

PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO TERMO-ENERGÉTICO EN TIPOLOGÍA ESCOLAR LOCALIZADA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

C. Michaux¹, I. Blasco Lucas², M.G. Ré³

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño,
Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de La Roza y Meglioli, 5400 San Juan, Argentina.
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 - Fax: +54(0)264 423 5397 - <http://www.irpha.faud.unsj.ar>
E-mails: celimichaux@gmail.com, iblasco@faud.unsj.edu.ar, guillerminare@gmail.com

Recibido 14/08/16, aceptado 11/10/16

RESUMEN: Posteriormente al terremoto de 1944 acaecido en San Juan, fueron construidas bajo normativas del “Consejo de Reconstrucción” una serie de escuelas, entre las cuales se destaca la tipología en peine doble materializada por el Arq. Ramos Correa. Estos establecimientos deben remodelarse para adecuarlos a requerimientos físicos y funcionales de la actualidad, siendo el momento oportuno para dar también soluciones tecnológicas a componentes de la envolvente, que mejoren su comportamiento termo-energético. A tal fin, se desarrolla un procedimiento utilizando modelos de simulación que evalúan el desempeño del edificio antes y después de cambios propuestos, verificando el cumplimiento de los valores admisibles de las Normas IRAM. Con las mejoras planteadas la energía necesaria para calefacción disminuye entre 28% y 50%, cumpliendo los valores admisibles de la Transmitancia Térmica en calidad edilicia “B”. Las contribuciones se centran en lo metodológico-instrumental, y en lo tecnológico termo-energético para su transferencia inmediata a los organismos pertinentes.

Palabras clave: tipología escolar, eficiencia termo-energética, desempeño edilicio, estrategias bioclimáticas

INTRODUCCIÓN

La extensa vida útil de los edificios con escasa flexibilidad funcional, ha propiciado que surjan a lo largo del tiempo numerosos desajustes debidos a cambios que se producen por la evolución de requerimientos tecnológicos y funcionales. Tal situación es especialmente notable en el caso de los establecimientos escolares. En este marco, a partir de fines del siglo pasado ha crecido la preocupación por conocer el nivel tanto de confort natural, como también de eficiencia energética y lumínica de los mismos, para proponer las mejoras que fuesen necesarias; e incluso diseñar nuevas escuelas que incorporasen las últimas innovaciones en bioclimatismo y sustentabilidad. La necesidad de evaluar estos importantes aspectos llevó a implementar procedimientos y aplicar diversas herramientas, tales como las auditorías termo-energéticas conducidas mediante mediciones, o las simulaciones estacionarias y/o dinámicas realizadas con programas informáticos basados en normativas (Filippín, 1999; San Juan et al., 2000a y 2000b; Ledesma et al, 2003; Flores Larsen et al. 2004; Gonzalo et al., 2007; Papparelli et al., 2008, Ré et al., 2016). Dentro del Área Metropolitana de San Juan (AMSJ) se localizan aproximadamente 50 establecimientos educativos. Gran parte de ellos se encuentran superpoblados, en la mayoría de los casos debido a que funcionan entre tres y cuatro instituciones diferentes en el mismo edificio según la hora y el día de la semana. Este exceso en el uso, se suma a que el 70% de ellos han superado los 50 años de construidas y a que fueron concebidos sin tener en cuenta su comportamiento térmico-energético, ni aspectos ambientales, tan importantes para la habitabilidad, lo cual les otorga un alto nivel de obsolescencia. Por esta causa, es imperioso realizar las mejoras adecuadas a las necesidades actuales, tanto a nivel funcional, como tecnológico y energético.

¹ Arquitecta Adscripta.

² Investigadora Categoría “I”; Prof. Titular FAUD-UNSJ

³ Investigadora Categoría “IV”; Prof. JTP FAUD-UNSJ; Doctorando en Arquitectura UM

Con esta motivación real, se continúa la línea de investigación antes descrita, mediante una aplicación concreta.

CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

En el AMSJ, se relevaron 32 escuelas con algunas características similares, ya sea en la forma de su planta, como en su elevación, su materialidad, etc. Las mismas responden a los requerimientos funcionales y a la disponibilidad tecnológica de momentos históricos y períodos socio-culturales singulares de la Provincia y el País. Para facilitar su estudio, se las agrupó en cinco “*Tipologías Escolares Representativas*” (TER) (Michaux, 2014), según sus particularidades funcionales, tecnológicas y fundamentalmente morfológicas (Tabla 1 y Fig.1).

CÓD.	TIPOLOGÍA	PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN	ÁMBITO DE DISEÑO	TOTAL	DESCRIPCIÓN
1	EN PEINE SIMPLE	1945-1955	Nacional	12	Consta de amplia galería de la que se desprenden dos o tres brazos con cubierta a dos aguas y de tejas.
2	EN PEINE DOBLE	1945-1955	Provincial	10	Tiene galerías semi-cubiertas y utiliza materiales de la zona en las alas que despliega a ambos lados del cuerpo central.
3	DE PATIO CENTRAL	1945-1955	Provincial	3	Cuenta con un gran patio interno que constituye el espacio organizador de la zona pedagógica.
4	LINEAL SIMPLE	1960-1970	Nacional	4	Caracterizada por su circulación central cubierta y el área pedagógica distribuida a sus costados.
5	LINEAL DOBLE	1950-1970	Nacional	3	Integrada por cuerpos longitudinales paralelos con galerías semi-cubiertas

Tabla 1: Descripción de las TER definidas, resaltando el caso seleccionado.

Fuente: Ministerio de Educación, CeNIE

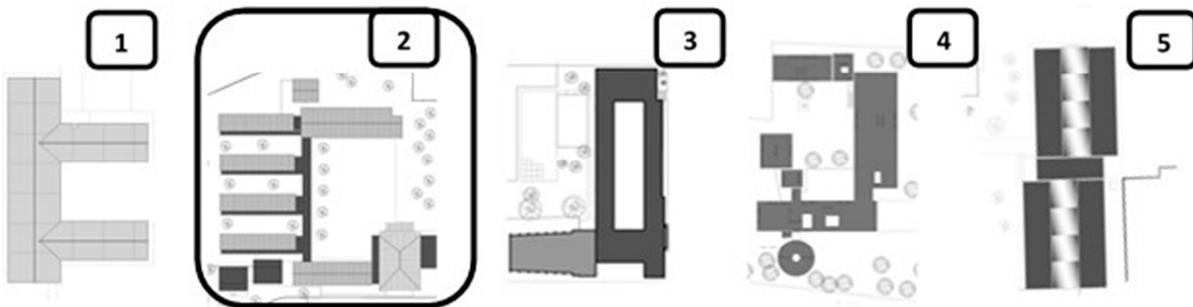


Figura 1: Esquemas tipológicos correspondientes a las TER descritas en Tabla 1, resaltando el caso seleccionado. Fuente: Ministerio de Educación, CeNIE

