

## **CALCULO DE LA TEMPERATURA DE DISEÑO DE INVIERNO**

**Alfredo Esteves, Daniel Gelardi**

**Instituto de Estudios para el Medio Ambiente (IEMA)  
Universidad de Mendoza**

**P. Moreno 2397 - Godoy Cruz 5501 - Mendoza - Tel./Fax: 54 (0) 261 4392939  
e-mail: alfredo.esteves@um.edu.ar ó daniel.gelardi@um.edu.ar**

### **RESUMEN**

Cuando se quiere utilizar los recursos energéticos renovables para el acondicionamiento térmico de edificios, es necesario contar con un balance térmico ajustado, de manera que el costo de los sistemas solares no sea excesivo y a la vez, sea suficiente para cubrir las necesidades de calefacción. Se presenta en el trabajo una metodología aplicable a localidades que podrían no tener un registro termométrico minucioso para calcular la temperatura de diseño de invierno, necesaria en la determinación de la potencia de calefacción del edificio. La misma se realiza en función de los grados-día del lugar. Se evalúan los valores obtenidos con las temperaturas obtenidas al considerar las temperaturas hora a hora para varias localidades de Estados Unidos y Canadá, arrojando un índice de correlación de 0.9526. Se incluye además una expresión de las temperaturas de diseño de invierno en función de los grados-día de calefacción cuyo índice de correlación es de 0.81 que permite obtener aquél cuando no disponemos de los datos de temperatura mínima para el mes más crítico del año.

### **INTRODUCCION**

Cuando se quiere implementar sistemas solares pasivos de calefacción en edificios, desde el punto de vista técnico-económico, se deben incorporar sistemas de calefacción auxiliar para hacer uso de ellos en el momento en que la energía solar no se dispone, ya sea, por la alta nubosidad reinante o porque existe radiación solar importante pero las temperaturas son extremadamente bajas, necesitando de un aporte auxiliar.

El cálculo de la potencia de calefacción a instalar en un edificio, ubicado en una localidad determinada, puede realizarse de acuerdo a la norma IRAM 11604. Para esto hace falta contar con: el coeficiente global de pérdidas, el volumen del edificio, la temperatura de confort interior y la temperatura de diseño de invierno.

El coeficiente global de pérdidas es una figura que depende de varias figuras: la conductancia de cada elemento, se obtiene de multiplicar la conductancia de cada elemento (muros, techo, ventanas, puertas, etc) por su superficie, de las pérdidas por infiltraciones que a su vez depende del tipo de carpintería y las pérdidas por fundaciones que se tienen en cuenta con el perímetro del edificio.

El volumen del edificio, así como las superficies de cada elemento se puede obtener fácilmente una vez determinada su forma. Esta podría luego optimizarse utilizando el Factor de Area Envolvente Piso (FAEP) debidamente indicado en Esteves et al., 1997.

La temperatura de confort interior dependerá del nivel de metabolismo (met) y el nivel de vestimenta que desarrollan las personas que ocupan el local, de acuerdo a la relación indicada en Goulding et al., 1994.

Los valores TDI - Temperatura de Diseño de Invierno, dependen del lugar, así mientras más fría es la localidad menor será la TDI. El valor para una determinada localidad puede obtenerse de la Norma IRAM 11603. La temperatura de diseño de invierno se obtiene en este caso restando 4.5°C al valor de temperatura mínima para el mes más frío. La Tabla 1 indica para varias localidades del país, los valores de Grados-Día para una Temperatura Base de 18 °C (GD18), la temperatura mínima media (TMIM) y la temperatura de diseño de invierno (TDI) para la misma localidad.

