

UNA TIPOLOGÍA EDILICIA ESCOLAR EN LOCALIZACIONES GEOGRÁFICAS DIFERENTES EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA. ANÁLISIS DE SU CONSUMO ENERGÉTICO.

¹C. Filippín y ²C. de Rosa
 CONICET

C.C. 302, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Tel -Fax: (954) 34222, E-mail: evigliz@inta.gov.ar

RESUMEN

Se analiza el consumo de energía 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, su participación relativa y su variabilidad estacional. La mayor variabilidad estacional en los consumos de energía queda definida por el gas natural consumido. Para las distintas instituciones escolares, la variabilidad del consumo de energía por alumno es superior a la variación de la energía consumida por m². Excepto en el nivel inicial, es menor la variabilidad del consumo anual de gas natural entre edificios.

INTRODUCCION

El parque educacional de la provincia de La Pampa concentra edificios tipológica y tecnológicamente diferentes, con distintos niveles de enseñanza, y períodos de uso también diferentes. Están caracterizados por factores inherentes a los aspectos tecnológicos, morfológicos, localización, orientación, entornos y espacios adyacentes, y factores humanos que involucran los patrones de uso y ocupación, densidad, periodicidad de las actividades, etc.. Trabajos anteriores analizaron el consumo de energía en un sector del parque educacional de la ciudad de Santa Rosa (Filippín y de Rosa, 1996, 1997a, 1997b). Con el fin de extender el análisis al interior de la provincia, y por razones metodológicas, el presente trabajo evalúa energéticamente un edificio escolar cuya tipología se encuentra ubicada en localizaciones geográficas diferentes, y en entornos diversos, de la provincia de La Pampa. Son objetivos del trabajo: a) analizar el consumo de energía según sus fuentes, energía eléctrica y gas natural, b) la participación relativa de las fuentes en el total de energía consumida, c) la variación estacional de los consumos, d) el consumo por alumno y por m²

MATERIALES Y MÉTODOS

Los edificios escolares en estudio se localizan entre la isolínea de los 1300 y 1600°C Grados-día, base 18°C. Son ellos la escuela 220 (Macachín), 218, 219 y 105 (Santa Rosa), 227 (Castex) y 233 (Gral.Pico). La Tabla 1 muestra la implantación geográfica de cada localidad. En la Fig.2 se observa la planta y la vista frontal de la tipología. La Tabla 2 muestra los indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos de la tipología en estudio, que desintegra en dos edificios el nivel primario e inicial de enseñanza. 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 y 18°C, para un período de clase de 160 días (San Juan y Rosenfeld, 1993). Distintas situaciones se plantean para realizar el análisis de los consumos de energía: medidor de electricidad y gas natural separados por nivel de enseñanza, o integrados, ó unificado el consumo de electricidad y disociado el de gas. Los consumos reales fueron provistos por las compañías distribuidoras de gas y de electricidad. El período de ocupación estará definido por el tipo y duración de la actividad: enseñanza-aprendizaje, extracurricular, maestranza y comunal. Estadísticamente se calculan promedios (X), desvíos standard (STD), y coeficientes de variación (CV) como indicador de la dispersión relativa de los consumos de energía.

Tabla 1: Localización Geográfica

Localidad	Latitud	Longitud	Grados-día	
			Base 16°C	Base 18°C
Macachín	37°09'	63°40'	980	1407
Santa Rosa	36°37'	64°17'	903	1331
Castex	35°55'	64°18'	788	1204
Gral. Pico	35°40'	63°46'	788	1204

Tabla 2: Indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos

Nivel de enseñanza	Perímetro (m)	Ic	Area (m ²)	Volumen (m ³)	E (m ²)	FF	G (W/m ² °C)
Inicial	65	0.42	192	670	603	0.90	1.9
Primario	235	0.29	1185	4239	3136.9	0.74	1.5

