

EVALUACION ENERGETICA DE UN SECTOR DE LAS VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, LA PAMPA.

C.Filippín¹ y J.Bernardos².

CONICET - Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) -
Avda. Spinetto 785 C.C.152 (6300) Santa Rosa, La Pampa.
FAX 34222

Resumen

Se evaluaron los consumos de energía eléctrica y gas natural en forma mensual, bimestral y anual de un sector del parque habitacional de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa. El consumo de gas natural es el que definió la variabilidad estadística del consumo anual de energía. Se evaluó el consumo energético en función de la orientación. Fueron las viviendas que se localizan en el eje Norte Sur las que presentaron la situación energética más favorable.

Introducción.

El parque habitacional construido por el Gobierno Provincial a través del Instituto Provincial Autárquico de la Vivienda (IPAV) en la ciudad de Santa Rosa, agrupa 3500 viviendas en el período 1980/90 y contribuye con un 22,8% a la variación intercensal de viviendas construidas en el mismo período. Ubicados en la periferia de la ciudad, los conjuntos habitacionales se organizan en Operatorias y sus viviendas se orientan al Este, Oeste, Norte, Sur, Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste. Distintos autores recomiendan para la zona bioambiental en estudio, edificaciones compactas, materiales pesados, espacios exteriores que aseguren buen asoleamiento invernal dentro de los edificios, captación de la energía solar, aislación en muros y cubiertas, protección de los vientos fuertes y persistentes, siendo la orientación favorable, NO-N-NE-E. [1] [2]. En los conjuntos habitacionales a evaluar, no fueron aquellas pautas las que condicionaron su diseño. Los prototipos, apareados de a dos, se distribuyen alrededor de la manzana sin responder a criterios que deberían considerarse, por ejemplo el uso del suelo y los aspectos bioclimáticos de diseño.

Dada la importante contribución de la construcción masiva de viviendas al parque habitacional de Santa Rosa y el alto porcentaje de participación del sector residencial en el total de energía consumida, son objetivos del presente trabajo: a) evaluar los consumos de energía eléctrica y gas natural por Operatoria en forma mensual, bimestral y anual y b) evaluar el consumo total de energía de las viviendas FONAVI en función de la orientación de las viviendas. Las hipótesis formuladas fueron: a) la variabilidad estadística del consumo anual de energía entre operatorias, está definida por el consumo de gas natural b) la orientación es uno de los indicadores que influye en la variabilidad de los consumos totales de energía. Las viviendas implantadas en el eje Norte-Sur, poseen los menores consumos de energía.

Materiales y Métodos

En la Tabla 1 se observa la localización geográfica y los datos climáticos de la ciudad de Santa Rosa.

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					
	Valores Anuales			Julio	Diciembre	
Temperatura de Bulbo Seco(°C)	Media	Más. Abs.	Mín. Abs.	Mínima	Media	Máxima
	15.5	42	-12	1.4		31.9

Grados-día Anuales de Calefacción (Base 18°C): 1545 Grados-día Anuales de Enfriam. (Base 23°C): 128
Radiación Global Horizontal: 16MJ/m2d

¹ CONICET Investigadora Asistente

² Docente de la Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Pampa.

Se realizó una evaluación de los consumos de energía en 120 viviendas de las Operatorias FONAVI 25, 34, 35 y Barrio Aeropuerto, con características constructivas diferentes. La Tabla 2 muestra indicadores morfológicos y térmicos de los prototipos. Se consideran las orientaciones, Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Noroeste, Suroeste y Sureste (Figura 1). Los datos sobre consumo de energía eléctrica y gas natural fueron suministrados por la Cooperativa Popular de Electricidad Santa Rosa Ltda. y Distribuidora de Gas Pampeana, respectivamente. (Información sin publicar)

Se calculan, por operatoria, los valores Promedios (X) de los consumos de energía eléctrica y gas natural, mensual y bimestral respectivamente. Con el fin de definir la dispersión de los datos, se calculan los Desvíos Standard (STD) y se define la dispersión relativa mediante los Coeficientes de Variación (CV).