**Tabla 1:** valores característicos para diferentes localidades de Argentina

	<b>GD18</b>	<b>TMIM</b>	<b>TDI -IRAM</b>
<b>Esquel</b>	3060	-3.1	-7.6
<b>Trelew</b>	1638	1.5	-3
<b>Azul</b>	1701	2.6	-1.9
<b>Santa Rosa</b>	1290	1.7	-2.8
<b>Victorica</b>	1245	1.5	-3
<b>Cristo Red.</b>	7128	-11.1	-15.6
<b>Mendoza</b>	1245	3.4	-1.1
<b>Chos Malal</b>	1827	0.9	-3.6
<b>Las Lajas</b>	2121	-0.8	-5.3
<b>Cipoletti</b>	1674	0.3	-4.2
<b>Bariloche</b>	3240	-1.1	-5.6
<b>San Juan</b>	996	1.4	-3.1
<b>San Luis</b>	924	2.7	-1.8
<b>Río Gallegos</b>	4032	-2.7	-7.2
<b>Ushuaia</b>	4500	-1.4	-5.9
<b>Buenos Aires</b>	1035	6.9	2.4
<b>Balcarce</b>	1617	3.3	-1.2
<b>Junin (B.A.)</b>	1050	4.7	0.2
<b>Patagones</b>	1485	2.5	-2
<b>Tres Arroyos</b>	1638	2.8	-1.7
<b>Com.Rivadavia</b>	2154	3.1	-1.4
<b>La Quiaca</b>	3096	-7.4	-11.9
<b>Gral.Acha</b>	1320	1.1	-3.4

Como se puede apreciar, la TDI se obtiene de restar 4.5°C a la Temperatura mínima media para el mes más crítico del año. Este algoritmo da valores bastante razonables, teniendo en cuenta localidades con climas fríos no rigurosos, es decir, con grados día de calefacción para TB 18°C, menores de 2700 °C.día/año. Pero para localidades más frías, particularmente como Puente del Inca o Cristo Redentor de la provincia de Mendoza, este algoritmo da valores de TDI que se consideran muy conservativos, arrojando valores de potencia de los artefactos insuficientes.

Es importante tener en cuenta que para un nivel dado de coeficiente global de pérdidas, por cada 1000 W/°C, o para el caso de una vivienda con  $G= 2.5 \text{ W/m}^3 \cdot \text{°C}$  y un volumen de 400 m<sup>3</sup>, una diferencia en la TDI de 1°C, genera una potencia de la estufa de 1000W menor, mientras que para 4°C genera un valor de potencia 4000W menor. El problema se agrava cuando estamos considerando edificios de mayor tamaño, donde su volumen aumenta y consecuentemente el cálculo térmico para la potencia de calefacción podría resultar aún más baja.

En el presente trabajo se presenta una metodología para el cálculo de la TDI, que está en función de los valores mismos de la temperatura del lugar, obteniéndose de este modo un método más consistente. Se presenta además una metodología para obtener los valores de TDI en función de los grados día de la localidad que tiene un índice de correlación importante ( $R^2 = 0.81$ ), que puede ser adoptado para su utilización en programas de balance térmico de invierno y es aplicable sobretodo cuando no se cuenta con los valores de temperatura mínima del lugar para el mes más crítico.

## **METODO PROPUESTO**

Es importante entonces determinar las TDI a través de una metodología más apropiada que tenga en cuenta los valores propios de temperatura de cada localidad. La propuesta debería ser utilizar los datos de temperatura horarios y determinar estadísticamente los valores que cubran el 97.5% de los casos, dejando el 2.5% restante fuera del cálculo de potencia, es decir, que los días en que las temperaturas estén por debajo del valor del TDI, la potencia del artefacto será insuficiente. Sin embargo, la cantidad de estos días son pocos y si quisiéramos tenerlos en cuenta, aumentaría el costo fijo de calefacción con muy poco uso anual.

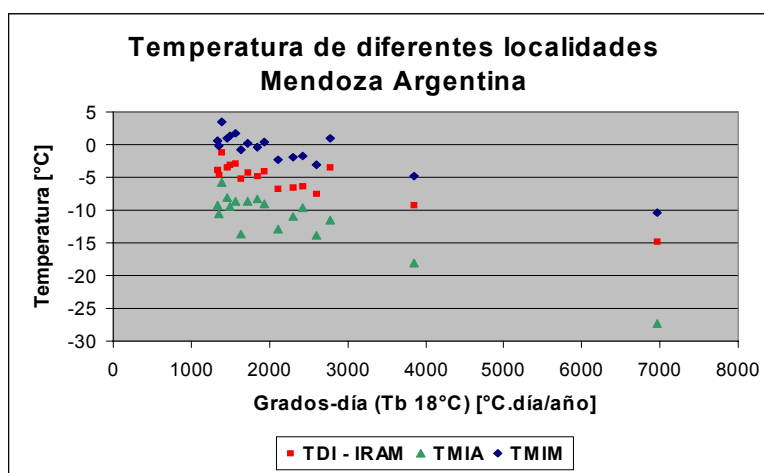
Cuando no se tienen los datos necesarios (temperaturas horarias), podemos utilizar otros recursos. En este caso se propone utilizar el algoritmo siguiente: el valor del TDI se calcula como la semisuma de la temperatura mínima media y la temperatura mínima absoluta.

