

## ANALISIS ENERGETICO DE UNA TIPOLOGIA EDILICIA ESCOLAR EN DIFERENTES LOCALIZACIONES GEOGRAFICAS DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

C.Filippín<sup>□</sup>  
 C.C.302, (6300) Santa Rosa, La Pampa  
 Tel-Fax: 02954-434222 E-mail: [cvigli@ssdnet.com.ar](mailto:cvigli@ssdnet.com.ar)

### RESUMEN

Se analiza el consumo de energía, eléctrica y gas natural, de una tipología edilicia escolar ubicada en distintas localizaciones geográficas de la provincia de La Pampa, y en diferentes entornos adyacentes. Se evalúa la participación de la energía eléctrica y el gas natural en el consumo total de energía. Se analiza su variabilidad estacional y espacial. Los resultados muestran la mayor variación temporal del gas natural, y su mayor participación en el consumo total de energía.

### INTRODUCCION

Diferentes aspectos del diseño condicionan directamente la performance ambiental y el confort de los ocupantes: la localización del edificio provee de indicaciones microclimáticas y topográficas, orientación, ruidos, polución y contacto con el exterior. El tipo y tamaño de los espacios actúan en la forma y disposición interna del edificio, y tienen influencia sobre la envolvente expuesta, las pérdidas y ganancias de calor, iluminación, ventilación. La densidad de ocupación y el tipo de actividades, dan una idea de la ganancia interna. Los patrones de ocupación, en conjunción con la localización del edificio, sugieren el perfil temporal de calentamiento, enfriamiento y cargas de iluminación relativa frente a las condiciones exteriores. Es objetivo del presente trabajo: a) analizar el consumo de energía según las fuentes, b) evaluar su participación en el consumo total de energía, c) analizar la variabilidad temporal y espacial de la energía consumida

### MATERIALES y METODOS

La tipología que se analiza se localiza en la ciudad de Gral.Pico, Santa Rosa, y Gral. Acha. La Tabla 1 y 2, y la Figura 1 muestra la caracterización geográfica y climática de cada localización, y los indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos. En la Figura 2 se observa la planta de los edificios, para el nivel inicial de enseñanza y para el I y II Nivel de la Educación General Básica (EGB).

Localidad	Grados-día (base 18°C)	Temperatura (Fuerza Aérea Argentina, 1992)		
		Media anual	Mínima de Julio	Máxima de Diciembre
Gral.Pico	1385	16.4	3.1	31.0
Santa Rosa	1545	15.8	2.1	30.9
Gral.Acha	1718	15.0	-0.2	30.1

Figura 1: Localización geográfica de las tipologías

En dos de las localizaciones, la institución educativa desintegra en dos edificios el nivel inicial y el segundo nivel de la Educación General Básica (EGB). Una de las instituciones, la escuela 245, es de jornada completa, variando diariamente el uso y ocupación de los espacios. Dos de las instituciones tienen, en dos localizaciones geográficas diferentes, la misma

<sup>□</sup> Investigadora de CONICET. Financiado parcialmente por CONICET

orientación. El grado de mantenimiento es similar en todos los edificios. La información de la energía consumida es suministrada por las empresas distribuidoras de gas natural y electricidad. Los medidores de ambos servicios están, según los casos, integrados por nivel o separados. Esta situación debió ser contemplada para hacer el análisis. La escuela 245 de Gral. Acha presenta el medidor de gas y electricidad desagregado por nivel de enseñanza. En función de indicadores dimensionales y térmicos, se calculó el calor auxiliar necesario para calefaccionar los edificios. Los valores indican, que en todos los casos, el gas natural consumido satisface los requerimientos térmicos base 16°C. Estadísticamente se calculan los promedios (X), desvíos standard (STD), y el coeficiente de variación (CV) como indicador de la dispersión relativa de los consumos de energía. Se analiza la participación del consumo de gas y electricidad en el consumo total de energía, el consumo/m<sup>2</sup> y el consumo por alumno.