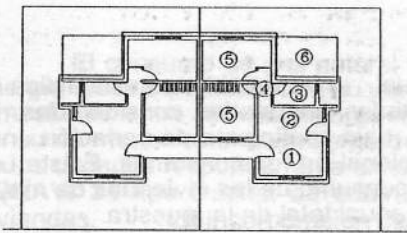
En función de la orientación de cada operatoria se agrupan las viviendas y se calculan los promedios del consumo total de energía (electricidad (Kwh) y gas natural (m3)), unificando las unidades mediante su conversión a MJ. Con el fin de determinar si existen o no diferencias estadísticas significativas en los valores medios de los datos de cada grupo, se realiza un Análisis de Varianza (ANOVA), prueba estadística que consiste en la comparación de la variabilidad estadística de los datos.

Tabla 2: Indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos

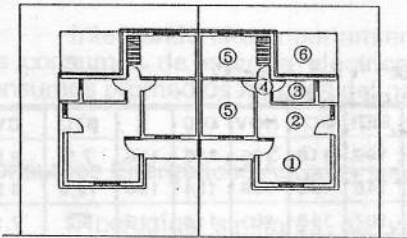
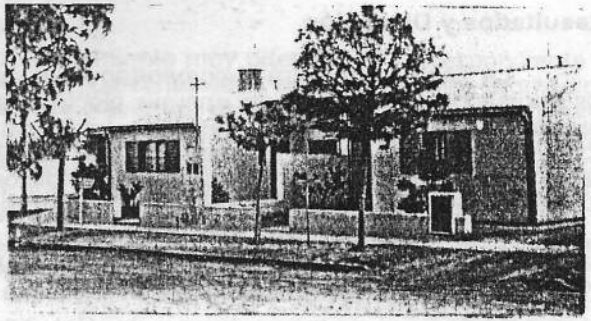
Operatoria FONAVI N°	Número de dormitorios	Factor							Q(Kwh)	Q(m3)	CGN (m3)
		A	V	Ic	F	E	G(W/m2°C)				
25	2	41.4	99.4	82	1.52	0.90	1.77	6524	603	1244	
34 casa	2	44.4	135.5	71	1.48	0.89	1.72	8640	798	1598	
34	3	50.2	148.2	84	1.47	0.93	1.41	7748	716	1490	
34 dúplex	4	84.8	235	35	1.08	0.81	1.31	11415	1055	2025	
35	2	48.9	139	70	1.37	0.89	1.65	8504	786	1407	
35	3	61.4	177	78	1.23	0.90	1.45	9516	879	1390	
Aeropuerto	2	40.2	96.5	74	1.56	0.90	1.81	6477	599	1333	
Aeropuerto	3	46.0	110.3	87	1.48	0.91	1.67	6830	631	1283	

A: área (m2), V: volumen (m3), Ic: Índice de Compacidad, Facto F: factor de forma, Factor E: factor de exposición, G: coeficiente global de pérdidas, Q: calor auxiliar anual estimado, CGN: consumo anual medido de gas natural

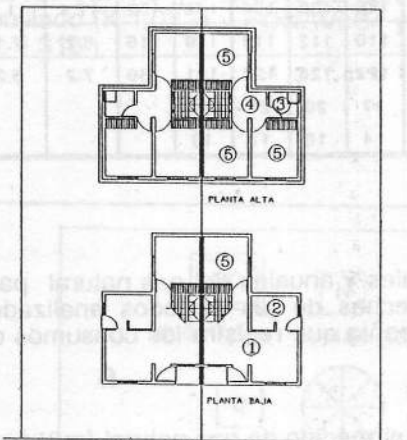




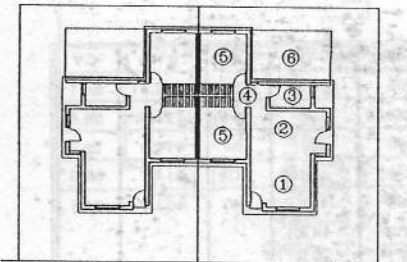
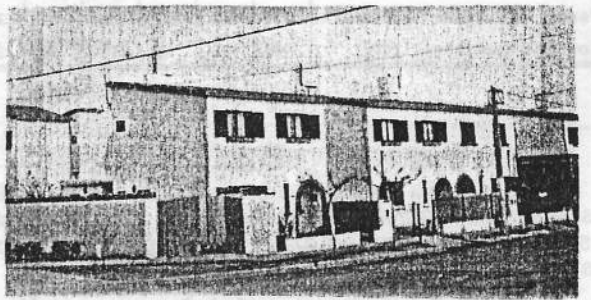
PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI AEROPUERTO