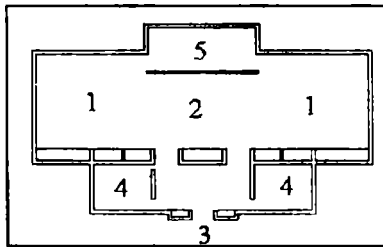
Referencias: Ic-índice de compacidad, E- envoltente, FF- factor de forma

¹ Investigadora Asistente CONICET

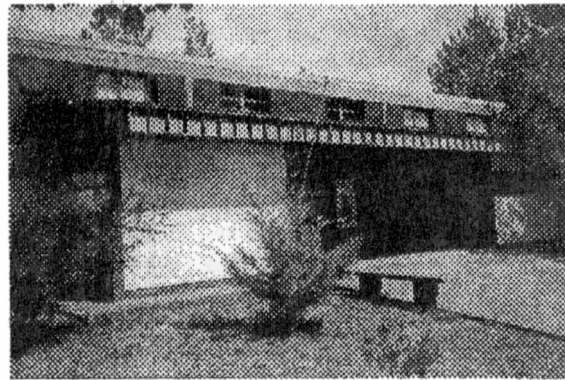
² Investigador Independiente CONICET

RESULTADOS y DISCUSION

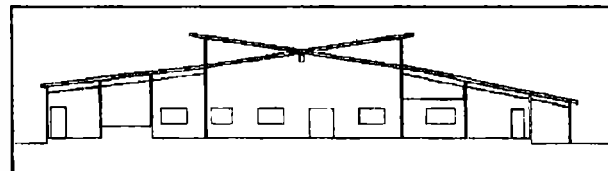
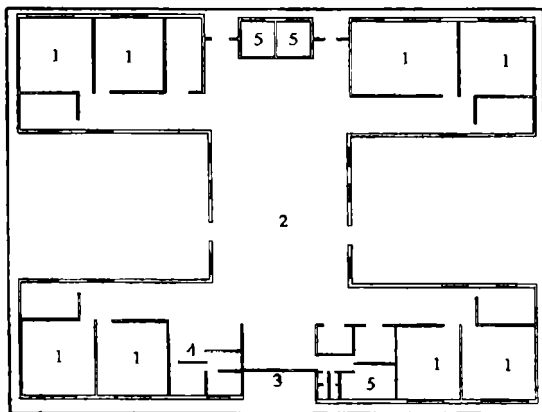
Según se encuentren los medidores de gas natural y energía eléctrica unificados o disociados por nivel de enseñanza, la primer etapa del análisis abarcó el Nivel Inicial. Sólo las escuelas 218, 219 y 227 registran sus consumos de gas desintegrados por nivel de enseñanza para el periodo 96/97. La variabilidad estacional del gas natural presenta un valor superior a la electricidad. Los resultados se observan en la Tabla 3. También la variabilidad del gas natural consumido entre edificios es menos estable que la energía eléctrica consumida. Un 41% de dispersión relativa entre edificios refleja el gas natural consumido, dispersión que está definida por el mayor consumo del edificio de la escuela 227 con una localización climática algo más benigna. Un 3,5 % de dispersión entre edificios la ofrece la electricidad consumida para dos edificios, con distinta orientación, en Santa Rosa. Para el Nivel Inicial, los valores indican mayor variabilidad entre edificios del gas natural consumido anualmente, por m² y por alumno. La electricidad consumida refleja menor dispersión entre edificios. La energía total consumida por alumno refleja, entre edificios, una dispersión relativa del 1,5% frente al 11,5% que corresponde a la dispersión por m². En cuanto a la participación relativa de las fuentes, el gas natural consumido anualmente absorbe el 85% del total de energía consumida (Tabla 4).



Referencias: 1-Aulas, 2- Salón de Usos Múltiples, 3- Acceso, 4- Administración, 5- Servicios



Nivel Inicial, vista frontal



Nivel Primario, corte

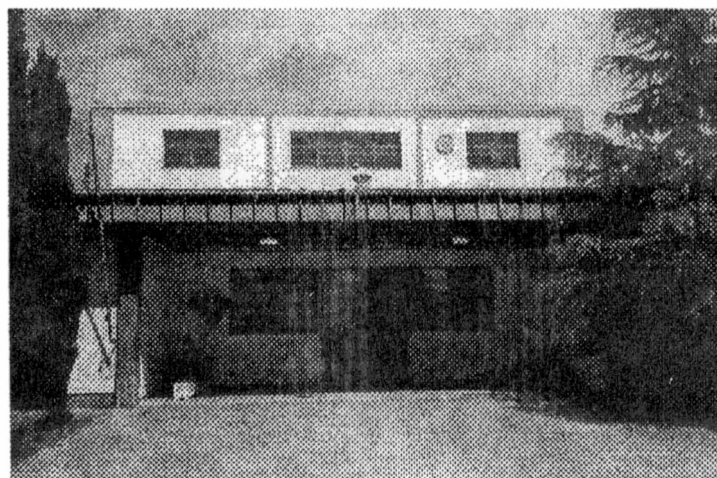


Fig. 2: Planta y elevación

La segunda etapa del análisis abarcó el Nivel Primario. Sólo las escuelas 218, 219, 220 y 227 registran sus consumos de gas desintegrados por nivel de enseñanza para el período 96/97. El análisis del consumo de electricidad absorbe sólo el nivel primario de la escuela 218, 220 y 219 para el período 91/97. La variabilidad estacional del consumo de gas natural, al igual que en el nivel inicial, es superior a la dispersión relativa de la electricidad consumida en los distintos meses. Los resultados se observan en la Tabla 5 y 6. La variabilidad del gas natural consumido entre edificios es más estable que la energía eléctrica consumida. Un 20.7 % de dispersión relativa entre edificios refleja el gas natural consumido. Un 43 % de dispersión entre edificios la ofrece la electricidad consumida, dispersión que se origina por el consumo de la escuela 220.

Tabla 3: Variabilidad Estacional y Variabilidad entre Edificios del Consumo de Energía en el Nivel Inicial

Período	Gas Natural (m ³)						Electricidad (KWh)				
	Escuelas			Indicadores estadísticos			Escuelas		Indicadores estadísticos		
	218	219	227	X	STD	CV	218	219	X	STD	CV
1							254	253	254	0.35	0.14
2	35.5	5.5	8	16.3	13.6	83.2	221	362	292	70.5	24.2
3							181	519	350	169.0	48.3
4	25	21	185	77.0	76.4	99.2	440	522	481	41.0	8.5
5							775	694	735	40.5	5
6	1421	1202.5	2858.5	1827.3	734.6	40.2	1217	969	1093	124.0	11.3
7							1221	896	1059	162.9	15.4
8	1530	1367	3801	2232.7	111.0	49.8	1137	834	985	151.3	15.4
9							944	671	808	136.6	16.9
10	1322	798.5	1799	1306.5	408.6	31.3	695	569	632	62.9	10.0
11							359	465	412	52.7	12.8
12	217.5	114	177	169.5	42.6	25.1	219	394	306	87.7	28.6
Anual	4551	3508.5	8828.5	5629.3	2301.8	41	7663.9	7148.6	7406.2	257.6	3.5
X	758.5	584.7	1471.4				638.6	595.7			
STD	671.4	564.8	1468.0				394	212.8			
CV	88.5	96.6	99.8				61.7	35.7			

Tabla 4: Consumo Total Anual de Energía para el Nivel Inicial, por m² y por alumno

Número	Escuela	Gas		Electricidad		Gas		Electricidad		Total	
		Densidad ^	m ³	MJ	KWh	MJ	m ²	alumno	m ²	alumno	m ²
218	0.40	4551	169752	7663.9	27590	884.1	2204.6	143.7	358.3	1027.8	2562.9
219	0.33	3508.5	130867	7148.6	25735	681.6	2077.2	134.0	408.5	815.6	2485.7
227	0.27	8828.5	329303	^^	^^	1715.1	6332.7				
Promedio						1093.6	3538.2	138.8	383.4	921.7	2524.3
Desvío Standard						447.2	1976.7	4.8	25.1	106.1	38.6
Coef. de Variación						40.9	55.9	3.5	6.5	11.5	1.5

^ Densidad: alumnos/m² ^^ Medidor unificado para los dos niveles de enseñanza.

Tabla 5: Variabilidad Estacional y Variabilidad entre Edificios del Consumo de Energía en el Nivel Primario

Mes	Gas Natural (m ³)							Electricidad (KWh)					
	Escuelas				Indicadores estadísticos			Escuelas			Indicadores estadísticos		
	220	218	219	227	X	STD	CV	218	219	220	X	STD	CV
1								798.1	523	35.8	452	315.2	69.7
2	29.5	7.5	44	38.5	29.9	13.9	46.6	972	853	68.5	631	400.9	63.5
3								1498	2239	418.8	1385	747.5	53.9
4	33	23.5	65	156.5	69.5	52.5	75.6	2185	1560	574.8	1440	662.8	46
5								2422	2133	830.8	1795	692	38.5
6	1289	4272.5	2531.5	2409.5	2626	1067	40.6	2904	2528	941.5	2124	850.4	40
7								2271	1261	569.8	1367	698.4	51.1
8	4521	6148	2929	3137	4184	1289	30.8	2464	2189	829.8	1827	714.5	39.1
9								2397	1841	751.5	1663	683.3	41.1
10	3021	2522.5	4859	1609.5	3003	1185	39.5	2089	2406	790.5	1762	699.0	39.7
11								2104	1998	597.3	1566	686.6	43.8
12	23	95	364.5	224.5	176.8	130.2	73.7	1358	1309	374	1014	452.7	44.7
Anual	8916.5	13069	10793	7575.5	10089	2065.7	20.5	23462	20841	6783	17029	7323	43
X	1486.1	2178.2	1798.8	1262.6				1955	1736	565.2			
STD	1731.0	2379.0	1794.5	1207.5				621.4	609.7	281.9			
CV	116.5	109.2	99.7	95.6				31.8	35.1	49.9			

Con el fin de incluir en el análisis aquellos edificios que agrupan los consumos de los dos niveles de enseñanza en un medidor, se integra la energía consumida por el nivel inicial y primario para todos los edificios. La variabilidad estacional del gas natural consumido alcanza el 100%. El 38.3% corresponde a la variabilidad estacional de la energía eléctrica. El gas natural anual consumido refleja entre edificios una variabilidad del 10,6%. La energía eléctrica anual consumida ofrece en la muestra una dispersión del 22.2% (Tabla 7).

Tabla 6: Consumo Total Anual de Energía para el Nivel Primario

Escuela		Gas	Electricidad	Gas (MJ)		Electricidad (MJ)		Total (MJ)		Horas de Uso
Número	Densidad	MJ	MJ	m ²	alumno	m ²	alumno	m ²	alumno	
220	0.26	332585	24419	259	987	19	72	278	1059	14.3
218	0.35	487474	84463	339	963	59	167	398	1130	9.30
219	0.53	402579	75028	274	513	51	95.6	325	608.6	14
227	0.27	282566	^	198	724					9.30
Promedio				267.5	796.7	43	111.5	333.7	932.5	
Desvío Standard				50.1	193.4	17.3	40.4	49.4	230.9	
Coef. de Variación				18.7	24.3	40.1	36.2	14.8	24.7	

^Medidor unificado para los dos niveles de enseñanza.

Tabla 7: Consumo Anual de Energía integrando Nivel Inicial y Primario

Escuela		Gas	Electricidad	Gas (MJ)		Electricidad (MJ)		Total (MJ)	
Número	Densidad	MJ	MJ	m ²	alumno	m ²	alumno	m ²	alumno
218	0.36	657226	112053	403.5	1127.3	68.8	192.2	472.2	1319.5
219	0.51	533446	100763	321	629.1	60.6	118.8	381.6	747.9
227	0.27	611869	77207	377.2	1384.3	47.6	174.7	424.8	1559.0
233	0.39	487399	50707	330.0	853.6	34.3	88.8	364.3	942.4
105	0.31	644730	91253	402.7	1307.8	57.0	185.1	459.7	1492.9
Promedio		586934	86396.6	366.9	986.1	52.8	143.6	420.5	1212.3
Desvío Standard		65835.1	21196.3	35.2	300.7	13.1	41.7	42.2	315.9
Coef. de Variación		11.2	24.5	9.6	30.5	24.8	29.0	10.0	26.1

CONCLUSIONES

Tabla 8: Síntesis

1: Variabilidad del Consumo Estacional (%)

Gas Natural			Electricidad		
NI	NP	I*P	NI	NP	I+P
95	105.2	98.8	48.7	38.9	38.3

2: Variabilidad del Consumo Anual de energía entre edificios (%)

Gas Natural			Electricidad		
NI	NP	I+P	NI	NP	I+P
41	20.5	11.2	3.5	43	24.5

3: Variabilidad del Consumo Total de Energía/m² (%)

Gas Natural			Electricidad		
NI	NP	I*P	NI	NP	IP
40.9	18.7	9.6	3.5	40.1	24.8

4: Variabilidad del Consumo Total de Energía / alumno (%)

Gas Natural			Electricidad		
NI	NP	I+P	NI	NP	I+P
55.9	24.3	30.5	6.5	36.2	29.0

La Tabla 8 (1,2,3 y 4) sintetiza los resultados. La mayor variabilidad estacional en los consumos de energía quedó definida por el gas natural consumido en las tres situaciones evaluadas. Para las distintas instituciones escolares, la variabilidad del consumo de energía por alumno resultó superior a la variación de la energía consumida por m². A edificios más densamente ocupados correspondería menor consumo de energía por alumno. Para las situaciones analizadas, a excepción del Nivel Inicial, el gas natural consumido ofrece menor variabilidad entre edificios. La electricidad consumida es más dispersa. A igualdad de indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos, la variabilidad de la energía consumida por los edificios estaría definida por la localización geográfica, la orientación, indicadores observables (entornos adyacentes, mantenimiento, acabado de los espacios interiores), indicadores sociales (pautas y conductas de uso, matrícula, horas de uso). En la conjunción de los distintos indicadores, es posible que el mayor o menor ajuste al pliego de condiciones en el período de construcción de cada edificio, contribuya de alguna manera en la variabilidad de la energía consumida por los edificios.

BIBLIOGRAFIA

- Filippin, C. y de Rosa, C., 1996, Análisis Morfológico, Tecnológico y Energético del Parque Educacional del Nivel Secundario de la Ciudad de Santa Rosa. *Actas de la XIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. Mar del Plata, Argentina. 1: 02.25-02.28*
- Filippin, C. y de Rosa, C., 1997a, Análisis Morfológico, Tecnológico y Energético del Parque Educacional del Nivel Inicial y Primario de la Ciudad de Santa Rosa. *Actas de la XX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Vol.1 N°2, 93-96*
- Filippin, C. y de Rosa, C., 1997b, Modelo de Regresión Lineal Simple para predecir el Consumo de Energía en el Parque Educacional de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. *Actas de la XX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Vol.1 N°2, 89-92*
- San Juan, G. y Rosenfeld, E., 1993, Mejoramiento de las Redes Edilicias de Educación de la Provincia de Buenos Aires, *Actas de la 16a. Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar, La Plata, Argentina. 73-80*