Tabla 1: Localización geográfica de cada institución

Localidad	Escuela	Latitud	Longitud	Altitud (mts)
Gral. Pico ♣	241	35°40'	63°46'	223
Santa Rosa	242	36°37'	64°17'	183
Gral. Acha ♣	245	37°22'	64°36'	140

♣ Los dos niveles de enseñanza están desintegrados en edificios diferentes

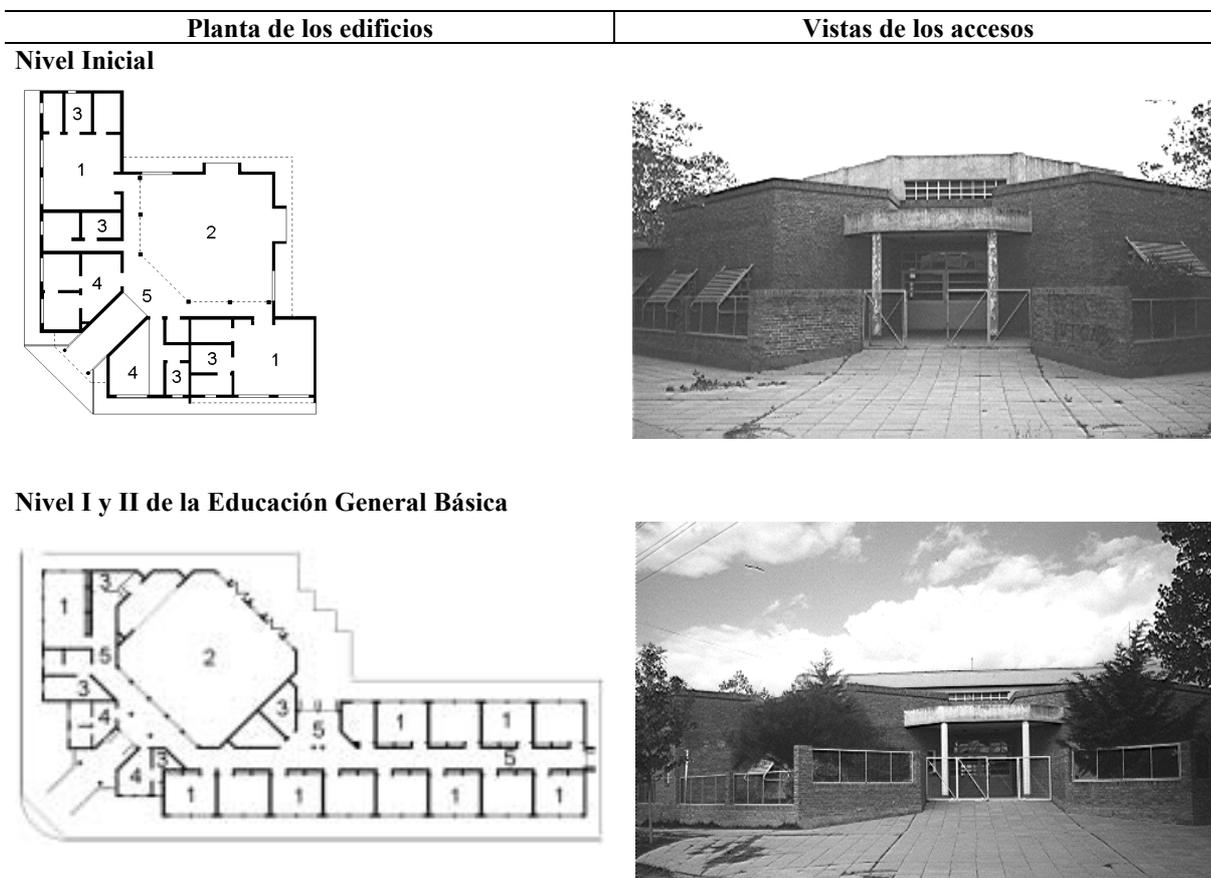


Figura 2: Planta y vista de la tipología escolar  
Referencias: 1- aulas, 2- salón de usos múltiples,  
3- servicios, 4- gestión, 5-servicios