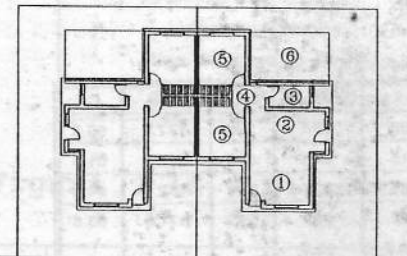
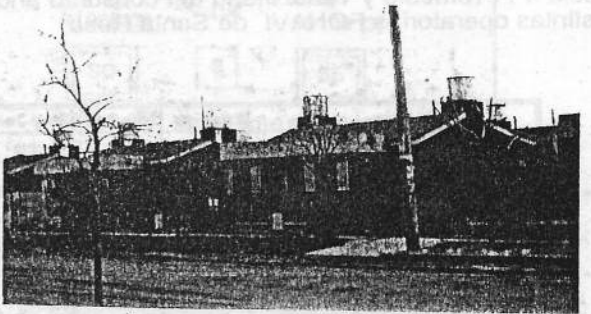
PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 25



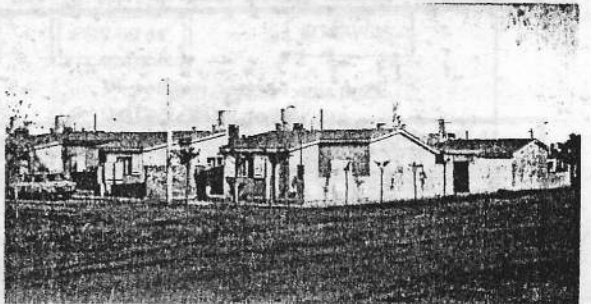
PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 34 (DUPLIX)



PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 34



PLANTA TIPO - OPERATORIA FONAVI 35



REFERENCIAS:

- 1 - COMEDOR 2 - COCINA 3 - BAÑO 4 - PASO 5 - DORMITORIO 6 - AMPLIACION

Fig. 1 - Conjuntos Habitacionales

Resultados y Discusión

La Tabla 3 muestra el comportamiento mensual y anual, y la variabilidad estadística de los consumos promedios de energía eléctrica para las distintas operatorias consideradas. La variabilidad es mayor en los meses de Junio y Julio, pero el bajo coeficiente de variación en el consumo promedio anual indican una baja variabilidad estacional en los consumos. Existe una variabilidad estadística entre operatorias, condicionada por el consumo de las viviendas de mayor superficie, que se diluye al considerar el consumo promedio anual total de la muestra.

Tabla 3 : Promedio y variabilidad del consumo anual y mensual medido de energía eléctrica (Kwh) para distintas operatorias FONAVI de Santa Rosa

Operatoria	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	X	STD	CV
AEROPUERTO (casa 2 dormit)	126	129	125	120	119	114	105	110	109	110	109	115	116	7.5	6.5
AEROPUERTO (casa 3 dormit)	172	180	172	161	158	145	142	152	146	156	136	154	156	12.8	8.2
FONAVI 34 (casa 2 dormit.)	132	129	109	114	112	113	122	117	107	110	103	116	115	8.2	7.1
FONAVI 34 (duplex 4 dormit)	151	168	155	180	176	185	216	163	150	157	166	156	169	18.0	10.7
FONAVI 35 (casa 2 dormit)	118	116	122	125	173	142	141	140	126	115	104	117	128	17.5	13.7
FONAVI 35 (casa 3 dormit)	137	152	154	157	178	190	164	147	140	139	126	142	152	17.4	11.4
FONAVI 25 (casa 2 dormit)	123	130	118	130	114	104	105	112	110	112	113	119	116	8.2	7.1
Promedio Mensual (X)	137	143	136	141	147	142	142	134	127	128	122	131	136	7.2	5.3
Desvio Standard (STD)	17	22	22	23	29	32	36	20	17	20	21	17			
Coef. de Variacion (CV)	13	15	16	16	19	23	25	15	14	16	17	13			

La Tabla 4 muestra los consumos promedios bimestrales y anuales del gas natural para las distintas operatorias evaluadas, la diferencia en las fechas de los periodos analizados responde exclusivamente a un problema operativo de la compañía que registra los consumos de los usuarios.