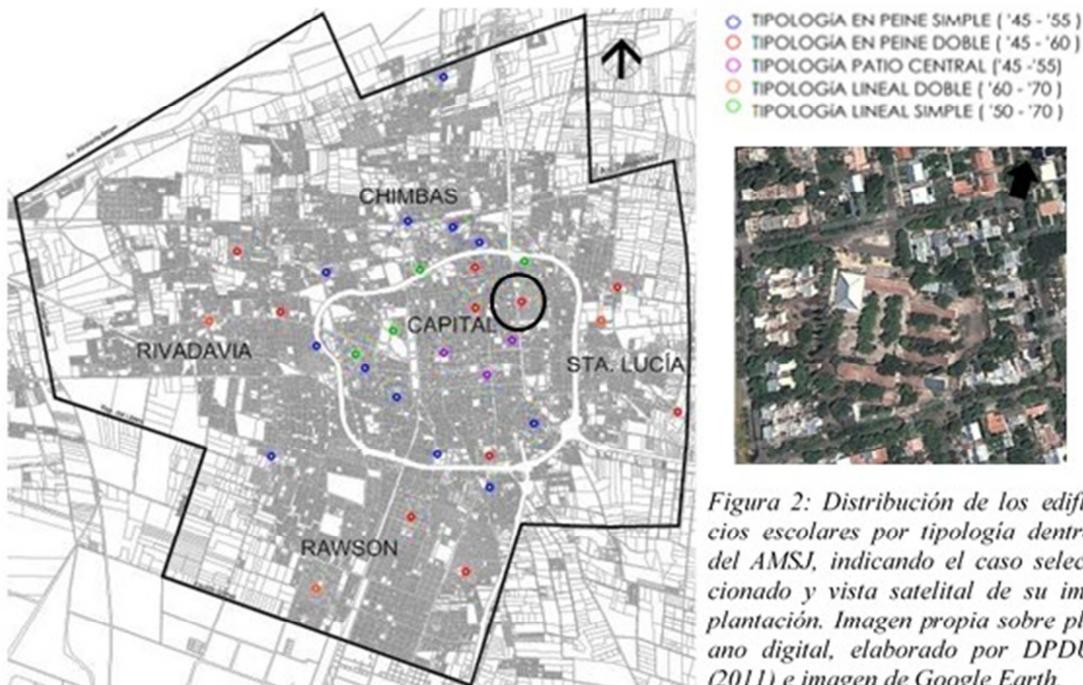


Figura 2: Distribución de los edificios escolares por tipología dentro del AMSJ, indicando el caso seleccionado y vista satelital de su implantación. Imagen propia sobre plano digital, elaborado por DPDU (2011) e imagen de Google Earth.

Se selecciona la Escuela “25 de Mayo” porque tiene un gran valor simbólico y social en el medio local y porque es la segunda TER dominante en el AMSJ. También fue decisivo el haber tenido acceso a toda la información y registros documentales gráficos relevantes para el trabajo, la mayoría obtenidos a través del Censo Nacional de Infraestructura Escolar (CeNIE). El diseño y la construcción de la misma en 1956, fue llevado a cabo por el Arquitecto Daniel Ramos Correa, contratado a través del Consejo de Reconstrucción de San Juan, quien materializó más de 15 establecimientos educativos en zonas urbanas como rurales de la Provincia. En la Tabla 1, y en las Figs. 1 y 2 se resalta la TER a la cual pertenece y se describen sus características tipológicas y su implantación urbana. La planta general y diferentes vistas fotográficas se muestran en la Fig.3. En la Tabla 2 se detallan variables y parámetros por aspecto.

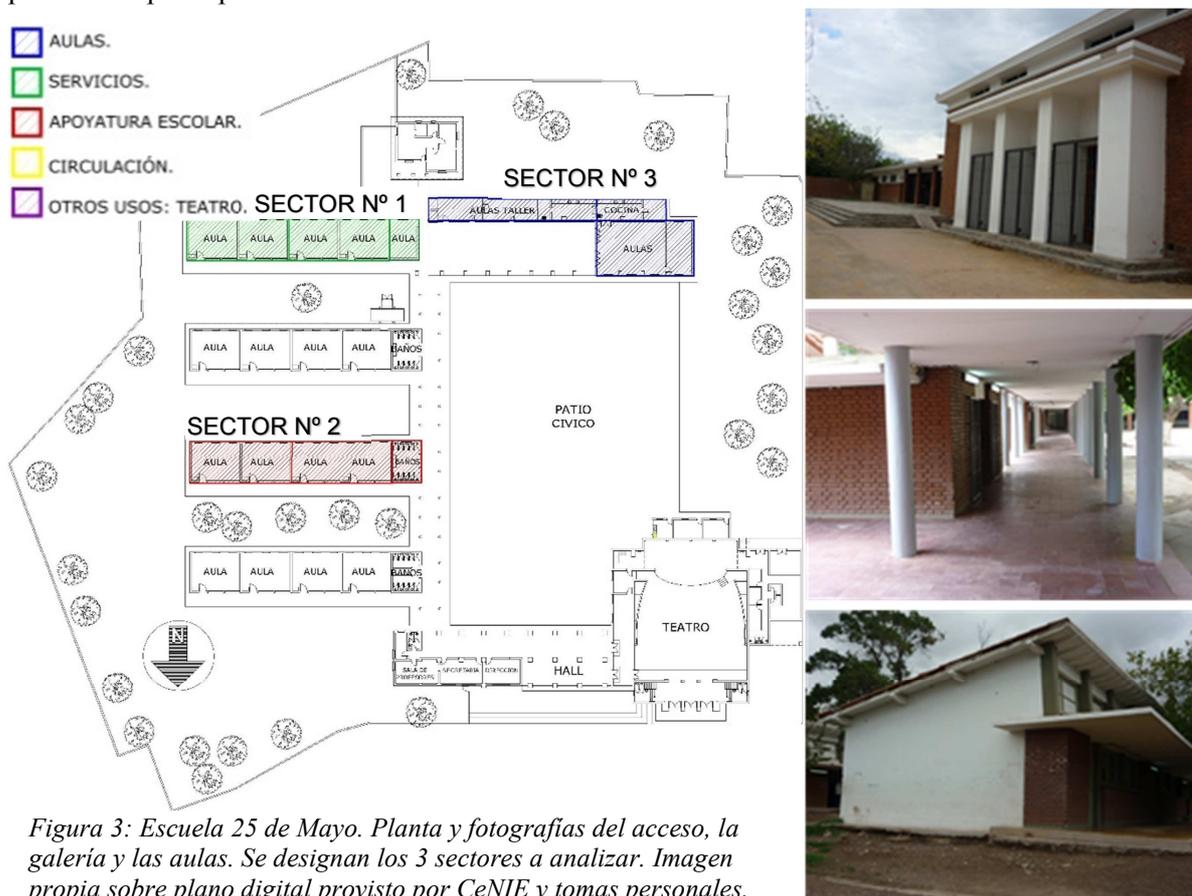


Figura 3: Escuela 25 de Mayo. Planta y fotografías del acceso, la galería y las aulas. Se designan los 3 sectores a analizar. Imagen propia sobre plano digital provisto por CeNIE y tomas personales.