### EVALUACION DEL METODO

Para la evaluación del método se propone utilizar los valores de TDI de 18 localidades de Estados Unidos y Canadá cuyos valores de temperatura aparecen en el programa Energy 10 desarrollado en el SERI, Colorado. La Tabla 2 muestra los valores de temperaturas mínimas para el mes más crítico del año y los valores de TDI obtenidos para estas localidades a través de las temperaturas horarias. Además aparece los valores del TDI obtenidos por medio del método propuesto (TDIP).

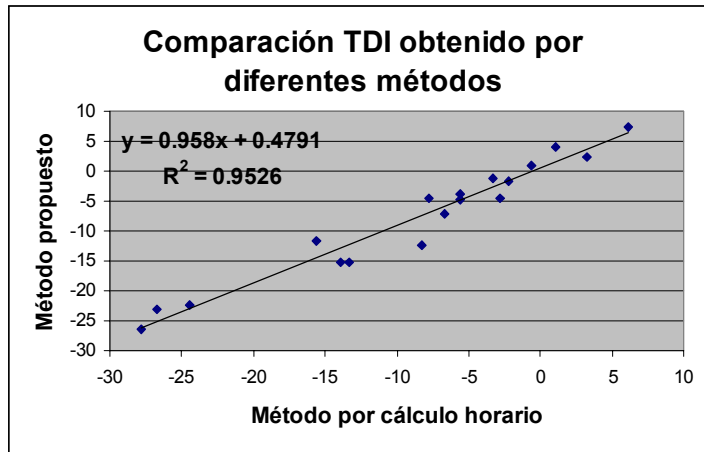
**Tabla 2:** Valores característicos de localidades de Estados Unidos y Canadá

	TMIM	TMIA	TDI	TDIP
Atlanta	0	-9.4	-5.6	-4.7
columbia	-7.3	-16.1	-15.6	-11.7
Charleston	1.7	-10.6	-2.8	-4.45
Denver	-7.3	-23.3	-13.3	-15.3
Eagle	-14.1	-32.2	-26.7	-23.15
Fargo	-18	-35	-27.8	-26.5
Fortworth	1.5	-8.9	-5.6	-3.7
Hartford	-9.2	-21.1	-13.9	-15.15
Lake Charles	4.9	-2.8	-0.6	1.05
Las Vegas	1.1	-4.4	-2.2	-1.65
Los Angeles	9.2	5.6	6.1	7.4
Memphis	1	-10	-7.8	-4.5
Mineapolis	-16.8	-27.8	-24.4	-22.3
Phoenix	7	1.1	1.1	4.05
Raleigh, NC	-2.1	-12.2	-6.7	-7.15
San Fco, Ca	4.7	0	3.3	2.35
Seattle, Wa	1.9	-4.4	-3.3	-1.25
Sterling, Vi	-6.9	-17.8	-8.3	-12.35



**Figura 1:** valores de temperaturas mínimas y TDI para localidades de Mendoza

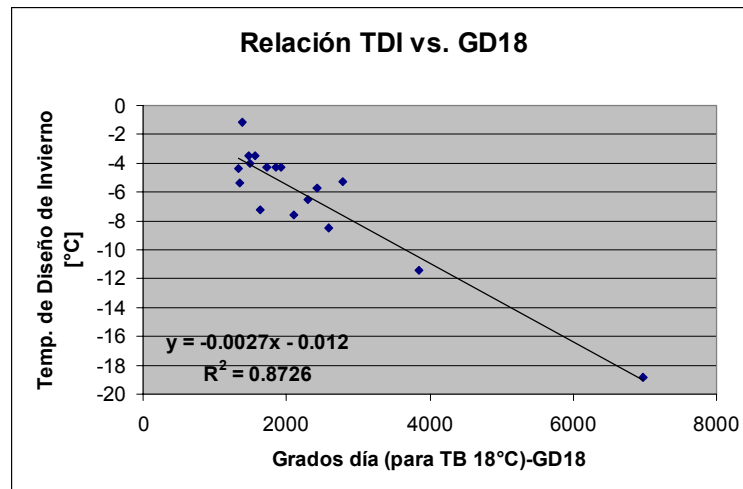
La Figura 2, expone la comparación entre los valores de TDI obtenidos a través del cálculo horario y el obtenido con la metodología propuesta. Como se puede observar el valor del índice de correlación  $R^2$  resulta de 0.9526. Se tiene mayor dispersión en los valores cercanos a  $-10^\circ\text{C}$ . Podrían incluirse un número mayor de localidades, sin embargo, el coeficiente logrado es suficientemente elocuente de la vigencia del método propuesto.