Tabla 4 : Promedio y variabilidad del consumo anual y bimestral medido de gas natural (m3) para distintas operatorias FONAVI de Santa Rosa

Operatoria	Ene-Feb	Mar-Abr	May-Jun	Jul-Ago	Sep-Oct	Nov-Dic	X	STD	CV
AEROPUERTO (2 dormitorios)	79	93	329	470	245	117	222	142.4	64.1
AEROPUERTO (3 dormitorios)	88	102	302	423	243	125	214	121.5	56.8
FONAVI 35 (2 dormitorios)	38	68	422	418	372	89	234	170.9	72.9
FONAVI 35 (3 dormitorios)	62	64	555	470	470	124	219	214.7	68.3
Promedio Bimestral (X)	67	89	402	437	334	113	240	154.2	64.1
Desvio Standard (STD)	18.9	12.8	99.1	23.4	97.3	14.7			
Coefficiente de Variacion (CV)	28.2	14.4	24.6	5.4	29.1	12.9			

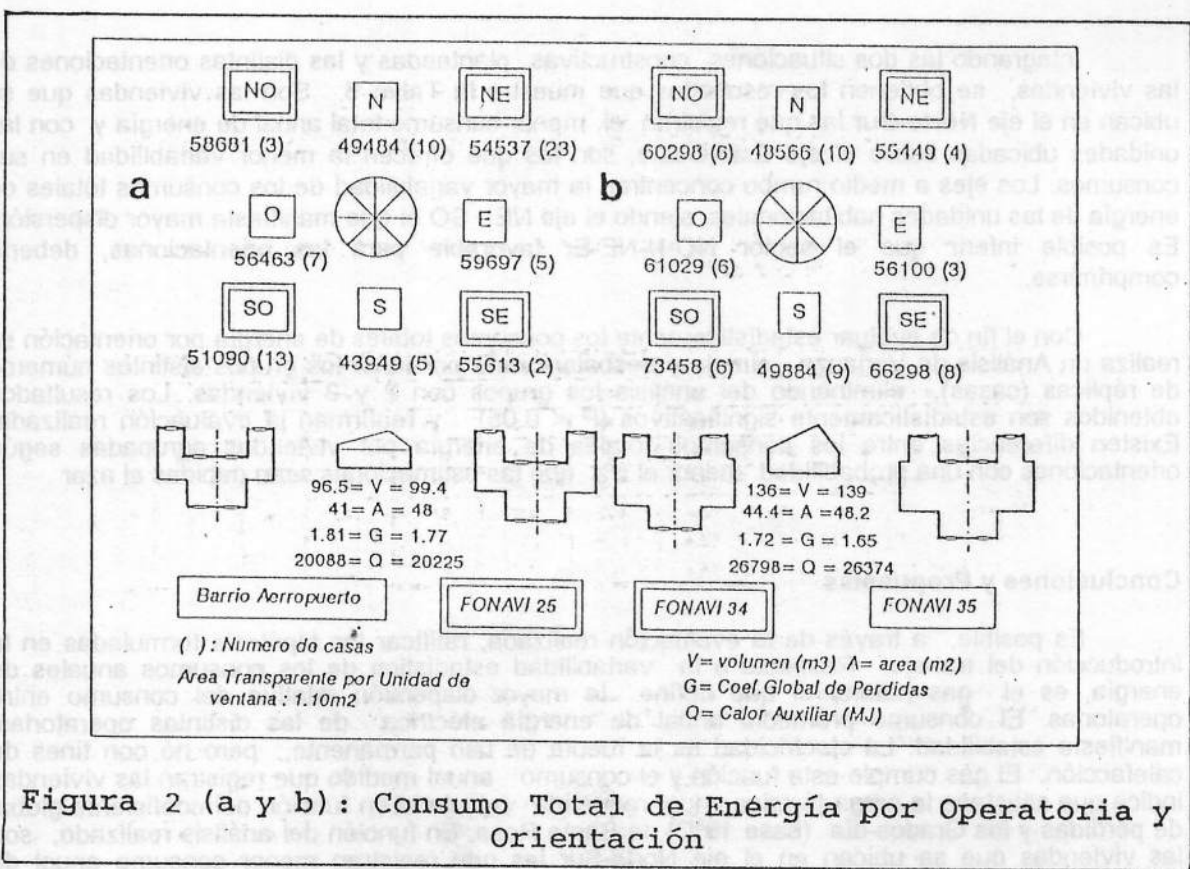
Operatoria	Dic-Ene	Feb-Mar	Abr-May	Jun-Jul	Ago-Sep	Oct-Nov	X	STD	CV
FONAVI 34 (2 dormitorios)	86	88	186	518	496	224	266	177.3	66.6
FONAVI 34 (duplex 4 dorm.)	116	115	251	610	615	318	338	207.2	61.4
FONAVI 25 (2 dormitorios)	77	81	136	422	351	177	207	132.7	64.0
Promedio Bimestral (X)	93	95	191	517	487	240	270	171.9	63.6
Desvio Standard (STD)	16.7	14.7	47.1	76.8	108.0	58.7			
Coefficiente de Variacion (CV)	17.9	15.5	24.6	14.9	22.2	24.5			

