armijo, M. (2010). Lineamientos metodológicos para la construcción de indicadores de desempeño. Curso Internacional "Planificación Estratégica Y Políticas Públicas". AECID/ILPES/CEPAL. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública, Montevideo, Uruguay.
- ASHRAE (2004). ANSI/ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55-1992. USA
- Banco Interamericano de Desarrollo (2012) *Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Hacia la construcción de escuelas que promueven el aprendizaje, ofrecen seguridad y protegen el medio ambiente*. Red de Educación del BID.
- Blengini, A. y Di Carlo, T. (2010). The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and Buildings*, **42**, 869-880. DOI: 10.1016/j.enbuild.2009.12.009.
- Canteros, M. L.; Vera, L. H. y Natalini, B. (2019). Evaluación de metodologías en el etiquetado de eficiencia energética en edificios. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo*. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura. UNNE. Vol. 5, Eje 2, pp. 144-158. Corrientes
- Colegio de Arquitectos de Córdoba (2018). Protocolo eSe. Etiquetación de Sustentabilidad Edilicia. Marco de referencia. Instituto de Arquitectura Sustentable. Córdoba. Argentina
- Czajkowski, J.; Gómez, A.; Calisto Aguilar, M.; Diulio, M.; Basualdo, D.; Reus Neto, G.; Berardi, R.; Camporeale, P.; Giraldo, W.; Fuentealba, M. y Coronel, A. (2017). Hacia un modelo de certificación de edificios sustentables adecuado al contexto regional. Actas del XXI Congreso ARQUISUR. UNSJ-FAUD. Trabajo 17.
- Czajkowski, J.D y Gomez, A.F (2002). *Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Fundamentos y métodos*. 2º Edición. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata
- De Schiller, S. (2009). Desarrollo de estructura analítica para la calificación y certificación de sustentabilidad en arquitectura. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **13**, 05.01-05.08.
- Design Quality Indicator (2016) DQI for Education: Guidance. Construction Industry Council. Reino Unido. Recuperado de: <http://www.dqi.org.uk/>
- Duran-Narucki, V. (2008) School Building Condition, School Attendance, and Academic Achievement in New York City Public Schools: A Mediation Model. *Journal of Environmental Psychology*, **28**, 278- 286.
- Energía Estratégica (2017) INTI avanza en el desarrollo de etiquetas de eficiencia energética para hogares. Recuperado de URL 16/6/2017: <http://www.energiaestrategica.com/avanza-desarrollo-etiquetas-eficiencia-energetica-hogares/>
- Esteves Miramont, A. (2017). *Arquitectura bioclimática y sustentable: Teoría y práctica de la conservación de la energía. Sistemas solares pasivos y enfriamiento natural de edificios*. 1º Edición. FAUD, UM; INHAE, CCT-CONICET. Mendoza, Argentina.
- Frade, E. y Susumu Gomazako, M. (2016). Los modelos de las certificaciones sostenibles y las soluciones constructivas utilizadas en Brasil y España. *Construible*. Dirección URL, consulta: el 14 de agosto de 2019: <https://www.construible.es/comunicaciones/modelos-certificaciones-sostenibles-soluciones-constructivas-utilizadas-brasil-espana>.
- Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Editorial Nobuko. Buenos Aires.
- Guardino Solá, X. (2001). Calidad del Aire Interior. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de empleo y seguridad social. Volumen II. Parte IV: Riesgos Generales. Cap. 44, pp.44.1- 44.33. España
- Hille, R. T. (2012). Diseño de edificios para preescolar y jardín de infantes: Precedentes arquitectónicos. *Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Hacia la construcción de escuelas que promueven el aprendizaje, ofrecen seguridad y protegen el medio ambiente*. Red de Educación del BID. Cap. 2, pp.19- 31
- IEA (2018). Informe Global: Hacia un sector de edificios y de la construcción eficiente, resiliente y con cero emisiones. International Energy Agency. Global Alliance for Buildings and Construction (Global ABC). Coordinado por el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas.
- ISO 7730 (2005) Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Third Edition. Switzerland.
- IRAM-AADL J 2004 (1974). *Iluminación en escuelas. Características*. Instituto Argentino de Normalización (IRAM). Argentina
- IRAM-AADL J 2003 (1970) *Iluminación natural en edificios. Métodos de determinación*. IRAM. Argentina
- IRAM-AADL J 2002 (1969) *Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales*. IRAM. Argentina
- IRAM-AADL J 2006 (1972) *Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación*. IRAM.
- IRAM (2020). Eficiencia Energética. URL al 26/06/2020: www.eficienciaenergetica.org.ar/quees.asp?id=que.