Tabla 2: Indicadores morfológicos y térmicos

Nivel de enseñanza	Perímetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Ic	Envolvente (m <sup>2</sup> )			K <sub>G</sub> (W/m <sup>2</sup> °C)	Kadm <sup>^</sup> (W/m <sup>2</sup> °C)	G (W/m <sup>3</sup> °C)
					Total	Vertical	Superior			
*	70	229	800	77	724	245	250	2.03	0.94	2.4
**	229	1880	7375	68.5	4779	1095	1804	1.32	1.04	1.3

\*\* Inicial \* I y II de la Educación General Básica (EGB) ^ Norma Básica de la Edificación Española, NBE-CT-79, Condiciones térmicas en los Edificios.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para el consumo de electricidad y para el nivel primario, se toman en el análisis las tres localizaciones. Coeficientes de variación entre 40 y 43% reflejan cierta variabilidad estacional en los consumos. Los promedios y las desviaciones mensuales de la energía eléctrica consumida determinan una variabilidad más acentuada hacia la primavera e inicio del verano. Una variación del 87.1% entre los consumos totales de los establecimientos, en localizaciones geográficas diferentes, refleja una importante variación espacial. La escuela 241, al norte de la provincia, muestra, con sus aulas al sur, un consumo de energía eléctrica anual muy superior al mismo edificio situado en Gral. Acha, pero con sus aulas al oeste. Para el nivel inicial se toman en el análisis dos localizaciones, Gral. Acha y Gral. Pico. Coeficientes de variación entre 46 y 51% reflejan cierta variabilidad estacional en los consumos. Una variación del 50% entre los consumos totales de los establecimientos, en localizaciones geográficas diferentes, muestra una menor variación espacial entre ellos, respecto al nivel primario. Es posible que la mayor variabilidad espacial del consumo de electricidad en el nivel primario sea una respuesta a la diversidad de actividades que allí se desarrollan, además de la extensión del edificio y su diseño arquitectónico, que incluye obstrucciones fijas en sus áreas transparentes en forma indiscriminada.

Tabla 3: Consumo de electricidad en el nivel primario e inicial

Mes	Primario			Promedio	STD	CV	Inicial		Promedio	STD	CV
	241*	245*	242* ^				241**	245**			
1	394	94.5	206.0	244.2	211.8	86.7	65.5	39.3	52.4	18.5	35.3
2	359.8	241.3	940.0	300.5	83.8	27.9	85.8	72.3	79.1	9.5	12.0
3	1265.0	338.8	895.3	801.9	654.9	81.7	212.3	149.3	1808	44.5	24.6
4	1981.0	511.3	1473.7	1246.1	1039.2	83.4	377.8	209.3	293.6	119.1	40.6
5	2090.3	545.3	1543.0	1317.8	1092.5	82.9	417.0	252.5	334.7	116.3	34.7
6	2230.5	511.3	1473.0	1370.9	1215.7	88.7	593.8	280.2	437.0	221.7	50.7
7	1970.0	431.2	1071.3	1200.6	1088.1	90.6	536.6	189.8	363.2	245.2	67.5
8	1822.6	536.6	1458.7	1179.6	909.3	77.1	534.6	232.0	383.3	213.9	55.8
9	1962.4	541.4	1867.3	1251.9	1004.8	80.3	475.8	166.6	321.2	218.6	68.0
10	1955.0	401.2	1596.3	1178.1	1098.7	93.3	379.8	144.0	261.9	166.7	63.7
11	1958.0	306.0	1520.3	1132.0	1168.1	103.2	340.0	177.8	258.9	114.7	44.3
12	1234.3	106.6	310.0	670.4	797.4	118.9	189.0	64.4	126.7	88.1	69.5
Total	19222.9	4565.5	14354.9	11894.2	10364.3	87.1	4208.0	1977.7	3092.8	1577.0	50.0
Promedio	1601.9	380.4	1196.2				350.7	164.8			
STD	646.2	164.6	521.8				177.4	75.9			
CV	40.3	43.2	43.6				50.6	46.0			

Nota: Periodos considerados, \* 241:93/97, \*245:93/97, \*242:95/98, \*\* 241:93/97, \*\*245:93/97

^ un solo edificio contiene los dos niveles de enseñanza, y posee el medidor unificado. No se considera en el análisis estadístico entre edificios

Sólo uno de los establecimientos posee el medidor de gas desintegrado por nivel de enseñanza, por tal motivo y para poder comparar las tres instituciones se unifican los consumos. En la Tabla 4 se observan los valores obtenidos. El análisis muestra la marcada variación estacional entre los valores bimestrales en cada establecimiento. La variación es superior a la variabilidad entre los consumos mensuales de energía eléctrica. Entre los edificios analizados, la variabilidad del consumo total anual de gas del 42.9% podría ser el resultado de diferentes localizaciones geográficas, diferentes periodos de uso y actividades, diferentes densidades de ocupación. La escuela 245 de Gral. Acha emplazada en un microclima de la provincia, es un establecimiento de jornada completa donde los alumnos reciben el desayuno y el almuerzo. Según la información suministrada por las autoridades, el destino del gas natural es la calefacción del edificio y la elaboración de los alimentos con dos cocinas industriales con 8 hornallas y dos hornos. Tres horas de uso diario de las cocinas significan 3060m<sup>3</sup> de gas consumidos para 170 días. Aún fragmentando por usos el gas natural consumido, los valores muestran la incidencia de la localización geográfica y el sitio y su disposición. En la Tabla 5 se observa el consumo de energía por m<sup>2</sup> y por alumno, desintegrado según la fuente, y según el nivel de enseñanza cuando esto es factible. Un consumo de electricidad por alumno, y para el nivel inicial y primario, similar a otras tipologías muestra el análisis. El consumo de electricidad, como en otras tipologías, por cada alumno del nivel inicial es superior al estudiante del nivel I y II de la Educación General Básica (Filippín y de Rosa, 1998). La electricidad consumida por alumno es inferior al valor establecido, para edificios de bajo consumo, por la Oficina de Eficiencia Energética de Gran Bretaña (Energy Efficiency Office, 1994). La Tabla 6 muestra el consumo total de energía, por m<sup>2</sup> y por alumno integrando los dos niveles. La energía total anual consumida por alumno muestra, aún para densidades de ocupación diferentes, para la tipología en estudio, una variación latitudinal del consumo por alumno. La variación del consumo total anual de gas natural entre edificios supera el 100%, valor muy superior al que surge del análisis energético de otra tipología escolar construida en distintos puntos de La Pampa. Resultados anteriores mostraron para otras tipologías, con indicadores dimensionales y térmicos similares, 143.6 MJ/alumno de electricidad consumida anualmente, la tipología en estudio muestra un valor promedio anual de 117.6 MJ. La situación no es igual para el gas natural consumido anualmente, cuyo uso final es la calefacción de los espacios. Trabajos anteriores reflejan un consumo anual por alumno de 986.1 MJ/alumno, para distintas localizaciones geográficas, que satisfacen los requerimientos de calefacción de 16°C. (Filippín y de Rosa, 1998). Una participación del gas natural consumido, en el total de energía, supera el 90%.

Tabla 4: Variación estacional del consumo de gas natural en m<sup>3</sup> y variabilidad de los consumos totales entre edificios para el período 96/98.

Bimestre	Escuela 245			Escuelas		Promedio	STD	CV
	Inicial	Primario	Total	241	242			
1	120.3	42	162.3	11.0	51.3	74.9	78.3	104.7
2	188.0	333.7	521.7	183.0	106	270.2	221.1	81.8
3	621.3	3750.7	4372.0	4677.0	2754.7	3934.6	1033.1	26.3
4	2224.7	9949.3	12172.0	9110.5	7297.3	9526.6	2463.8	25.9
5	4929.3	9704.7	14634.0	4498.5	5734.3	8288.9	5529.6	66.7
6	181.3	3621.3	3802.7	124.0	1443	1789.9	1863.7	104.1
Total			35664.3	18604	17386.6	23885.1	10219.6	42.8
Promedio			5944.05	3100.7	2897.8			
STD			3540.6	3673.6	3014.5			
CV			93.2	118.5	104			

Tabla 5: Consumo total anual de energía en MJ, por m<sup>2</sup> y por alumno (GN:gas natural, EE: energía eléctrica)

Escuela	Densidad (m <sup>2</sup> /alumno)	Consumo			/m <sup>2</sup>			/alumno		
		GN	EE	Total	GN	EE	Total	GN	EE	Total
241 *	1.46	^^	15149			66			157.8	
245 *	3.7	32861	7120	392940	143	31	174	16225.3	374.7	16600
241 **	2.7	693929^^	69203		329	36.8	365.8	888.5	101.0	989.5
245 **	12.9	10311585	16436	10328021	5484	8.7	5494	70627	112.6	70740
242 ***	3.7	648520	51678	700198	345	27.5	372.4	1281.6	102.1	2302.6

^^ Medidores unificados para los distintos niveles de enseñanza

\* Nivel Inicial, \*\* Nivel Primario, \*\*\* Los dos niveles de enseñanza integrados en un sólo edificio

Tabla 6: Unificación del consumo de energía para los dos niveles de enseñanza (GN:gas natural, EE: energía eléctrica, I+P: Nivel inicial más nivel primario).

Escuela	en MJ			en MJ/m <sup>2</sup>			en MJ/alumno		
	GN	EE	Total	GN	EE	Total	GN	EE	Total
241 (I+P)	693929	84351	778280	329	40	369	888.5	108.0	996.5
242 "	648520	51677	700197	345	27.5	372.5	1281.7	102.1	1383.8
245 "	1453577	23555	1477132	689	11.2	689	8809.5	142.7	8952.2
Promedio	4013285	53194		454.3	26.2		3660	117.6	
Desvío Standard	5788662	30426		203.4	14.4		4464	21.9	
Coef. de variación	144.2	57.2		44.7	55.05		121.9	18.6	

## CONCLUSIONES

- En el nivel primario, el consumo de energía eléctrica presenta una variación espacial del 87%, disminuyendo al 50% en el nivel inicial de la enseñanza
- Una variación estacional de alrededor del 50% en el consumo de electricidad muestra el análisis realizado para los dos niveles de enseñanza en distintas localizaciones geográficas. Unificados, por razones operacionales los consumos de gas natural para los dos niveles de enseñanza, una variación espacial del 42.8% refleja el análisis
- Una variación estacional entre el 93 y 120% muestra el análisis para el consumo de gas natural
- Al igual que en otras tipologías, en el consumo total de energía el gas natural consumido absorbe un 90%
- La energía eléctrica consumida por alumno no se aleja de los valores obtenidos para otras tipologías
- El gas natural consumido anualmente supera ampliamente los valores obtenidos para otras tipologías
- Todos los edificios, y para el consumo de gas natural y electricidad/m<sup>2</sup>, excepto la escuela 245 del nivel I y II de la EGB, corresponden a edificios de buena performance según la Tabla de Valoración Energética del BRECSU (1996). Un aumento de la rigurosidad climática y una implantación del edificio en la periferia, en un entorno abierto, y vulnerable a los vientos fríos del SW, predominantes en la localidad, condicionaría el consumo de gas para calefaccionar los espacios.
- Cada localización geográfica, cada implantación en un determinado sitio, cada entorno requiere de un estudio particularizado del edificio para responder satisfactoriamente a los requerimientos térmicos y lumínicos con un menor consumo de energía.

## REFERENCIAS

- BRECSU, 1996. Report 47 (GIR 47), Controlling energy use in buildings-the first steps
- Energy Efficiency Office, 1994, Introduction to Energy Efficiency in Schools.
- Filippin, C. y de Rosa, C., 1998. Una tipología edilicia escolar en localizaciones geográficas diferentes en la provincia de La Pampa. Análisis de su consumo energético. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 2, N°1, 03.51-0.3.54
- Fuerza Aérea Argentina, Servicio Meteorológico Nacional, 1992, Estadísticas Climatológicas.