El consumo de gas natural refleja un comportamiento muy diferente al correspondiente a energía eléctrica en cuanto a su variación estacional. La variabilidad en los consumos promedios bimestrales entre las distintas operatorias disminuye hacia los meses más rigurosos, a mayor consumo menor es el coeficiente de variación. Ante situaciones climáticas rigurosas, la mayoría de los usuarios responderían a ellas con un consumo similar de gas natural, excepto la operatoria FONAVI 34 tipo Dúplex de cuatro dormitorios que presenta un valor superior al resto de las viviendas. La incorporación del tercer dormitorio en viviendas tipo casa, que pertenecen a la misma operatoria no significa un aumento en la cantidad de fluido consumido, más aún, se observa en la Tabla 4, una pequeña disminución.

Integrando el comportamiento de ambas fuentes de energía resulta una variabilidad en los consumos de energía eléctrica y gas natural entre operatorias. Hay variabilidad en los consumos promedios anuales del gas natural y no en la energía eléctrica.

Consumos Energéticos Anuales según Operatoria y Orientación.

Tipologías similares de viviendas, con detalles de cubiertas diferentes, con dos dormitorios, y con distintas orientaciones de las zonas de estar comedor, son integradas para su análisis. Se evalúan en primer lugar las unidades correspondientes a las operatorias, AEROPUERTO y FONAVI 25 con cubiertas de chapa, cielorraso armado sin aislación y ático ventilado (K:1.02) y FONAVI 34 y 35 con cubierta de losa y sombrilla cerámica, sin cielorraso (K: 1.316).



El análisis energético del barrio AEROPUERTO, manifiesta con claridad dos situaciones, las viviendas localizadas sobre el eje N-S y E-O. El consumo total anual de energía de las ubicadas sobre el eje N-S es el 20% inferior al eje E-O. Las viviendas de la operatoria FONAVI 25, implantadas a medio rumbo, muestran una diferencia de los consumos anuales totales, según el eje NO-SE y NE-SO, del 8%. (Figura 2a)

Para el FONAVI 35, las unidades ubicadas sobre el eje N-S consumen un 16% menos de energía total anual que las localizadas sobre el eje E-O. La Operatoria FONAVI 34, con las mismas características tipológicas y tecnológicas del conjunto habitacional FONAVI 35 e implantadas a medio rumbo, muestran que las viviendas sobre el eje NE-SO es apenas un 1,8% inferior a las emplazadas sobre el eje NO-SE. (Figura 2b)

Tabla 5 : Consumo total de energía de las distintas operatorias según la orientación.

Ejes de edificación	Operatoria FONAVI	Consumo total anual de energía		nº de viviendas
		Promedio (MJ/año)	C.V.(%)	
NO - SE	25 y 34	60.225,5	6.5	19
N - S	Aeropuerto y 35	47.970,7	4.9	34
NE - SO	25 y 34	58.635,5	14.9	46
O - E	Aeropuerto y 35	58.322,0	3.6	21

Integrando las dos situaciones constructivas planteadas y las distintas orientaciones de las viviendas, se obtienen los resultados que muestra la Tabla 5. Son las viviendas que se ubican en el eje Norte-Sur las que registran el menor consumo total anual de energía y con las unidades ubicadas sobre el eje Este-Oeste, son las que ofrecen la menor variabilidad en sus consumos. Los ejes a medio rumbo concentran la mayor variabilidad de los consumos totales de energía de las unidades habitacionales, siendo el eje NE - SO el que manifiesta mayor dispersión. Es posible inferir que el sector NO-N-NE-E, favorable para las orientaciones, debería comprimirse.

Con el fin de evaluar estadísticamente los consumos totales de energía por orientación se realiza un Análisis de Varianza, simple y desbalanceado por tener los grupos distintos números de réplicas (casas), eliminando del análisis los grupos con 2 y 3 viviendas. Los resultados obtenidos son estadísticamente significativos ($P < 0.05$) y reafirman la evaluación realizada. Existen diferencias entre los consumos totales de energía por viviendas agrupadas según orientaciones con una probabilidad menor al 5% que las estimaciones sean debidas al azar.

Conclusiones y Propuestas

Es posible, a través de la evaluación realizada, ratificar las hipótesis formuladas en la introducción del trabajo. Respecto a la variabilidad estadística de los consumos anuales de energía, es el gas natural el que define la mayor dispersión relativa del consumo entre operatorias. El consumo promedio anual de energía eléctrica de las distintas operatorias, manifiesta estabilidad. La electricidad es la fuente de uso permanente, pero no con fines de calefacción. El gas cumple esta función y el consumo anual medido que registran las viviendas indica que satisface la carga térmica anual requerida calculada en función del coeficiente global de pérdidas y los Grados-día (base 18°C) de Santa Rosa. En función del análisis realizado, son las viviendas que se ubican en el eje Norte-Sur las que registran menor consumo anual de energía.

Para la zona en estudio y dentro del marco de las características constructivas adoptadas por el Instituto Provincial de la Vivienda, la orientación debería considerarse como una de las variables de diseño en la planificación de los conjuntos habitacionales.

Optimizar el asoleamiento en invierno del espacio (interior y exterior) y su protección en el período estival, deberían ser pautas de diseño con el fin de eficientizar el consumo de energía y mejorar las condiciones de habitabilidad de la vivienda. El aprovechamiento de las brisas de verano para el refrescamiento natural y la protección de las viviendas de los vientos del sudoeste en el invierno, frecuentes y persistentes en la zona, deberían ser también premisas de diseño.

Sin bien en el presente trabajo se ratifican las hipótesis planteadas, se consideran estos resultados como una primera aproximación. Se deberán iniciar evaluaciones térmicas y encuestas socio-económicas con el fin de evaluar otros indicadores que hacen al consumo de energía en cada vivienda.

Bibliografía

- [1] CZAJKOWSKI, J. y GOMEZ, A. (1994). Introducción al Diseño Bioclimático y la Economía Energética Edilicia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 160p.
- [2] EVANS, M. y de SCHILLER, S. (1991). Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Secretaría de Extensión Universitaria., Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Bs.As., Argentina, 187p.

INTRODUCCION

La motivación para realizar este estudio fue la exposición del trabajo premiado en el Concurso Regional de Anteproyectos para el "Centro Cívico, Administrativo y Cultural de la Ciudad", en el patio central de nuestra Facultad, pero sobre todo las declaraciones de uno de los ganadores en el principal diario de nuestra ciudad, "La Gaceta", el 27 de Noviembre de 1995, diciendo: "Al terreno lo conocimos recién hoy reconocía Napimá, el 15 de Octubre", y creo que esa fue nuestra principal ventaja, ya que el resto de los trabajos se alaron a lo vivido en el lugar y estar allí más condicionados. En realidad, los criterios de selección fueron más prácticos. Para declaración efectiva que dicho artículo fue el título:

"GUBERNACIÓN CIVILIZADA a ventaja de no conocer el lugar físico"

Nos preocupó mucho este artículo dado que lo constata para ciertos contextos las materias de grado y postgrado que dictamos en el Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-UNT, se fundamenta justamente en el conocimiento preciso del sitio y clima de un lugar, entendiendo a los mismos como materiales condicionantes y en algunos casos determinantes de la obra arquitectónica.

Si bien S.M. de Tucumán no tiene un clima extremo, las condiciones exteriores, sobre todo de verano, son importantes de considerar si se tiene en cuenta el gasto energético que va a