- IRAM 11.507-4 (2010) Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 4:

- Requisitos complementarios. Aislación Térmica. 2° Edición. IRAM. Argentina
- IRAM 11601 (2002) Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. 3° Edición. IRAM. Argentina
- IRAM 11603 (2012) Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. 3° Edición. IRAM. Argentina
- IRAM 11604 (2001) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente Volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. 2° Edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- IRAM 11605 (1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en Edificios. 1° Edición. Revisión 2002. IRAM. Argentina
- IRAM 11659-1 (2004) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1. 1° Edición. IRAM.
- IRAM 11659-2 (2007) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2. 1° Edición. IRAM.
- IRAM 11900 (2017) 11900. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Segunda Edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- IRAM 11930 (2010) *Construcción Sostenible. Principios Generales*. 1° Edición. IRAM. Argentina.
- IRAM 11931 (2016) *Construcción Sostenible. Sostenibilidad en Edificios y Obras de Ingeniería Civil*. 1° Edición. Instituto Argentino de Normalización. Argentina
- IRAM 21929-1 (2014) *Construcción Sostenible. Indicadores de Sostenibilidad. Parte I*. 1° Edición. IRAM. Argentina
- Kurban, A. (2017) Adaptabilidad bioclimática arbórea en ambientes áridos urbanos. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, **39**, 61 – 71.
- Manco-Silva, D.; Guerrero-Eraza, J. y Morales-Pinzón, T. (2017) Estimación de la demanda de agua en centros educativos: caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. *Luna Azul*, **44**, 153-164. DOI: 10.17151/luaz.2017.44.9.
- Ministerio de Educación (1998). *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar*. Dirección de Infraestructura. Gobierno de la Nación Argentina.
- Nguyen, B. y Altan, H. (2011) Comparative review of five sustainable rating systems. *International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities*. Procedia Engineering **21**, 376-386. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.2029
- O'Donnell, S. (2012) El diseño de las escuelas primarias. *Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI: Hacia la construcción de escuelas que promueven el aprendizaje, ofrecen seguridad y protegen el medio ambiente*. Red de Educación del BID. Cap. 3, pp.35- 47
- Quesada Molina, F. (2014) Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Revista Hábitat Sustentable*. **4**, 1, 56-67.
- Ré, M. G. y Michaux, C. (2019) Certificación de sustentabilidad ambiental para edificios escolares en etapa de uso. Análisis comparativo de cuatro modelos internacionales. *Revista Avances de Energías Renovables y Ambiente*, **23**, 05.01-05.11.
- Ré, M. G. (2017) Arquitectura escolar. Análisis del Programa Nacional 700 Escuelas en la Provincia de San Juan. *Actas del XXI Congreso ARQUISUR*. FAUD-UNSJ. Eje 1. Trabajo N°30.
- Ré, M.G.; Filippín, C.; Blasco Lucas, I. (2017). Niveles de confort térmico en aulas de dos edificios escolares del Área Metropolitana de San Juan. En: Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, n°50, San Juan, 2017. Actas. FAUD, UNSJ, v. 5, p. 05.97-05.108.
- Rieznik Lamana, N. y Hernández Aja, A. (2005) Análisis del ciclo de vida. *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Biblioteca CF+S, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- San Juan, G. (2014). *Aprendizaje en las escuelas del siglo XXI. Nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares*. Consultor asociado: Hoses Santiago; colaboradora: Martini Irene. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Sartori, I. y Hestnes, A. G. (2007) Energy Use in the Life Cycle of Conventional and Low-Energy Buildings: a review article. *Energy and Buildings*, **39**, 249-257.
- Secretaría de Energía de La Nación (2019) *Balance Energético Nacional. Año 2018*. Ministerio de Hacienda. Argentina. Recuperado de URL al 29/11/19: <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Stokkermans, M.; Vogels, I.; de Kort, Y. y Heynderickx, I. (2018) A Comparison of Methodologies to Investigate the Influence of Light on the Atmosphere of a Space. *LEUKOS. The Journal of the Illuminating Engineering Society*. **14**:3, 167-191. DOI: 10.1080/15502724.2017.1385399
- United States Green Building Council (2013) LEED. Reference Guide V4. Washington D.C.: USGBC
- Wargocki, P; Wyon, D.P. (2006) The performance of school work by children is affected by classroom air quality and temperature. *Healthy Buildings*. Lisbon, Portugal.
- Zabalza, I., Aranda, A. y Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State of the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment* **44**, 2510-2520. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.05.001.