

## NECESIDAD DE CALEFACCIÓN EN LA REGIÓN CENTRO OESTE DEL PAÍS, SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

R. Solares ; A. Fasulo ; L. Odicino

Laboratorio de Energía Solar  
Universidad Nacional de San Luis  
Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis  
Te: (0652) 23789 int. 103 ,Fax 30224 ,e-mail solar@unsl.edu.ar

### RESUMEN

Se determina para siete localidades del centro oeste del país las necesidades de calefacción en función de las direcciones de los vientos y las calmas para los meses de abril a setiembre, a partir de los datos climáticos de la década 1981-1990 generados por el Servicio Meteorológico Nacional. Se emplean para los cálculos dos procedimientos: Mediante uno de éstos, se calculan los grados días de calefacción, GDC y el otro empleando el programa Psicro, que permite chequear los resultados obtenidos.

### INTRODUCCIÓN

Ya que un edificio puede considerarse como un intercambiador de calor entre el medio externo y el interno, es necesario conocer como varían las condiciones externas y específicamente como varían con el viento, y como éstas varían de una localidad a otra.

En el presente trabajo se mejora el análisis hecho para San Luis en un trabajo previo R.Solares et Al, 1996, y se extiende a seis localidades de la región centro oeste del país. Para ello utilizamos el programa PSICRO que es un software desarrollado por D.Saravia, 1991. Se toma la diferencia de entalpía con el borde de la zona de confort ubicada a los 18 °C. Esta diferencia de entalpía es la cantidad mínima necesaria de calor que se debe introducir a la casa (el programa calcula la entalpía por kg de aire seco) para llevarla desde una temperatura por debajo de los 18 °C a 18 °C, temperatura que se considera de confort. Los datos que se introducen en el programa utilizado se seleccionan según los cuatro cuadrantes de la rosa de los vientos o sea:

Cuadrante Norte: engloba las direcciones 32, 34, 36, 2 y 5. Cuadrante Este: engloba las direcciones 7, 9, 11  
Cuadrante Sur: engloba las direcciones 14, 16, 18, 20, 23. Cuadrante Oeste: engloba las direcciones 25, 27, 29

Donde los números indican la dirección de donde viene el viento en grados, medidos desde el norte. Así 9 se interpreta como 90° y corresponde al este y 36 es 360° corresponde el norte.

### METODOLOGÍA

Para establecer las necesidades de calefacción en una dada localidad disponemos de dos procedimientos: A) Grados días de calefacción (GDC), es un índice climático que se calcula de una manera simple, para cada mes se toman de la base de datos las temperaturas (T) (menores a una temperatura base (Tb) dada, que puede ser de 18 °C) para cada hora, luego se hacen las diferencias (Tb - T) para cada uno de los datos, se suman y se tiene los grados días de calefacción horarios. Ahora se suman estos y se tienen los GDC para ese mes. Este método se ha empleado anteriormente para San Luis: A Fasulo et Al 1996.

Si en vez de tomar la suma sobre las diferencias de temperaturas se toma el promedio  $\Delta T_{med}$  (manteniendo la condición de exclusión de los datos que no cumplan la condición  $T < T_b$ ) entonces como la diferencia de entalpía ( $\Delta H$ ) es igual a la capacidad calorífica del aire a presión constante ( $C_p$ ) por la diferencia de temperaturas o sea  $\Delta H = C_p \Delta T_{med}$ , se puede convertir los grados días de calefacción en energía (considerando  $\Delta H$  en joules/kg de aire) lo convertimos en unidades de W-hr / Kg de aire.

B) Otra forma de calcular las necesidades de calefacción es utilizando un programa que calcule directamente la entalpía (H). Psicro es un programa que trabaja con una carta psicrométrica, para graficar un punto en él basta con dar dos datos (en nuestro caso la temperatura (T) y la humedad relativa (WR)), al graficar el punto el programa devuelve otros datos como ser entalpía (H por kg de aire) y la humedad absoluta (W en gr/Kg). Antes de introducir los datos al programa hay que tratarlos (T y WR) en la misma manera que en el primer procedimiento, esto es, se deben seleccionar tal que cumplan la condición  $T < T_b$ , entonces se toman los valores medios de temperatura y humedad relativa y se cuenta el número de días en que se cumple dicha restricción.

Con estos datos se gráfica un punto en el Psicro para cada mes, pero como nuestro objetivo es encontrar la diferencia de entalpía  $\Delta H$ , y el programa calcula la entalpía (Hdato) y la humedad absoluta (Wdato) para el primer punto entonces gráfico un segundo punto en el borde de la zona de confort con los datos  $T = 18$  °C y  $W = W_{dato}$  (del primer punto), se trabaja a humedad absoluta cte, ahora se tiene la entalpía en la zona de confort (Hzc), luego calculamos:  $\Delta H = H_{dato} - H_{zc}$  que es la cantidad de energía para llevar a 18 °C un Kg de aire seco.

Como  $\Delta H$  está en joules/kg, si multiplicamos por el número de días que se cumplió que  $T < T_b$  entonces se tiene la energía total para ese mes y la convertimos a W-hr/Kg. En este trabajo además diferenciamos los datos según los cuadrantes de direcciones de viento ya mencionados. Para cada mes hubo que introducir cuatro puntos mas un dato correspondiente a la calma. Se debe notar que los valores de energía que se obtienen (ver tabla 2) están normalizados por Kg de aire.

Para ver la equivalencia de ambos métodos tomamos un ejemplo para San Luis con los vientos del cuadrante norte y en los meses de junio y julio ( tabla 1) . A partir de los valores de GDC se calcula la energía (E\*) multiplicando por  $C_p = 993 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$  y dividiendo por 3600 , si se lo compara con E que es obtenido con el Psicro, se ve la similitud de ambos métodos.

	GDC $^\circ\text{C-días}$	N DIAS	E* (W-hr)/ Kg	E (W-hr)/Kg
JUNIO	87.1	10.1	24.02	24.1
JULIO	87	9.5	23.9	237

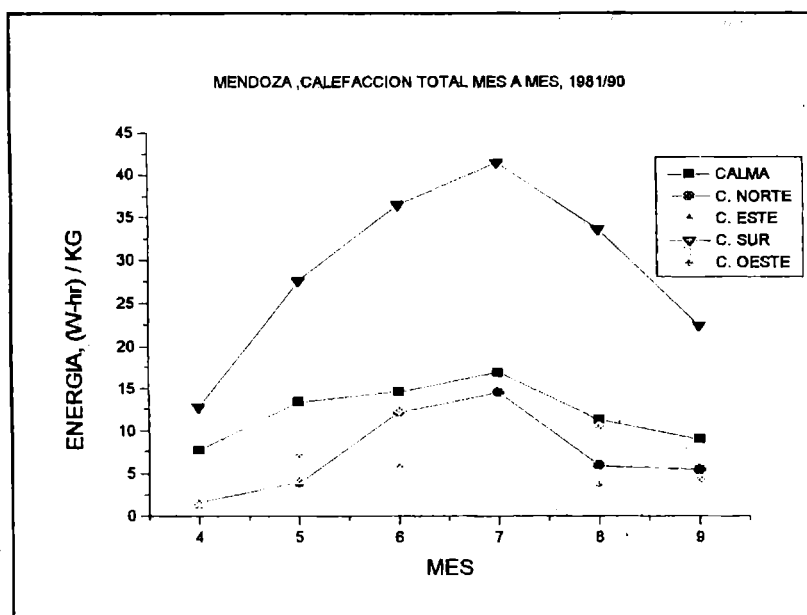
Tabla 1: valores comparativos de entalpía para los dos procedimientos.

## RESULTADOS

Como ejemplo del cálculo de necesidades de calefacción se muestra en la gráfica 1 los resultados para la localidad de Mendoza mes a mes para cada uno de los cuatro cuadrantes y la calma. Como no se dispone de más espacio para mostrar las demás localidades se optó por presentar los valores numéricos de cada una de ellas.

Los resultados para las siete localidades se muestran en la Tabla 2, que indica para cada mes, de abril a setiembre, la energía necesaria según cada uno de los cuadrantes, la calma y la energía total para cada mes.

Gráfica 1: necesidades de calefacción para Mendoza según cada cuadrante y calma.



MES		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SETIEM
LOC.	CUADR.	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)
SAN JUAN LAT 31.62 S LON 68,53 O ALT 618m	CALMA	14.2 (51.4)	35.8 (135)	43.6 (186)	48.1 (180)	31.2 (120)	21 (72)
	C. Norte	1 (3.2)	3.2 (13.9)	8.7 (36)	7.5 (3.4)	5.1 (21.7)	3 (13.3)
	C. Este	0.4 (1.4)	0.7 (1.3)	2.9 (6)	1.3 (5.6)	1.3 (3.3)	0.7 (2.5)
	C. Sur	6.9 (24.8)	13.4 (50.7)	27.7 (75.7)	36.4 (99)	26.7 (89)	18.2 (66.4)
	C. Oeste	1 (2.5)	3.1 (9.5)	3.8 (12.8)	3.3 (9)	2.4 (9)	0.8 (2.7)
	TOTAL	23.5 (83.3)	56.2 (210.4)	86.7 (316)	96.6 (326)	66.7 (253)	43.7 (156)
MZA LAT 32.83 S LON 68.78 O ALT 704m	CALMA	7.7 (32.7)	13.4 (63.6)	14.6 (76.7)	16.9 (76.9)	11.3 (54.6)	9.1 (38.7)
	C. Norte	1.7 (4.1)	4 (10)	12.2 (29.3)	14.5 (36.7)	5.9 (16.9)	5.5 (18.1)
	C. Este	1.1 (3.9)	4.2 (9.3)	5.9 (17)	5.4 (17)	3.6 (14.6)	3.8 (12)
	C. Sur	12.8 (44.4)	27.6 (101.6)	36.5 (136)	41.5 (152)	33.6 (120)	22.5 (83)
	C. Oeste	1.8 (6.2)	7.1 (25.3)	12.6 (47)	10.5 (36.5)	10.5 (31.3)	4.3 (15.1)
	TOTAL	25.1 (91.3)	56.3 (209.8)	81.9 (306)	88.7 (311)	65 (237.6)	45.2 (167)

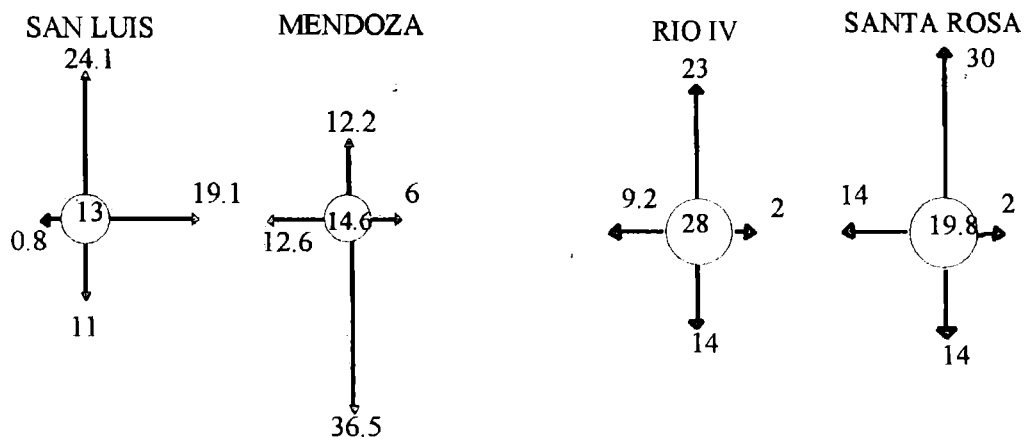
Tabla 2. Necesidad de calefacción en siete localidades del Centro Oeste del País, valores en W-hr por Kg de aire seco, según la dirección del viento por cuadrantes y valor total para cada mes, entre paréntesis los GDC.

SAN LUIS LAT 33.27 S LON 66.35 O ALT 713m	CALMA	5.8 (22.8)	10.5 (42)	13 (59.5)	17 (70.8)	11.8 (41)	7 (29.6)
	C. Norte	6.5 (25.2)	15 (58.7)	24.1 (87.1)	23.7 (87)	15.2 (61.1)	10.3 (38.5)
	C. Este	6.1 (21.4)	14.7 (48.4)	19.1 (73)	21.6 (79)	18.6 (65.1)	14.6 (48.6)
	C. Sur	4.2 (15.3)	7.2 (26.8)	11 (37.3)	12.1 (42.1)	10.8 (38.3)	9.7 (34)
	C. Oeste	2 (4.1)	0.5 (0.7)	0.8 (2.8)	2.5 (3.2)	0.9 (2.9)	0.8 (1.7)
	TOTAL	24.7 (91.3)	48 (176.6)	68 (259.7)	77 (283)	57.3 (208)	42.6 (152)
RIO IV LAT 33.08 S LON 64.27 O ALT 421m	CALMA	9 (27.6)	11.1 (50.3)	28 (75.5)	17.4 (67.4)	8.7 (57)	8.8 (30.9)
	C. Norte	9.5 (34.3)	17.8 (69.7)	23.2 (97.1)	35.6 (129)	25.7 (94.4)	19.4 (74.8)
	C. Este	0.6 (2.2)	0.7 (2.7)	2 (6.8)	1.6 (6.1)	2.1 (7.1)	1.6 (5.8)
	C. Sur	5.2 (18.9)	9.6 (34.9)	13.9 (47)	15.2 (49.9)	14.4 (49.5)	13 (44.6)
	C. Oeste	2.1 (8.3)	5.7 (21.3)	9.2 (33.2)	8.8 (33.5)	5.2 (21.6)	6.3 (20.7)
	TOTAL	26.5 (91.3)	44.9 (178.9)	76.4 (259)	78.5 (286)	56.2 (229)	49.2 (176)
SAN RAFAEL LAT 34.58 S LON 68.4 O ALT 749 m	CALMA	20.4 (76.7)	39.1 (135.4)	48.3 (179)	41.4 (181)	36.7 (134)	28.5 (107)
	C. Norte	2.7 (10.3)	5.4 (15.9)	10.2 (24)	10.7 (34.5)	9.1 (25.3)	6.8 (18.5)
	C. Este	0.7 (2.8)	2.2 (6)	2.2 (6)	2.9 (9.8)	3.2 (6.1)	2.8 (8.2)
	C. Sur	7.9 (31.6)	16.8 (61.2)	16.7 (70.6)	14.1 (66.3)	21 (79.7)	18.1 (66)
	C. Oeste	2.4 (8.5)	4.6 (19.2)	5.2 (28.1)	12.4 (31.2)	7 (20.5)	6.6 (16.7)
	TOTAL	34.2 (129.9)	68.1 (237.7)	82.6 (308)	81.6 (323)	77.1 (266)	62.8 (217)
VILLA REYNLD LAT 33.73 S LON 65.38 O ALT 486m	CALMA	22.9 (79.7)	41.1 (141.6)	50.6 (194)	56.3 (194)	45 (145.4)	19.2 (94.4)
	C. Norte	3.7 (19.3)	8.1 (37)	10.5 (52.9)	15.7 (58.3)	8.6 (44.5)	11.1 (37.2)
	C. Este	2 (8)	3.5 (12.9)	6.9 (27)	10 (27.2)	8.4 (26.7)	6.2 (21.2)
	C. Sur	3.9 (13.5)	5.7 (28.1)	8.7 (31.1)	12.3 (40.4)	11.1 (36)	11.2 (39.6)
	C. Oeste	1.4 (6.3)	2.7 (15.1)	4.1 (16.2)	4.8 (18.1)	3.6 (18.1)	2.6 (9.7)
	TOTAL	34 (126.8)	61.2 (234.7)	80.8 (321)	99.1 (338)	77.2 (270)	50.3 (202)
SANTA ROSA LAT 36.57 S LON 64.2 O ALT 189m 64,27 O	CALMA	8.2 (29.7)	15.1 (58)	19.8 (79.8)	14 (55.8)	12.2 (44.4)	4.9 (12.5)
	C. Norte	11.2 (42.6)	21.5 (80.2)	30.5 (107)	38.4 (138)	28.5 (106)	21.1 (82)
	C. Este	0.6 (8.6)	0.7 (11.3)	2 (19.1)	1.5 (20.8)	2.1 (21.1)	1.6 (22.9)
	C. Sur	5.2 (26.8)	9.6 (45.7)	13.9 (53.6)	15.2 (73.7)	14.4 (67.5)	13 (59.3)
	C. Oeste	4.6 (17.1)	9.7 (40.1)	14.3 (56.2)	12.5 (50.1)	8.8 (36)	5.6 (22.5)
	TOTAL	29.8 (124.8)	56.7 (235.4)	80.6 (315)	81.7 (338)	66.1 (275)	46.2 (205)

Tabla 3. Necesidad de calefacción en siete localidades del Centro Oeste del País, valores en W-hr por Kg de aire seco, según la dirección del viento por cuadrantes y valor total para cada mes, entre paréntesis los GDC.

#### APLICACIÓN

Como una aplicación de esta tabla vamos a construir una rosa de necesidades de calefacción para el mes de junio para San Luis, Mendoza, Río Cuarto y Santa Rosa. Pondremos en el centro las necesidades de calefacción cuando hay calmas y en cada dirección una flecha de longitud proporcional a la necesidad de calefacción como se ve en gráfica 2 donde ubicamos hacia arriba la dirección norte, hacia la izquierda la este, etc.



**GRAFICA 2. Rosa de necesidades de calefacción en el mes de junio para cuatro localidades.**

Las gráficas nos permiten visualizar rápidamente las necesidades de calefacción para cada una de las localidades que figuran en la tabla 2. De igual forma se podrán construir para las otras localidades, por ejemplo para San Rafael y Santa Rosa:

**SAN RAFAEL:** la calma domina la necesidad de calefacción de abril a setiembre, casi el 50 %, le siguen los vientos del cuadrante sur. Los vientos del cuadrante este son los de menor aporte.

**SANTA ROSA:** los vientos del cuadrante norte dominan la necesidad de calefacción de abril a setiembre. Los vientos del cuadrante este son los de menor aporte energético.

#### CONCLUSIONES

Disponemos de una herramienta que nos permite calcular las necesidades de calefacción de edificios donde la orientación juega un papel fundamental.

#### BIBLIOGRAFÍA

R. Solares, A. Fasulo y L. Odicino - Variaciones de variables climáticas en la región de San Luis - Actas de ASADES Vol. I, pp 02.33 a 02.36, 1996.

D. Saravia - Desarrollo de una calculadora psicrométrica - Actas de ASADES Vol. II, pp 439 a 442, 1991.

A. Fasulo, C. Esteban, D. Perelló y R. Solares - Variables Ambientales para la Aplicación de la Energía Solar en San Luis - Anales de la AFA, Vol. 6, pp 398 a 401, 1994.