

ANÁLISIS MORFOLÓGICO, TECNOLÓGICO, ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL PARQUE EDUCACIONAL DEL NIVEL INICIAL Y PRIMARIO DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, LA PAMPA

¹C. Filippín y ²C. de Rosa
CONICET

C.C. 302 (6300) Santa Rosa, La Pampa - Fax: 0954-3422- E-mail: evigliz@intact.edu.ar

RESUMEN

Se analizaron los edificios escolares del nivel primario de la ciudad de Santa Rosa. Se evaluaron sus consumos energéticos anuales en función de las horas de ocupación y características morfológicas y constructivas. Según el período de uso y en función de los Grados-día, base 16°, el gas natural consumido por los establecimientos analizados satisface ampliamente el calor auxiliar calculado. Se analizaron sus consumos totales de energía, según sus fuentes, por m² construido y por alumno. Se evaluó el costo total de la energía consumida. Surge del análisis la mayor participación relativa del gas natural en el consumo total. La contribución económica de la energía eléctrica y el gas natural consumido en el costo total de la energía no se diferenció. La participación de la energía consumida en el costo total promedio por alumno primario y nivel inicial fue del 1,47%.

INTRODUCCION

El crecimiento continuo de la población, la creciente expectativa en torno a la educación y la mayor difusión de sus beneficios, la tendencia sostenida hacia la educación permanente, la incorporación de técnicas modernas a los procedimientos pedagógicos, fueron condicionantes que perfilaron la evolución y características de las construcciones escolares (Grupo Nacional de Desarrollo- Convenio CONESCAL, 1973). La infraestructura edilicia del servicio educativo respondió históricamente a los lineamientos generales de la atención centralizada del Estado Nacional. Con la promulgación de la Ley N° 17522/67 se logró una verdadera descentralización operativa. Los estados nacional y provincial intervienen en la conservación, ampliación y construcción de los edificios escolares. Los edificios fueron solicitados por una doble corriente de renovación, por un lado nuevos planteos pedagógicos, y por otro la continua revisión de los procedimientos arquitectónicos, ambas corrientes vinculadas a una situación cultural (Boggio Videla, J. M., 1969). El parque educacional de la ciudad de Santa Rosa respondió en gran medida al crecimiento permanente de la población. Una tasa de escolarización creciente con un valor de 42.8% en 1991, frente al 27% promedio del país, es un indicador de la evolución de la demanda educativa en la ciudad y en la provincia en general (Dirección de Estadísticas y Censos de la Provincia de La Pampa, Información sin publicar).

Pese a los progresos en materia pedagógica y educativas se ha prestado escasa atención a los problemas edilicios del sector de educación, especialmente en relación al confort ambiental, a la eficiencia térmica y lumínica de los edificios y a su rentabilidad energética. Es necesario una investigación que permita diagnosticar el comportamiento energético de estos edificios con el fin de racionalizar decisiones futuras. El presente trabajo evalúa el comportamiento energético y económico de un sector del parque edilicio educacional de la ciudad de Santa Rosa. Son objetivos del presente trabajo: a) evaluar el consumo de energía medido del 29% de los establecimientos primarios y nivel inicial, b) analizar la participación relativa de las fuentes, gas natural y energía eléctrica, en el consumo total de energía, c) evaluar el consumo de energía por m² y por alumno, d) evaluar el costo de la energía consumida y la participación relativa de las fuentes en el costo total y e) evaluar el costo de la energía consumida por alumno y su participación en el costo total por alumno.

MATERIALES Y METODOS

Se construye una base muestral correspondiente a ocho establecimientos escolares primarios de la ciudad de Santa Rosa cuya localización geográfica y sus datos climáticos se muestran en la Tabla 1. La base incluye variables dimensionales, morfológicas e indicadores térmicos y energéticas. Se incorporan datos de matrícula y horas de ocupación del edificio. Las variables dimensionales, morfológicas e indicadores del comportamiento térmico, son: el perímetro, el área, el volumen, el factor de forma, el coeficiente global de pérdidas, la transmitancia térmica de las superficies de la envolvente, y calor auxiliar anual. Los consumos anuales de energía total (MJ), la energía eléctrica anual consumida, el consumo de gas natural, y el consumo total de energía/m² construido, son las variables energéticas estudiadas. Los datos fueron suministrados por la Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y la Cooperativa Popular de Electricidad y corresponden al período 1994/95 y 1991/96, respectivamente (Información sin publicar).

A excepción de uno de ellos, los edificios analizados integran físicamente el nivel primario e inicial, motivo por el cual los consumos de energía corresponden a la totalidad del edificio. El parque educacional analizado alberga además más de un establecimiento, escuelas diferentes y turnos diferentes, razón que hace compleja la definición de la matrícula de cada edificio.

¹ Investigadora Asistente CONICET

² Investigador Independiente CONICET

Los datos fueron suministrados por el Departamento de Investigación de la Subsecretaría de Planeamiento Educativo de la Provincia de La Pampa. Corresponden a cada edificio analizado los siguientes valores de matrícula: 625, 832, 682, 731, 656, 910, 400 313, para la Escuela 2, 27, 74, 180, 219, 221, 240 y 255, respectivamente.

Tabla 1: Coordenadas Geográficas y Datos Climáticos de Santa Rosa, La Pampa.

Coordenadas Geográficas Latitud: -36.57 Longitud: 64.45 Altitud: 189m sobre el nivel del mar					
Temperaturas de bulbo Seco (°C)	Valores Anuales			Julio	Diciembre
	Media	Máx. Abs.	Mín. Abs.	Mínima Media	Máxima Media
	15.5	42	-12	1.4	31.9
Grados-día Anuales de Calefacción (Base 16°C): 1136 Grados-día Anuales de Enfriam.(Base 23°C): 128 Radiación GlobalHorizontal: 16 MJ/m2.					

Sin pretender una asimilación climática, sino metodológica, la Oficina para la Eficiencia Energética del Departamento del Ambiente de Gran Bretaña clasifica a los edificios escolares del nivel primario y en cuanto al consumo total de energía en : bajo, medio y alto consumo , correspondiendo a los distintos rangos, valores menores a 565.2, entre 565.2 y 777.6 y mayores de 777.6 MJ/m2. También la Oficina para la Eficiencia Energética del Departamento del Ambiente de Gran Bretaña (E.E.O.) clasifica a los edificios escolares, según su grado de exposición: en abrigo, normal y expuesto. Según la localización de los edificios analizados en el entorno urbano, todos se encuentran dentro del rango normal (Department of the Environment. Great Britain, 1994). Con el fin de calcular el calor auxiliar anual (Q) que requiere cada edificio y según sus horas de uso y en función del período lectivo, se corrigen los Grados día anuales, base 16°C, para un período de clase de 160 días (San Juan, G. y Rosenfeld, E. , 1993) (Tabla 2). Estadísticamente se calculan promedios (X), desvíos standard (STD) y coeficientes de variación (CV) como indicador de la dispersión relativa de los consumos de energía.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 muestra los datos dimensionales y morfológicos e indicadores del comportamiento térmico de los edificios analizados. Calculados los coeficientes de transmisión térmica global (KG) y tomando como modelo la Norma Básica de Edificación Española NBE-CT-79 para una región climática similar, los valores resultan superiores a los admisibles establecidos por dicha Norma (1993).

Tabla 2: Datos Dimensionales, Morfológicos e Indicadores del Comportamiento Térmico .

Establecimientos	P	A	V	FF	S*K	KG	KGAd	G	FO	GD
Número 2	128,3	1417	5841	0,68	3732,1	1,33	1,30	1,46	19	587
Número 27	215	2136	8920	0,52	5502	1,18	1,13	1,40	13	402
Número 74	317	1228	5443	0,74	6117	1,52	1,00	1,30	10	309
Número 180	214	1136	3976	0,75	2917,2	1,33	0,99	1,48	19	402
Número 219 Prim	235	1185	4239	0,74	3537	1,13	0,91	1,50	13	402
Número 219 J.de Inf.	65	192	670	0,90	797	1,33	0,94	1,90	10	309
Número 221	353	3074	13387	0,58	11983	1,54	1,09	1,53	13	402
Número 240	174	1102	4506	0,65	3918,3	1,33	1,04	1,43	13	402
Número 255	220	1156	4592	0,68	7321	1,30	1,03	1,40	10	309

Referencias; P: perímetro (m), A: área (m2), V: volumen (m3), FF: factor de forma, S*K: superficie por coeficiente de transmisión térmica (W/°C), KG: coeficiente de transmisión térmica global (W/m2°C), KGAd: coeficiente de transmisión térmica global admisible según Norma Básica de la Edificación española, G: coeficiente global de pérdidas (W/m3°C) , FO: factor de ocupación (hs). GD: Grados-día, base 16°C.

La Tabla 3, muestra el consumo de gas natural y electricidad y la energía total consumida por edificio en MJ. La electricidad tiene la mayor variabilidad estadística entre edificios y la menor participación relativa de las fuentes. El consumo de gas natural es más estable y es mayor su participación con una baja dispersión entre edificios. En función de la tabla de valoraciones de la "E.E.O.", el consumo de energía por metro cuadrado, con una variabilidad del 33,4% entre edificios, permite la disgregación en tres grupos, bajo, medio y alto consumo. Al 1º grupo pertenecen los edificios de las escuelas 2,27,74, 219 (nivel primario), 255 y 180, la escuela 240 al 2º grupo y la escuela 219, nivel pre-escolar, al 3º grupo. En función de la matrícula y calculado el consumo total anual por alumno, la muestra ofrece una variabilidad estadística del 45%.

La energía consumida por metro cuadrado construido es un indicador importante al integrar aspectos morfológicos y tecnológicos con las Normas que rigen o rigieron el sistema educativo. Niveles pre-escolares integrados al edificio del nivel primario disminuyen significativamente el consumo de energía. Por ejemplo, edificios con características tecnológica y morfológicas similares y con igual sistema de calefacción, la escuela N° 219 que desintegra de su estructura edilicia el nivel pre-escolar y la escuela N° 255 que integra los dos niveles de enseñanza corresponden al nivel Alto y Bajo consumo respectivamente. (Tabla 3). El jardín de infantes separado espacialmente, estaría consumiendo más energía por metro cuadrado que el nivel primario del mismo establecimiento. Desintegrando el consumo total de energía en las dos fuentes, gas natural y electricidad, se observó la mayor participación relativa del gas natural en el total. El gas natural consumido es más estable que el consumo de energía eléctrica que absorbe el menor porcentaje en la participación del consumo total.

Tabla 3: Consumo Anual de Energía en Kwh y Participación Relativa de la Fuentes en el Total

Establecimientos	Q	GN	EE	Total	MJ/m2	MJ/al	GN(%)	EE(%)
Número 2	197835	467309	35057	502366	400,3	802,8	93	7
Número 27	433580	894053	63223	957276	448,2	1152	93,4	6,6
Número 74	188980	362635	24887	387522	315,4	568,8	93,6	6,4
Número 180	78997	372899	46372	419270	369	572,4	88,9	11,1
Número 219 Primaria	222239	341356	78458	419814	354,2	1785,6	81	19
Número 219 J.de Inf.	34178	148288	14432	162720	847,4	2502	91	9
Número 221	711137	1052266	216086	1268352	414	1393,2	83	17
Número 240	223720	587588	87440	675029	612	1688,4	87	13
Número 255	171698	497200	16488	513684	442,8	1641,6	97	3
Promedio (X)	251374	524844	64717	589597	466,9	1345,3	89,8	10,2
Desviación Típica (STD)	193272,8	268196	58951	318781	155,9	603	4,9	4,9
Coef.de Variación (CV)	76,9	51	91	53,6	33,4	44,8	5,5	47,9

Referencias: Q: calor auxiliar anual (MJ), GN: consumo de gas natural anual medido (MJ), EE: consumo de electricidad anual medido (MJ), MJ/m2: consumo total de energía anual por metro cuadrado onstruido, MJ/al: consumo total de energía anual por alumno, %: participación relativa de las fuentes en el consumo total

Tabla 4: Indicadores Económicos del Consumo de Energía en las Escuelas Primarias de Santa Rosa

Establecimientos	Consumo de Energía (\$)			Participación Relativa (%)		Costo de la energía anual consumida por m2(\$)			Costo de la energía anual consumida por alumno(\$)		
	GN	EE	Total	GN	EE	GN	EE	Total	GN	EE	Total
Número 2	1947	1646	3593	54.2	45.8	1.5	1.3	2.8	3.1	2.6	5.7
Número 27	3725	2968	6693	55.6	44.4	1.7	1.4	3.1	4.5	3.6	8.1
Número 74	1511	1168	2679	56.4	43.6	1.2	0.95	2.1	2.2	1.7	3.9
Número 180	1554	2177	3731	41.6	58.4	1.4	1.9	3.3	2.1	3	5.1
Número 219 primario	1422	3683	5105	27.8	72.2	1.2	3.1	4.3	2.4	6.2	8.6
Número 219 pre-escolar	618	677.5	1295.5	47.7	52.3	3.2	3.5	6.7	9.5	10.4	19.9
Número 221	4384	10144	14528	30.2	69.8	1.4	3.3	4.7	4.8	11.1	15.9
Número 240	2448	4105	6553	37.4	62.6	2.2	3.7	5.9	6.1	10.3	16.4
Número 255	2072	774	2846	72.8	27.2	1.8	0.7	2.5	6.6	2.5	9.1
Promedio (X)	2186,8	3038	5224,5	47	52,9	1,7	2,2	3,9	4,6	5,7	10,3
Desviación Típica (STD)	1117,3	2767,4	3696,2	13,5	13,5	0,6	1,1	1,5	2,3	3,6	5,4
Coef. de Variación (CV)	51	91	70,7	28,7	25,6	34,5	50,8	37,7	51	64	52

Referencias: GN: gas natural (Kwh), EE:energía eléctrica (Kwh), 1kwh de gas natural \$0,015, 1Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996). Fuente: Distribuidora de Gas Pampeana y Cooperativa Popular de Electricidad. 1kwh de gas natural \$0,015 1 Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996).

Son factores, entre otros, determinantes del costo de la energía consumida por cada institución educativa, las condiciones climáticas, el edificio, el costo de la energía propiamente dicho, los patrones de uso, administradores, el personal, los alumnos, etc. Dentro del costo que significa al estado provincial mantener su matrícula escolar, el costo de la energía consumida por alumno es uno de los indicadores necesarios para analizar las necesidades presupuestarias de los establecimientos escolares. Se transforma el consumo de energía en MJ en costo de la energía consumida, según el valor del Kwh del gas natural y electricidad de 0,015 y 0,169 \$, año 1996 respectivamente. El costo total anual de la energía eléctrica, entre edificios, ofrece mayor variabilidad que el gas natural que es más estable.

La distancia, en la participación relativa de las fuentes en el consumo total de energía, se diluye al considerar la contribución económica del gas natural y la energía eléctrica consumida en el costo total. El costo de la energía que consume cada alumno anualmente es más dispersa que el costo de la energía por superficie construida (Tabla 4). El costo promedio total y anual por alumno, en la provincia, concentra el pago de salarios docentes, no docentes, gastos de funcionamiento y gastos de energía. El costo promedio total y anual por alumno en la provincia es de \$1.350,71, correspondiendo al nivel inicial y primario \$1.222,9 y \$743,8, respectivamente. La Tabla 5 muestra la desagregación del costo por alumno según niveles de enseñanza y los distintos rubros (División Investigación, Subsecretaría de Planeamiento Educativo, 1995). El parque educacional analizado concentra en un mismo edificio los dos niveles excepto la Escuela 219 que desintegra físicamente el nivel inicial y primario, razón por la que se promedian los valores definidos por la Subsecretaría de Planeamiento Educativo, resultando el Costo Total por alumno \$ 983,35. Respecto a este valor, el costo promedio de la energía consumida representaría un 1,47% del costo total por alumno, cifra algo superior a la estimada a nivel provincial. Si consideramos la participación del costo de la energía en Gastos Operativos No Salariales, la contribución se eleva al 33%.

Tabla 5: Participación de los distintos rubros en el costo total por alumno estimados en la Provincia de La Pampa

	Nivel Inicial	Nivel Primario
Salarios docentes	94,27	84,99
Salarios no docentes	1,24	10,56
Gastos de funcionamiento	3,18	3,52
Costo del consumo de gas natural y electricidad	1,32	0,93

CONCLUSIONES

Siendo uno de los objetivos del presente trabajo evaluar el consumo de energía medido de los edificios escolares del nivel inicial y primario, los resultados revelan que el consumo de gas natural satisface ampliamente los requerimientos térmicos en función de los Grados-día, base de diseño 16°C. Es posible inferir, entre otros aspectos que en esta primera aproximación del análisis no se contemplan, que la temperatura interior en los edificios sería superior a la temperatura base de 16°C, utilizada en los cálculos. También es posible que el periodo de uso contemplado para cada edificio no concuerde con los hábitos y costumbres de cada uno de ellos. Será objetivo de próximos trabajos desarrollar un plan de monitorización en condiciones reales de uso de los establecimientos, para evaluar condiciones higrotérmicas y lumínicas de las distintas áreas funcionales, horario de encendido y apagado de equipos de calefacción, mantenimiento de los edificios, etc. De esta forma, se podrá analizar la correspondencia o no entre el comportamiento teórico y real del edificio. A través del análisis de la información es posible la determinación de indicadores, diagnosticar situaciones, realizar análisis predictivos, definir y distribuir partidas presupuestarias en cada institución, reevaluar tipologías edilicias etc.. Siendo los receptores de la información, en el ámbito educativo, generalmente docentes y pedagogos, el empleo de cifras porcentuales permite visualizar con mayor claridad el mensaje que se intenta mostrar a través de las cifras. El empleo de valores porcentuales se justifica en función de las contribuciones relativas de cada fuente al consumo energético total. Si bien, por una cuestión puramente matemática, los desvíos standards deben ser necesariamente iguales no lo son en cambio sus coeficientes de variación (C.V), debido a que estos desvíos standard, corresponden a medias distintas. Únicamente serán iguales si las medias comparadas fueran exactamente iguales (50% y 50%). Por tanto, el C.V. o dispersión relativa da una idea ajustada de la variabilidad estadística de cada uno de los componentes analizados. En este marco y para la muestra analizada, la participación relativa promedio del gas natural consumido, en el consumo total de energía, es mayor respecto a la energía eléctrica, siendo la estabilidad de la contribución de aquél muy superior a la electricidad. El consumo promedio de gas natural en MJ es el 87,7% superior a la energía eléctrica consumida. Económicamente la situación se invierte, no llegando a una diferenciación tan clara. El costo promedio de la energía eléctrica total consumida por los establecimientos es el 28% superior al costo total promedio del gas natural consumido. La participación del costo de la energía consumida por alumno representa el 1,47% del costo total por alumno.

BIBLIOGRAFIA

- Boggio Videla, Juan Manuel, Separata N°17, SUMMA, 3-4 (1969).
- Costo Promedio por Alumno. Anexo y Edificios Escolares. División Investigación, Subsecretaría de Planeamiento Educativo (1995).
- Dirección de Estadísticas y Censos de la Provincia de La Pampa. Información sin publicar.
- Grupo Nacional de Desarrollo- Convenio CONESCAL, Separata N°68, SUMMA (1973).
- Introduction to Energy Efficiency in Schools, Energy Efficiency Office, Department of the Environment. Great Britain (1994).
- Norma Básica de la Edificación Española NBE-CT-79, Condiciones térmicas en los edificios., Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1993).
- San Juan, G. y Rosenfeld, E. Mejoramiento de las Redes Edilicias de Educación de la Provincia de Buenos Aires, Actas de la 16a. Reunión de Trabajo de ASADES, 73-80 (1993).