ASPECTO	VARIABLES Y PARÁMETROS	TER 2 : Escuela 25 de Mayo	ASPECTO	VARIABLES Y PARÁMETROS	TER 2 : Escuela 25 de Mayo		
MORFOLÓGICO	Construcción volumétrica	Descrito en Tabla 1	TECNOLÓGICO	Muros	Exterior	Ladrillón, revoque y pintura (30cm)	
	Niveles	Planta baja			Interior	Ladrillón, revoque y pintura (30cm)	
	Color	Marrón, pastel y gris		Cubierta de techo	Cielorraso	No posee	
	Textura	Hormigón y ladrillo			Estructura	Hormigón amado en circulaciones, y madera en aulas y administración	
	Escala	Guarda escala humana			Terminación	Membrana en circulaciones, y teja colonial en aulas y administración	
	FF (factor de forma) (m ⁻¹)	0,36		Solados	Exterior	Losetas de hormigón	
	FAERP (-)	0,23			Interior	Mosaico granítico	
	Coef. de aventanamiento (%)	5		Carpinterías		Marcos de madera, vidrio simple	
FUNCIONAL	Superficies edilicias (m ²)	Cubierta	1450	AMBIENTAL	Entorno inmediato	Residencial con viviendas de mediana y baja altura	
		Semicubierta	500		Vegetación	Abundante y de gran tamaño: pinos, moras y eucaliptus	
		Total	1950		Iluminación natural	Proveniente de ventanas al N y al S en todos los sectores	
	Indicadores urbanos	Zona	R2		Ventilación	Cruzada N-S en todos los sectores	
		FOT (%)	6		Acondicionamiento térmico	Refrigeración	Ninguno
		FOS (%)	6		Calefacción	Pantalla a gas natural	
	Orientación del Edificio		N-S		Protección solar	Ninguno	
	Dimensiones del Terreno (m ²)		24870				
Presencia de Ampliaciones		Aulas de nivel inicial					

Tabla 2: Variables y parámetros por aspecto tipológico del caso seleccionado. Fuente: Michaux, 2014.

METODOLOGÍA

La evaluación termo-energética del edificio escolar se realizó utilizando “SIMEDIF”, un programa para diseño y simulación del comportamiento térmico y energético de edificios con acondicionamiento natural y artificial, desarrollado en el INENCO (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional). SIMEDIF permite modelar el desempeño de edificios de uno o varios locales bajo determinadas variaciones climáticas y detectar problemas de falta de confort, ya sea debido a sobrecalentamiento o exceso de frío (Flores Larsen y Lesino, 2001). Para su aplicación, se seleccionan tres sectores, que se indican en la Fig. 3. A fin de lograr una óptima legibilidad y orden, se codifican con letras tanto los edificios como sus espacios y elementos componentes. Así, se adopta **E** para la escuela a simular (en este caso la E1), **S** para los sectores que forman parte de la escuela, **L** para los diferentes locales que agrupados constituyen un sector, **M** para los muros de cada local, **T** para la cubierta de techo, y **V** o **D** para las aberturas existentes, según sean ventana o puerta respectivamente. Utilizando estos criterios de codificación, se estructura en tablas la información que es necesario introducir al programa, organizando todos los datos requeridos. Si bien se simula el comportamiento térmico en verano y en invierno, se incluye en este artículo solo este último período que es el más largo en el ciclo escolar. Se realiza por un período comprendido entre el 1 y el 15 de Julio, para luego seleccionar solo tres días donde el programa ya entra en régimen de funcionamiento térmico edilicio, que es cuando mantiene una respuesta constante de las temperaturas interiores mientras las condiciones exteriores permanecen dentro de un mismo rango de valores extremos. Al modelo se lo ha ajustado previamente a situaciones reales y dinámicas utilizando monitoreos in-situ llevados a cabo en tipología similar (Ré et al., 2015). Es así que se adopta como procedimiento correr SIMEDIF para el edificio primero sin uso de fuentes auxiliares, y luego con sistema de calefacción, cuyo termostato se fija en 16°C -considerando que la carga interna de los alumnos eleva significativamente la temperatura en las aulas-, a fin de comparar su desempeño térmico en ambas situaciones y obtener el consumo energético asociado al nivel de confort estipulado. Este dato es alcanzado en unidades calóricas (MJ) y se transforma a m³ de gas el valor correspondiente al horario de inicio de las actividades (8:00 pm) a fin de comparar entre sí el consumo de fluido de los locales analizados, considerando que 1000 m³ de gas corresponden a 37300 MJ. En base a los resultados que se obtienen, se selecciona el Sector más representativo por la cantidad de casos similares, para proponer mejoras y pautas bioclimáticas que optimicen las características térmicas de los elementos en la envolvente, en busca de un mayor confort y ahorro energético. Para ello se respetan varias recomendaciones que estipulan la Norma IRAM 11603 (2012) para la Zona IIIa (Templada Cálida; Subzona Seca), que son apropiadas para edificios de uso temporal. Mediante el programa K-G-MOD (Blasco Lucas, 2013), se aplican los procedimientos de la serie 11600 de las Normas IRAM para calcular la Transmitancia Térmica K de los componentes constructivos y el Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor G del sector seleccionado en su estado actual, y con las mejoras propuestas, a través de las cuales se busca cumplir con los valores admisibles. El sector se vuelve a simular con las modificaciones introducidas, con objeto de comprobar el efecto en las temperaturas interiores y en el consumo energético.

SECTORES ANALIZADOS

A continuación, se describen en detalle las plantas, cortes y vistas de los sectores analizados. En las Figs. 4 y 5 se exhiben los correspondientes al Sector N°1 (S1), en la Fig. 5 los del Sector N°2 (S2), y en la Fig. 6 los del Sector N°3 (S3).

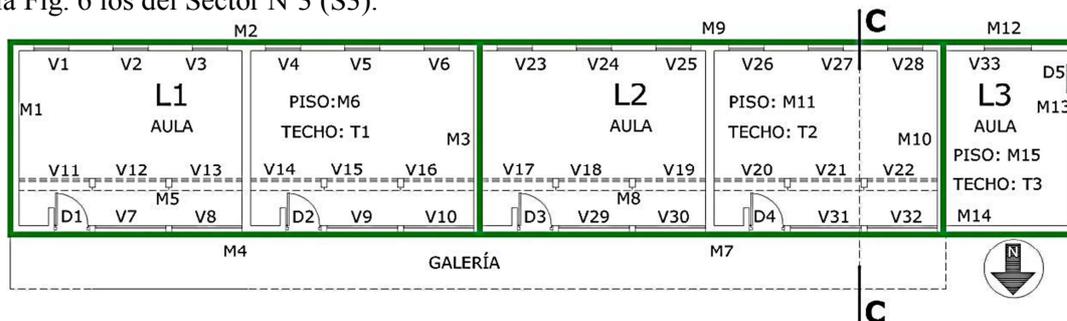


Figura 4. Planta codificada de-S1 para ingresar sus datos a SIMEDIF. Fuente: Imagen Propia

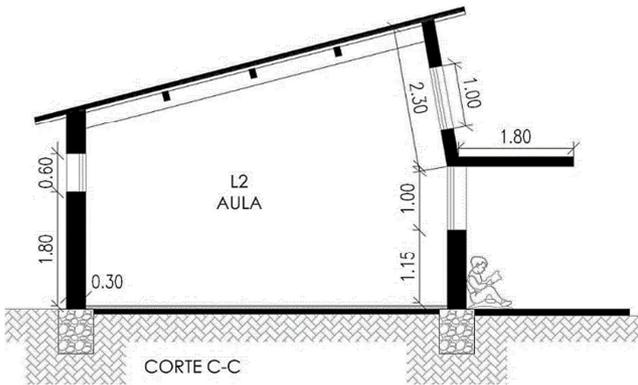


Figura 5. Corte C-C de S1 y foto de la galería. Fuente: Imágenes propias.

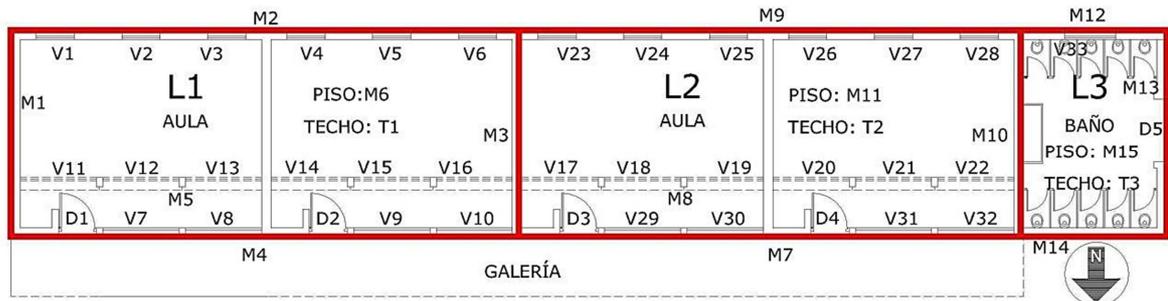


Figura 6: Planta codificada y fotos de fachadas y galería de S2. Fuente: Imágenes propias.

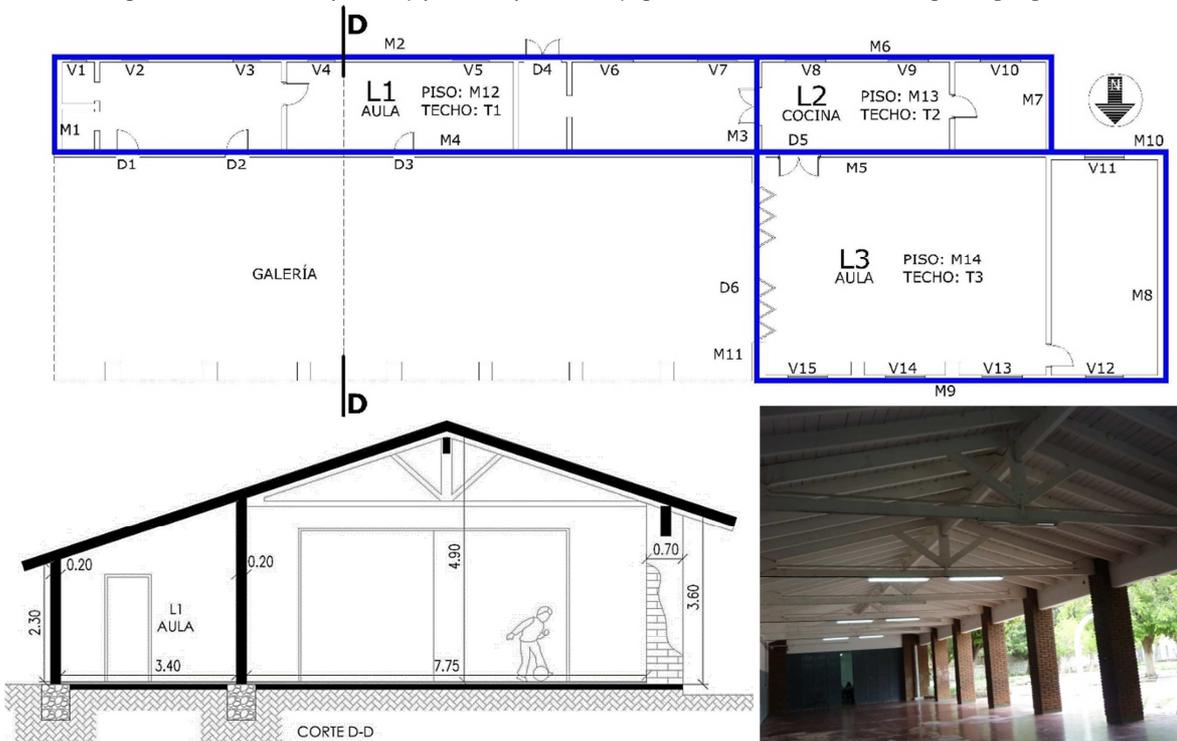


Figura 7. Corte D-D de S3 y foto de la galería. Fuente: Imágenes propias.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados diarios de temperatura por local y por día obtenidos mediante la simulación para los sectores descritos en el período comprendido entre el 1 y el 3 de julio, se muestran en las Figs. 8, 9 y 10; y el resumen estadístico para el caso sin energía auxiliar en las Tablas 3, 4 y 5. En la Tabla 6 se observan los valores de Carga Diaria (en MJ/W) y la correspondiente cantidad de gas necesaria para llegar a la situación de confort el día 2 de julio, en los 3 sectores.

Comportamiento Térmico

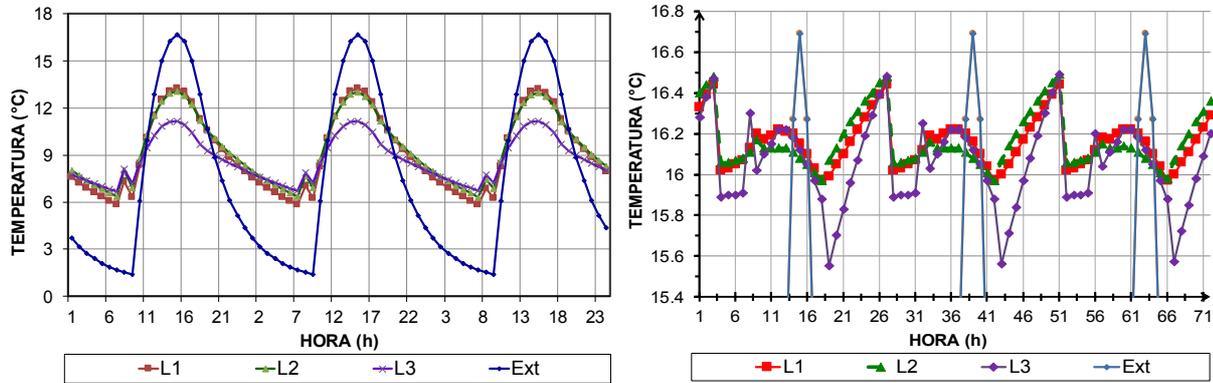


Figura 8: Resultados de SIMEDIF para los días 10, 11 y 12 de Julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.) en S1.

Datos	L1	L2	L3	Ext
T° máx (°C)	13.26	13.05	11.16	16.69
T° mín (°C)	5.83	6.33	6.67	1.41
Amp. Térmica	7.43	6.72	4.49	15.28
T° Promedio	9.17	9.40	8.74	7.67
Amortig. (°C)	3.43	3.64	5.53	-

Tabla 3: Valores estadísticos para el caso sin energía auxiliar, en S1.

Las temperaturas internas de L1 y L2 en S1 tienen temperaturas similares, debido a que poseen la misma orientación, materialidad y usos afines. Los picos máximos de temperaturas en estos locales se dan luego de mediodía (Hora 14), mientras que los picos mínimos se generan a la madrugada (Hora 7). Por otro lado, L2 alcanza la mayor temperatura promedio con 9.40°C y una diferencia de amplitud térmica 0.71°C menor, lo cual se debe a su ubicación protegida entre L1 y L3.

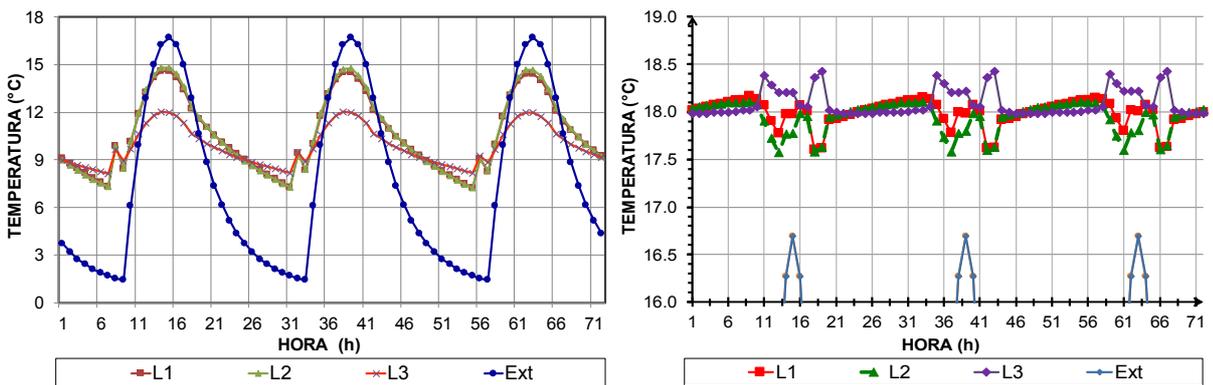


Figura 9: Resultados de SIMEDIF para los días 10, 11 y 12 de Julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.) en S2.

Datos	L1	L2	L3	Ext
T° máx (°C)	14.59	14.82	12.02	16.69
T° mín (°C)	7.21	7.23	8.12	1.41
Amp. Térmica	7.38	7.59	3.90	15.28
T° Promedio	10.58	10.65	9.89	7.67
Amortig. (°C)	2.10	1.87	4.67	-----

Tabla 4: Valores estadísticos para el caso sin energía auxiliar, en S2.

L3 en S1 presenta la mayor parte del día temperaturas menores a L1 y L2 -cuya máxima es 11.16°C-, esto se debe a las reducidas dimensiones que posee y a sus tres paredes en contacto con el exterior. Sin embargo, presenta la mayor temperatura mínima (6.67°C), lo cual ocasiona que se produzca la menor amplitud térmica (4.46°C) de los tres locales. La ganancia de radiación difusa a través de los amplios ventanales superiores pintados de blanco orientados al Norte que es considerada introduciendo un 25% de su superficie, es parcialmente neutralizada por la gran área del muro expuesto al Sur con numerosas aberturas, y por ello S1 resulta más frío que S2 (Tabla 4). Sin el control del termostato la amplitud térmica de L1 y L2 en S2 supera en 0.05°C y 0.87°C a las respectivas de S1, y sus temperaturas máximas varían incrementando entre 1.33°C y 1.77°C. A su vez, las temperaturas mínimas de S2 sobrepasan las de S1 en 1.38°C y 0.9°C. L3 (baño) en S2 posee una temperatura promedio de 9.89°C, mientras que en L1 y L2 (aulas) la misma es de 10.58°C y 10.65°C. Aunque S2 tiene los mismos amplios ventanales y características espaciales y constructivas que S1, la ubicación de S2 protegida por otros sectores en ambas direcciones opuestas, permite que su comportamiento térmico sea levemente mejor.

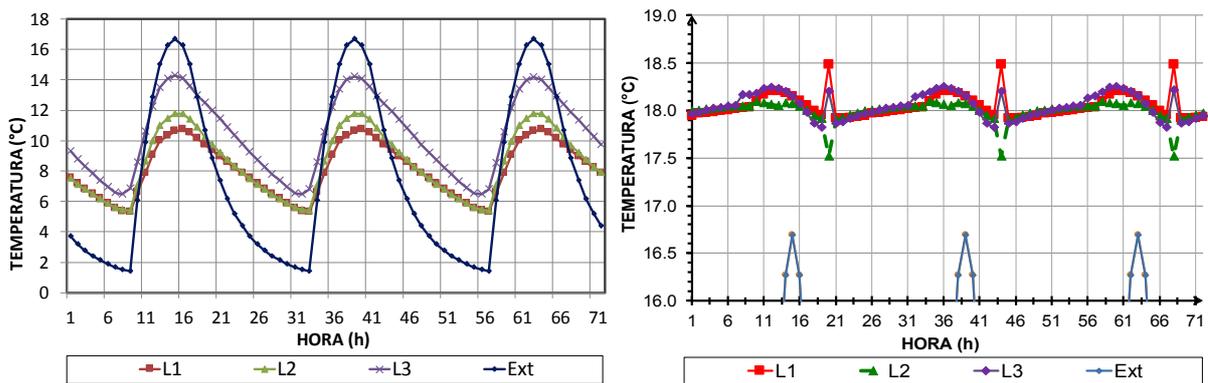


Figura 10: Resultados de SIMEDIF para los días 10, 11 y 12 de Julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.) en S3.

Datos	L1	L2	L3	Ext
T° máx (°C)	10.71	11.77	14.29	16.69
T° mín (°C)	5.27	5.38	6.46	1.41
Amp. Térmica	5.44	6.39	7.83	15.28
T° Promedio	8.11	8.50	10.35	7.67
Amortig. (°C)	5.98	4.92	2.40	-----

Tabla 5: Valores estadísticos para el caso sin energía auxiliar, en S3.

Las temperaturas máximas y mínimas de L1 y L2 en S3 son menores que en S1 y S2, debido a que estos locales no tienen ninguna ganancia solar y la mayor parte de sus muros y aberturas están en contacto con el exterior, muy expuestos al Sur y L1 extremadamente sombreado al Norte por una profunda y extensa galería. Por el contrario, L3 tiene prácticamente todo el muro Sur protegido por L2 y aprovechamiento solar a través de sus aventanamientos al Norte, lo cual incide incrementando su temperatura media hasta 2.24°C respecto a L1. La gran masa térmica del establecimiento escolar contribuye a disminuir entre 7.45°C y 9.84°C las amplitudes térmicas de los locales respecto a la diferencia de temperaturas que se produce en el exterior, la cual alcanza 15.28°C.

Carga Térmica y Consumo Energético

En la Tabla 6 se observa que S2 presenta las menores cargas y consumos en sus locales por ser todos aulas con importantes ganancias internas de los alumnos. Además, su implantación protegida entre otros cuerpos edilicios, y la gran superficie de ventanas con sus vidrios pintados blanco orientada al Norte que facilita ganancia solar difusa, contribuyen a que sus demandas energéticas sean 40% menores que las de S1 y 64% que las de S3. La similitud morfológico-funcional y de materialidad de S1 y S2 provoca que mantengan cierta proporcionalidad en las cargas necesarias de los locales que contienen, siendo L2 en cada caso el que presenta un valor menor que L1 (de igual tamaño), por estar ubicado entre L1 y L3, mientras L1 posee mayor superficie de envoltente expuesta al exterior. Las pequeñas dimensiones de L3 influyen para que tenga menor demanda energética respecto L1 y L3 en

S1 y S2, mientras que el gran tamaño de L3 en S3 incide fuertemente para que tenga mayor carga térmica y consecuentemente más consumo de gas.

Valor diario (11 de julio)	S1			S2			S3		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Q (MJ)	280	288	54	164	105	102	503	85	458
Gas (m³)	7.5	7.7	1.4	4.4	2.8	2.7	13.5	2.3	12.3
Total Q (MJ)	622			372			1046		
Total Gas (m³)	16.7			10.0			28.0		

Tabla 6: Carga térmica y consumo energético de los locales en los tres Sectores para el día 11 de Julio.

PROPUESTAS PARA REACONDICIONAMIENTO TERMO-ENERGÉTICO

Recomendaciones Generales

Se proponen mejoras y pautas bioclimáticas generales que optimicen las características térmicas de los elementos en la envolvente, para propiciar mayor confort y ahorro energético en todos los establecimientos escolares con una antigüedad mayor a 50 años. Con este fin se rescatan varias recomendaciones que estipula la Norma IRAM 11603 (2012) para la Zona IIIa (Templada Cálida, Subzona Seca):

- **Color:** utilizar colores claros en paredes exteriores y techos.
- **Aislación Térmica:** colocar buena aislación en toda la envolvente, usando un espesor doble en techos respecto de muros. La relación superficie vidriada respecto a la superficie opaca no deberá superar el 20%.
- **Protección Solar y/o Eólica:** todas las aberturas deberán tener sistemas de sombreado, evitando en lo posible, la orientación oeste. Es conveniente usar árboles caducifolios y/o perennes para filtrar la radiación solar y/o crear barreras de viento.
- **Orientación:** para latitudes superiores a los 30°, la orientación óptima es NO-N-NE-E.
- **Ventilación:** En el período estival se favorecerá la ventilación cruzada y la ventilación selectiva aprovechando los vientos frescos provenientes del S-SE.

Diagnóstico y Propuesta para el Sector Seleccionado

Se realiza un diagnóstico de las propiedades térmicas actuales de los componentes constructivos de S1 utilizando el programa KG-MOD (Blasco Lucas, 2013), y se comprueba que ninguno cumple con los valores admisibles estipulados por la Norma IRAM 11605 (1996) (Tabla 7, Der.).

COMPONENTE	MATERIAL	Espesor	Resistencia Térmica R	Retardo	Amortiguación	COMPONENTE	Transmitancia Térmica K	Diferencia Kadm Verano		Diferencia Kadm Invierno		
		[m]	[m²·C/W]	[h]	[-]		[W/m²·C]	[W/m²·C]	[%]	[W/m²·C]	[%]	
MUROS	Revoque	0.015	0.017	0.427	0.894	MUROS	1.74	-0.49	-39.11	-0.74	-74	
	Ladrillo	0.270	0.371	9.267	0.088		TECHO	0.93	-0.39	-82.03	-0.10	-12
	Revoque	0.015	0.017	0.427	0.894		PISO	0.44	0.07	14.42	0.39	47
	Total Muro	0.300	0.405	10.122	1.877		PUERTAS	2.29	-1.04	-83.21	-1.29	-129
TECHO	Teja	0.015	0.018	0.501	0.877	VENTANAS	5.88	-4.63	-370.59	-4.88	-488	
	Membrana	0.004	0.025	0.216	0.945							
	Aislación	0.025	0.625	0.455	0.888							
	Madera (machimbre)	0.040	0.2667	2.174	0.566							
	Total Techo	0.084	0.935	3.347	3.276							
PISO	Baldosa Cerámica	0.010	0.012	0.334	0.916							
	Carpeta Cemento	0.030	0.034	0.854	0.800							
	Contrapiso Hormigón	0.150	0.263	5.415	0.242							
	Suelo	1.000	1.786	25.381	0.001							
	Total Piso	1.190	2.094	31.984	1.959							
PUERTAS	Puerta Madera	0.040	0.267	2.174	0.566							
VENTANA	Vidrio	0.003	0.004	0.103	0.973							

Tabla 7: Envolvente de S1: (Izq.) Características Térmicas actuales de los elementos. (Der.) Transmitancia Térmica (K) de cada componente actual y diferencia con la admisible (KG-MOD, 2013).

En base a los resultados de la simulación dinámica, los cálculos térmicos estacionarios y atendiendo las recomendaciones generales ya explicitadas, se propone mejorar los componentes para que cumplan los valores admisibles de una calidad edilicia “B” como se detalla en la Figura 11.

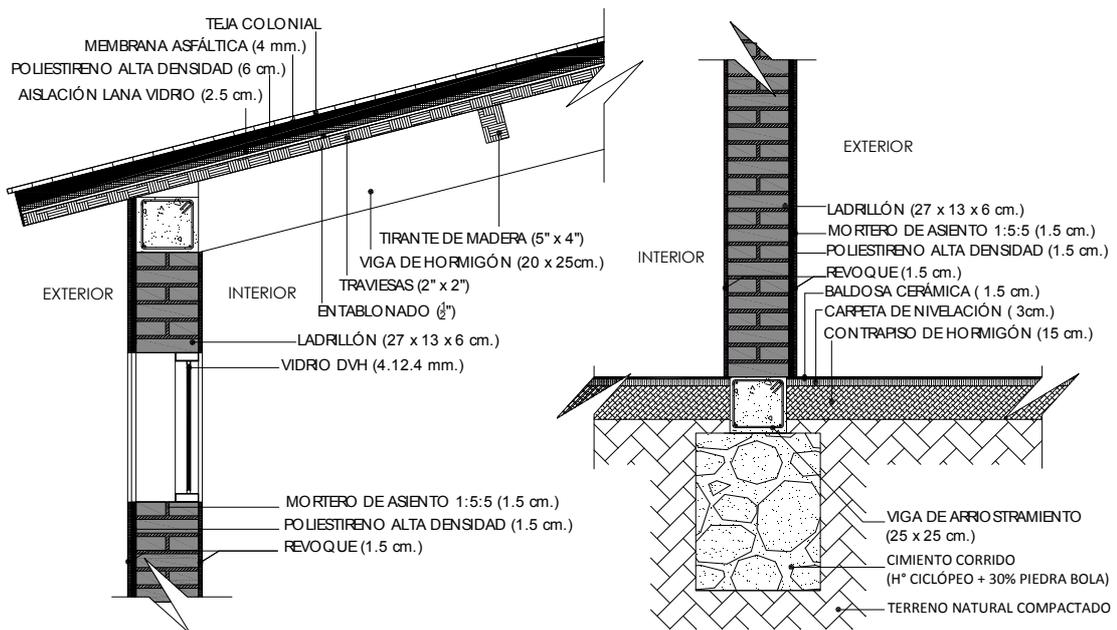


Figura 11: Detalle del sistema constructivo para cubierta y muro con mejoras propuestas.

COMPONENTE	MATERIAL	Espesor	Resistencia Térmica R	Retardo	Amortiguación	COMPONENTE	Transmitancia Térmica K	Diferencia Kadm			
		[m]	[m ² C/W]	[h]	[-]			Verano	Invierno		
MUROS	Revoque	0.015	0.017	0.427	0.894	Muros	0.87	0.38	30.22	0.13	13
	Aislación Tergopol	0.020	0.571	0.215	0.945						
	Ladrillo	0.270	0.371	9.267	0.088						
	Revoque	0.015	0.017	0.427	0.894						
Total Muro	0.320	0.977	10.337	2.822							
TECHO	Teja	0.015	0.018	0.501	0.877						
	Membrana	0.004	0.025	0.216	0.945	PISO	0.43	0.07	15.26	0.40	48
	Poliestireno alta dens.	0.060	1.714	0.644	0.845	PUERTAS	2.29	2.29	1.83	2.29	2
	Aislación	0.025	0.625	0.455	0.888	VENTANAS	2.87	1.64	130.81	0.49	49
	Madera (entablonado)	0.015	0.054	0.598	0.855						
Total Techo	0.119	2.436	2.415	4.409							
PISO	Baldosa Cerámica	0.010	0.012	0.334	0.916						
	Carpeta Cemento	0.030	0.058	1.118	0.746						
	Contrapiso Hormigón	0.150	0.263	5.415	0.242						
	Suelo	1.000	1.786	25.381	0.001						
Total Piso	1.190	2.118	32.248	1.906							
PUERTAS	Puerta Madera	0.040	0.267	2.174	0.566						
VENTANA	Vidrio "Low e"	0.004	0.014	0.221	0.944						
	Camara de aire	0.010	0.150	-----	-----						
	Vidrio "Low e"	0.004	0.014	0.221	0.944						
	Total DVH	0.018	0.179	0.442	1.888						

Tabla 8: Envoltente de S1: (Izq.) Características Térmicas de los elementos propuestos. (Der.) Transmitancia Térmica (K) de cada componente propuesto y diferencia con la admisible (KG-MOD, 2013).

Es así que se agregan 2cm de aislación de poliestireno expandido en la superficie exterior de los muros de la envoltente de S1. También se aumenta la capacidad aislante térmica de la cubierta colocando 6cm de poliestireno expandido de alta densidad. Con el mismo fin, en las aberturas se reemplaza el vidrio simple existente, por DVH (Doble Vidriado Hermético), además para minimizar infiltraciones de aire se instalan carpinterías de aluminio burleteadas. La Tabla 8 muestra los cálculos realizados con KG-MOD para evaluar la propuesta de mejora constructiva y la respectiva verificación de los Kadm. Los K se encuentran entre 1.83% y 130.81% por debajo del umbral máximo.

Simulación con las Mejoras Propuestas

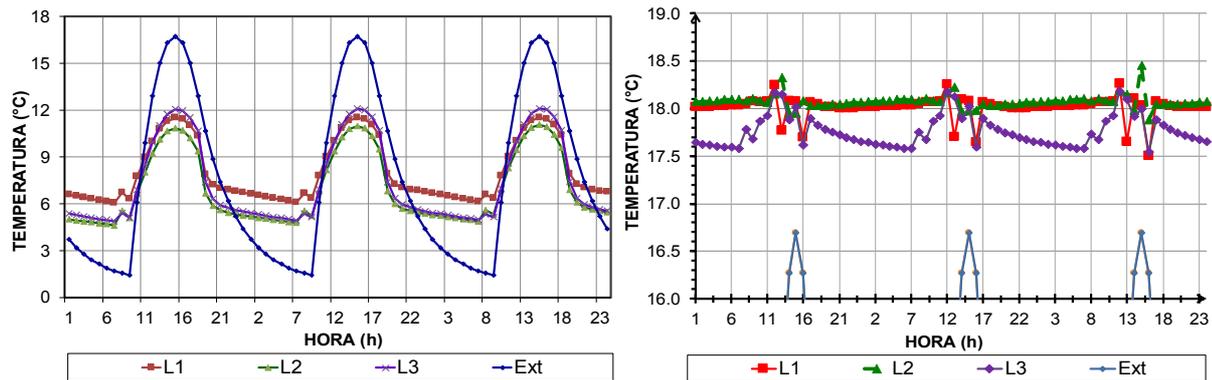


Figura 12: Resultados de SIMEDIF para los días 10, 11 y 12 de Julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.) para S1 con las mejoras propuestas.

Datos	L1	L2	L3	Ext	Valor diario (11 de julio)	S1		
						L1	L2	L3
T° máx (°C)	11.5	11.06	12.09	16.69				
T° mín (°C)	6.04	4.61	4.86	1.41				
Amp. Térmica	5.46	6.45	7.23	15.28				
T° Promedio	8.05	6.95	7.39	7.67	Q (MJ)	203	172	27
Amortig. (°C)	5.19	5.63	4.60	-	Gas (m³)	5.4	4.6	0.7
					Total Q (MJ)	402		
					Total Gas (m³)	10.8		

Tabla 9: S1 con mejoras propuestas. Valores estadísticos de los resultados de SIMEDIF sin energía auxiliar para los días 10, 11 y 12 de Julio (Izq.). Carga térmica y consumo energético de los tres locales y total (Der.).

En la Figura 12 se observa la evolución de temperaturas de la simulación dinámica con SIMEDIF de S1 con las medidas propuestas y la Tabla 9 muestra los resultados estadísticos. Se redujo un 34% la amplitud térmica dentro de L1 y un 4% en L2, lo cual aumenta la estabilidad de la temperatura interior, fundamentalmente por la disminución de las temperaturas máximas que varió entre 1.8°C y 2°C. Para L1, la carga diaria disminuyó 78MJ y para L2 113MJ implicando un ahorro de 2.1m³ (28%) y 3.1m³ (40%) de gas respectivamente. La temperatura máxima en L3 tuvo el mayor aumento (0.9°C) y su carga térmica resultó un 50% menor. En total S1 alcanzó a disminuir un 35% la demanda energética.

Índices Térmicos	S1		
	Existente	Mejorado	Diferencia
Qcal (MWh)	38	26	32%
Gcal (W/m²·°C)	2.6	1.7	
Gcal adm - Gcal (W/m³·°C)	-1.1	-0.3	74%
% Dif. Gcal adm - Gcal	-0.8	-0.2	

Tabla 10: Índices Térmicos obtenidos de los cálculos estacionarios con KG-MOD. Carga Térmica Anual de Calefacción, Coeficiente Volumétrico Global de Pérdidas de Calor y diferencias con el valor admisible.

Mediante el cálculo estacionario realizado con KG-MOD (Tabla 10) las mejoras en S1 permiten reducir un 32% los índices térmicos de calefacción Qcal y Gcal, logrando disminuir un 74% la diferencia con el valor admisible de Gcal, pero aun manteniéndose un 0.2% por encima del mismo.

CONCLUSIONES

La investigación ha permitido demostrar y cuantificar la necesidad de mejorar la calidad térmico-energética de la envolvente en la tipología escolar analizada a fin de adecuarla a la normativa vigente, habiendo evaluado una propuesta constructiva factible de ser implementada.

El modo de efectuar la reducción del estudio a sectores característicos basados en las configuraciones morfológico-funcionales resulta apropiado para facilitar y hacer más eficaz el trabajo.

A su vez, el procedimiento implementado para el reacondicionamiento de edificios educativos existentes utilizando programas de simulación térmica previamente calibrados en base a monitoreos, combinados con cálculos estacionarios, constituye un aporte metodológico específico que aprovecha en la problemática tipológica escolar estas valiosas herramientas de gran precisión.

Los resultados obtenidos justifican ampliar el universo de estudio a otras tipologías escolares para pautar y sistematizar la valoración termo-energética planteando propuestas superadoras.

BIBLIOGRAFÍA:

- Blasco Lucas I. (2006). Potencial de Ahorro Energético en Áreas Residenciales desde un Enfoque Bioclimático. FAUD-UNSJ.
- Blasco Lucas, I. (2013) Método KG-MOD: Modelo de cálculo de K, G y Q. Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa). FAUD-UNSJ.
- Filippin C. (1999). Comportamiento energético de dos tipologías de edificios escolares en distintas localizaciones geográficas y diferentes entornos. Actas ASADES.
- Filippín Celina (2005). Uso Eficiente de la Energía en Edificios. Edición Amerindia. Santa Rosa, La Pampa.
- Flores Larsen S., Lesino G., Saravia L. (2002). SIMEDIF Versión Beta. Programa de diseño y cálculo del comportamiento térmico de edificios. INENCO-UNSa-CONICET. Salta, Argentina.
- Flores Larsen S., Filippín C., Lesino G. (2004) Monitoreo y simulación del comportamiento térmico de una escuela rural en Algarrobo del Águila, La Pampa. Revista AVERMA. Vol.8, p.05-139.
- Gonzalo G., Quiñones C., Llabra V., Márquez G. (2007). Evaluación del comportamiento térmico y propuestas de mejoras para una Escuela en Hualinchay, Tucumán. Actas ASADES.
- Gonzalo, G. (2003). Manual de arquitectura bioclimática. Editorial Nobuko.
- IRAM Serie de Normas 11.600 (1996-2012). Acondicionamiento térmico de edificios. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- Ledesma S., Nota V., Gonzalo G., Cisterna S., Quiñones G., Márquez G., Llabra C., Boldrini P., Roldán S. (2003). Estudios ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán. Actas ASADES. Vol. 7, Nº 1.
- Michaux C. (2014). Caracterización tipológica de edificios escolares en el área metropolitana de la ciudad de San Juan. Actas del 3º Encuentro de Jóvenes Investigadores. Secretaría de Ciencia y Técnica del Gobierno de San Juan.
- Papparelli A., Cúnsulo M., Kurbán A., Montilla E., Ortega A., Ripoll V. (2008). Evaluación térmica de escuela de educación especial en zona árida. Actas ASADES. Vol. 12.
- Ré G., Blasco Lucas I., Filippín C. (2015). Evaluación del comportamiento térmico de una escuela típica en la Ciudad de San Juan, Argentina. Actas de la “XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente”. Vol. 3 : 03, 35-46. San Rafael, Mendoza.
- Ré G., Blasco Lucas I., Filippín C. (2016) Comportamiento higrotérmico y energético en período estival de un edificio escolar típico en la ciudad de San Juan, Argentina. Actas del “I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable”, pp. 221-232. La Plata, Argentina.
- San Juan G., Hoses S., Gonzalez D. (2000a). Sensibilidad de variables edilicias y energéticas de tipologías edilicias escolares en dos situaciones regionales de nuestro país. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.4, Art.07-29.
- San Juan G., Hoses S., Gonzalez D., Piñeyro J. (2000b) Evaluación energética e incidencia de mejoras tecnológicas en tipologías escolares bonaerenses. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.4, Art. 05-83

THERMAL-ENERGY REFURBISHMENT IN TYPOLOGY SCHOOL LOCATED IN THE METROPOLITAN AREA OF SAN JUAN

ABSTRACT: After the 1944 occurred earthquake in San Juan, a number of schools were built under regulations of the "Reconstruction Council", among them the "*double comb*" typology materialized by Arch. Ramos Correa stands out. These establishments should be refurbished to suit today's physical and functional requirements, being the right time to also give technological solutions to envelope components, which improve their thermal-energy performance. Aimed to this, a method is developed using simulation models to evaluate the building performance before and after the proposed changes, to verify compliance with the permissible values of the IRAM Standards. With the proposed constructive improvements, the required energy for heating is reduced between 28% and 50% fulfilling the allowable values of the Thermal Transmittance at "B" building quality. The contributions are focused on instrumental-methodological aspects, and on those technological referred to thermal-energy efficiency, for its immediate transfer to the relevant agencies.

Keywords: school type, thermal energy efficiency, building performance, bioclimatic strategies