**Figura 2:** comparación del método propuesto con el cálculo horario de la TDI

### Relación entre TDI y los grados-día de calefacción

Una relación que podría ser interesante de utilizar es la relación entre TDI y los grados día de calefacción (GD18). En la Figura 4 se pueden observar los valores obtenidos. La curva de ajuste arroja un índice de correlación de 0.81, valor interesante de utilizar cuando no contamos con valores de temperaturas mínimas del mes más crítico del lugar. El utilizar los grados-día de calefacción nos ayuda a obtener de este modo no solamente la potencia de calefacción (a través del TDI) sino también el consumo de energía auxiliar anual.



**Figura 3:** Relación entre los valores de TDI v los grados-día de calefacción

Si los valores de grados -día de calefacción no se tienen y si los valores de temperatura media mensual, se pueden calcular aquellos mediante la metodología indicada en Erbs et al., 1987.

### CONCLUSIONES

Se presenta una metodología para calcular la Temperatura de Diseño de Invierno, válida cuando no se disponen de datos hora a hora para realizar el cálculo de la misma. La metodología basada en las temperaturas mínimas del mes más crítico del año,

demuestra ser consistente con la metodología de cálculo horario ( $R^2 = 0.95$ ) al compararla con el método de calcular la TDI mediante los valores horarios de temperatura del lugar. Para eso se utilizó valores publicados de TDI de 18 localidades de Estados Unidos y Canadá.

Se presenta también una expresión que relaciona los valores de TDI con los grados-día de calefacción del lugar, válida de utilizar cuando no disponemos de datos de la temperaturas mínimas del lugar. El índice de correlación obtenido en este caso alcanza  $R^2=0.81$ , lo que justifica su uso con suficiente grado de exactitud. Como se puede observar, la mayor dispersión aparece en localidades con TDI bajos, lo que implica baja potencia de calefacción, por lo tanto, con baja incidencia de error.

#### **ABSTRACT**

In order to use renewable energy for heating buildings it is necessary to count on thermal gains and losses. This it is necessary to balance the cost of solar system. In this work it is presented a simple methodology that is interesant to apply in localities without detailed temperature data. The method could be to calculate in an hourly base, the design temperature. In this work the methodology to apply is utilize only the minimum average and absolute temperatures for the more cold mounth of the year. This methodology is evaluated with design temperatures defined for 18 localities of USA and Canadá, and the  $R^2$  obtained is 0.9526. An expresion of design temperatures vs. heating degree day are included, the  $R^2$  for this last case is 0.81 and allow to obtain design temperatures when we do not have the minimum temperatures data.

#### **REFERENCIAS**

- Esteves A., Gelardi D., Oliva A. 1997. The Shape in Bioclimatic Architecture. II International Conference for Teachers of Architecture. Cap. 3-12. Ed. Alinea. Italia.
- D.G. Erbs (1987). "Degree Day for Variable Base Temperatures". Proceedings of International Solar Energy Society (ISES). Vol. N° 6, pp. 387-391. Ed. J. Hages and W.Kollar.
- Goulding J.R., Owen Lewis J., Steemers T.C.1994. Energy in Architecture - The European Passive Solar Handbook. Cap 4: Thermal Comfort, pp. 63. School of Architecture. University of Dublin. IRL.
- Stein B., Reynolds J.S. 1992. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. J.Wiley, 8va. Edition.
- Norma IRAM 11603. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales.
- Norma IRAM 11604. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales.