

Procesamiento de información meteorológica para el Etiquetado de Viviendas

Nota Técnica SMN 2021-97

Mercedes Poggi¹, Fernando Nollas¹, María de los Milagros Skansi¹, José Luis Stella¹ y Martín Tervidovicius²

¹ *Dirección Central del Monitoreo del Clima, Servicio Meteorológico Nacional*

² *Dirección de Energías Renovables, Secretaría de Energía, Ministerio de Economía*

Julio 2021

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen:

El presente trabajo constituye una colaboración entre el Servicio Meteorológico Nacional y la Dirección de Energías Renovables, perteneciente a la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía, en función de los requerimientos y necesidades de este último. El objetivo principal del estudio consistió en caracterizar el comportamiento diurno térmico y radiativo de tres días representativos de cada mes del año. Con esta información se calcularon la radiación solar incidente y la posición del sol sobre superficies con cuatro inclinaciones y ocho orientaciones, así como también diversos factores específicos establecidos por la Norma ISO 13790:2008. Los resultados de este trabajo se utilizarán para la configuración de las zonas climáticas en el aplicativo informático nacional de Etiquetado de Viviendas, del que se obtienen las Etiquetas de Eficiencia Energética para viviendas.

Abstract:

This work is the result of a collaboration between the National Meteorological Service of Argentina and the Department of Renewable Energy, belonging to the Department of Energy of the Ministry of Economy, based on the requirements and needs of the latter. The main objective of the study was to characterize the thermal and radiative diurnal behavior of three representative days of each month of the year. With this information, the incident solar radiation and the position of the sun on surfaces with four inclinations and eight orientations were calculated, as well as several specific factors established by the ISO Standard 13790:2008. The results of this work will be used to configure climatic zones in the energy efficiency labelling software, from which Energy Performance Certificates for dwellings are obtained.

Palabras claves: Temperatura, Radiación solar, Norma ISO, Etiquetado de Viviendas.

Citar como: Poggi M., F. Nollas, M.M. Skansi, J.L. Stella y M. Tervidovicius, 2021: Procesamiento de información meteorológica para el Etiquetado de Viviendas. Nota Técnica SMN 2021-97.

1. INTRODUCCIÓN

La caracterización de las condiciones climáticas medias de temperatura y radiación constituye un aspecto de suma relevancia para diversos propósitos en varios campos de aplicación. En particular, los sectores de energía y construcción requieren de datos climáticos para la realización de múltiples cálculos. Entre ellos, se destaca el del Índice de Prestaciones Energéticas para el Etiquetado de Viviendas, que representa una estimación de la energía primaria que demanda la normal utilización de una vivienda, durante un año y por unidad de área, para satisfacer las necesidades asociadas a calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación (Secretaría de Energía, 2020).

Variabes como la temperatura media mensual, temperatura máxima y mínima de cada mes, radiación solar y trayectoria solar se tienen en cuenta para la construcción de viviendas energéticamente eficientes. Sin embargo, para ciertos estudios, es necesario disponer de valores medios de temperatura y radiación en menores escalas temporales, como la horaria. También resulta de utilidad obtener los valores de radiación y posición del sol sobre planos inclinados. Toda esta información puede ser empleada para cálculos específicos de uso de energía en espacios, como los que se detallan en la Norma ISO 13790:2008 (CEN, 2008).

Frente a este contexto, los objetivos principales del presente trabajo consistieron en la obtención de tres días representativos de cada mes del año en función de datos diarios de temperatura y radiación; y la caracterización del comportamiento diurno medio térmico y radiativo para dichos días. A partir de esta información, se analizó la radiación solar incidente en superficies con cuatro inclinaciones y ocho orientaciones diferentes. Se calcularon también las siguientes variables específicas de la Norma ISO 13790:2008: irradiancia solar media mensual, temperatura media mensual, fracción de tiempo de utilización de las protecciones móviles, factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte, factor de reducción por sombras debido a obstáculos superiores, factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales, radiación solar del día crítico, temperatura de ingreso del agua corriente y factor de redistribución. Todos los procedimientos fueron realizados por estación meteorológica.

Este estudio constituye una colaboración entre el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Dirección de Energías Renovables, perteneciente a la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía, en función de los requerimientos y necesidades de este último, en el marco del Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas. Si bien se basa en cálculos realizados previamente por la Universidad Nacional de Rosario (UNR) en conjunto con la Dirección de Energías Renovables, se introdujeron modificaciones, especialmente en torno a los datos radiativos, y se extendieron los cálculos a un mayor número de estaciones. Asimismo, se recalcularon los factores anteriormente mencionados de la Norma ISO. En pos de establecer una coherencia entre los análisis, se presenta una comparación entre los anteriores resultados de la UNR y los nuevos resultados del SMN.

2. DATOS

2.1 Datos de temperatura

Para el análisis térmico se consideraron datos diarios de temperatura máxima y mínima, y datos horarios de temperatura de 77 estaciones meteorológicas del SMN, para el periodo comprendido entre el 01-03-2000 y el 30-11-2019. El período se consideró en función de los datos de radiación. La ubicación geográfica de dichas estaciones se presenta en la Figura 1.

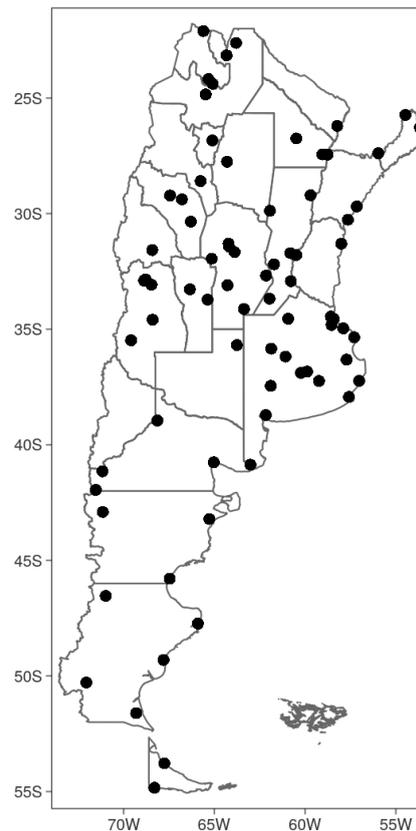


Fig. 1 Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.

La elección de las estaciones se debió no sólo a la disponibilidad de datos horarios de temperatura sino también a un criterio de tolerancia de datos diarios faltantes de temperatura máxima y mínima por mes. Se excluyeron aquellas que presentaron más de 30% de datos faltantes en algún mes del período considerado.

Debido a la falta de registros ininterrumpidos en algunas estaciones meteorológicas, se completaron las series horarias de temperatura mediante la técnica estadística de regresión lineal simple. Dicha técnica asume que existe una relación lineal entre dos conjuntos de datos (uno independiente o predictor, y el otro, dependiente), en donde el grado de la asociación está determinado por el coeficiente de correlación. Más aún, proporciona un modelo lineal, la ecuación de una recta, que permite estimar el valor de un dato faltante del conjunto dependiente en función del dato del conjunto independiente. En este caso, el conjunto dependiente correspondió a la serie horaria de una dada estación meteorológica con presencia de datos faltantes. Como conjunto independiente, se optó por la serie de la estación meteorológica más cercana (siempre y cuando posea datos en las fechas a estimar) o la serie de la temperatura a 2m del punto de retícula más próximo del reanálisis ERA-5 (Hersbach y otros 2020). Se eligió el que presentó el mayor valor de correlación, siendo éste siempre significativo con un 90% de confianza.

Los reanálisis combinan, mediante técnicas de asimilación, datos meteorológicos pasados y presentes con modelos numéricos para crear registros climáticos a largo plazo en todo el planeta. Se ha demostrado que proporcionan buenos sustitutos de observaciones en regiones con escasa cobertura de estaciones en superficie (Essou y otros, 2017). En particular, el ERA-5 es la quinta generación de reanálisis atmosféricos del Centro Europeo de Predicciones Climáticas a Plazo Medio (ECMWF, por sus siglas en inglés). Incorpora varias mejoras en comparación con su antecesor, el ERA-Interim (Dee y otros, 2011): ofrece una mayor resolución espacial, de aproximadamente 30 km; presenta estimaciones horarias de variables atmosféricas, terrestres y oceánicas; utiliza un sistema de asimilación evolucionado que incluye más fuentes de datos; y calcula variables en 137 niveles de presión, entre otros avances. Los datos de ERA-5 están disponibles para su descarga en: <https://cds.climate.copernicus.eu/#!/home>.

2.2 Datos de radiación

Las variables radiativas se obtuvieron a partir del instrumento Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) a bordo de los satélites Terra y Aqua, que forman parte del sistema de observación de la Tierra (EOS) de la NASA. Son satélites que poseen una órbita heliosincrónica y se utilizan, entre otras aplicaciones, para hacer estudios de balance radiativo sobre la Tierra. Los datos del sensor CERES SYN1deg Ed4A incorporan no sólo flujos radiativos observados por los sensores CERES, sino también propiedades de nubes derivadas tanto del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) como de productos de imágenes de satélites geoestacionarios. Con estas propiedades se estiman las componentes de irradiancia solar promedio. Para ello, se utiliza un modelo de transferencia radiativa.

Los datos provistos por CERES corresponden a irradiancia en el plano horizontal. Poseen una resolución temporal horaria que abarca desde marzo de 2000 hasta la fecha, aunque para el presente análisis se consideró como fecha final el 30-11-2019. La resolución espacial es de 1° de latitud y 1° de longitud (Smith y otros, 2011). A pesar de su baja resolución espacial, se eligió utilizar la base CERES debido a que sus datos no poseen faltantes, cubren toda la Argentina y han reflejado buenos resultados en el país (Carmona y otros, 2017) y en una estación de Brasil (Salazar y otros, 2020). Mayor información de los productos disponibles se puede encontrar en el siguiente link: <https://ceres.larc.nasa.gov/data/documentation/>.

Los datos de radiación solar utilizados en el presente trabajo consisten en promedios horarios de irradiancia solar horizontal global (GLO), difusa (DIF), directa (DIR) y extraterrestre (EXTRAT). También se consideró la información horaria de los ángulos solares cenital (SZA) y azimutal (γ). La relación entre estas distintas componentes está establecida por la Ecuación 1:

$$DIR = (GLO - DIF) / \cos(SZA) \quad (1)$$

Para obtener los ángulos solares se utilizó el paquete de R "solarPos" (Van doninck, 2016), que se basa en los cálculos de geometría solar provistos por Reda y Andreas (2004, 2007). El ángulo SZA es el formado entre la vertical de un sitio determinado y la dirección del sol, mientras que γ corresponde al ángulo entre la dirección del sol y el norte geográfico. La convención empleada establece que γ es positivo durante la mañana y negativo luego del mediodía solar.

Por otra parte, la irradiación solar diaria global horizontal, necesaria para realizar la primera parte del análisis, se obtuvo como la integral de GLO en el día.

Los datos de radiación solar de cada una de las estaciones consideradas corresponden a la información satelital en el punto de retícula más cercano.

3. METODOLOGÍA

3.1 Días representativos

La obtención de los días representativos (llamados días típicos) de cada mes del año se realizó mediante la metodología de K-means (MacQueen, 1967), y en función de los valores diarios de temperatura máxima, mínima y media (calculada como el promedio de las primeras), y la irradiación solar diaria global horizontal.

El método de K-means es uno de los métodos de agrupamiento no-jerárquico más utilizados para dividir un conjunto de datos en k grupos (clusters) en función de sus similitudes. El valor de k se establece de antemano, ya sea mediante una técnica específica o de manera subjetiva. Existe un gran número de técnicas gráficas y estadísticas que permiten seleccionar la cantidad adecuada de clusters (Sumner, 1996); el trabajo de Milligan y Cooper (1985) evalúa 30 reglas para determinar el número óptimo a considerar. La

clasificación de las observaciones en los múltiples grupos se realiza de modo tal que se minimicen las diferencias dentro de cada grupo y se maximicen entre grupos. Cada grupo está representado por su centro, que corresponde a la media de sus integrantes. Se encuentran disponibles varios algoritmos para el método de K-means; el estándar es el de Hartigan-Wong (Hartigan y Wong, 1979). Éste define la variación total dentro del grupo (la cual debe ser minimizada) como la suma de las distancias euclidianas al cuadrado entre los elementos y el centro del grupo. En este estudio se estableció, subjetivamente y en base a requerimientos, un k igual a tres. Se utilizó el algoritmo Hartigan-Wong, calculado a partir de la función “kmeans” del paquete “stats” (R Core Team, 2020) para R.

A partir de esta metodología se definieron, por mes, los tres grupos. Se determinaron los días que integraron cada grupo y, luego, se promedió la información diaria. Se obtuvieron así los valores diarios de temperaturas y radiación característicos de los centros. Cada centro constituyó un día típico y se lo renombró en función de su temperatura máxima: el que presentó el mayor valor correspondió al “día cálido”; el de menor valor, al “día frío”; mientras que el restante, al “día intermedio”.

Para obtener las ondas diarias térmicas y radiativas de cada día típico, se promediaron, por hora, las observaciones horarias de los integrantes del grupo. De esta manera, se definieron las ondas de temperatura y de GLO, DIF, DIR, EXTRAT, SZA y γ . Cabe destacar que las seis últimas ondas corresponden a ondas medias diarias de radiación sobre un plano horizontal. A partir de ellas también se obtuvieron los ciclos diurnos medios de radiación sobre planos o superficies con diferentes inclinaciones y orientaciones.

3.2 Planos inclinados

Dado que los datos provistos por CERES corresponden a irradiancia horizontal, si se desea estimar las distintas componentes de radiación solar en una superficie inclinada, se debe utilizar un modelo que permita extrapolar los datos del plano horizontal al plano inclinado.

La inclinación de las superficies se incorporó mediante el ángulo de inclinación respecto a la horizontal (β), con valores en el rango $[0^\circ, 90^\circ]$. Un ángulo $\beta = 0$ corresponde a una superficie horizontal mientras que $\beta = 90^\circ$, a una superficie vertical. Por su parte, la orientación se definió a partir de un ángulo azimutal de la superficie (γ_s), que es el formado entre la normal a la superficie y el norte geográfico en el sitio, y abarca el rango $[-180^\circ, 180^\circ]$. La Tabla 1 expone la orientación de la superficie en función de los valores de γ_s .

Tabla 1: Orientación de la superficie en función del ángulo azimutal γ_s .

γ_s	ORIENTACIÓN
0°	N
$(0, 90^\circ)$	NE
90°	E
$(90^\circ, 180^\circ)$	SE
$\pm 180^\circ$	S
$(-90^\circ, 0^\circ)$	NO
-90°	O
$(-90^\circ, -180^\circ)$	SO

Una vez establecidos los ángulos de la superficie y los ángulos solares, fue posible obtener el ángulo de incidencia solar (θ) en una superficie arbitraria para cada momento del día, de acuerdo a la Ecuación 2 (Iqbal, 1983):

$$\begin{aligned} \cos(\theta) = & (\sin \varnothing \cos \beta - \cos \varnothing \sin \beta \cos \gamma_s) \sin \delta + \\ & + (\cos \varnothing \cos \beta + \sin \varnothing \sin \beta \cos \gamma_s) \cos \delta \cos w + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma_s \sin w \quad (2) \end{aligned}$$

donde \varnothing corresponde a la latitud del sitio, δ es la declinación solar y w es el ángulo horario solar.

Para el presente trabajo se consideraron los siguientes valores de β : 0° , 30° , 45° , 60° y 90° . Los valores de γ_s empleados fueron: 0° , $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, 180° .

3.3 Componentes de radiación solar sobre planos inclinados

La irradiancia (también válido para irradiación) que incide sobre un plano inclinado considera distintas componentes y se puede obtener según la Ecuación 3:

$$G_i = G_{bi} + G_{di} + G_{ri} \quad (3)$$

donde G_i representa la irradiancia total que incide sobre el plano inclinado; G_{bi} , la irradiancia directa incidente sobre el plano; G_{di} , la irradiancia difusa; y G_{ri} ; la irradiancia reflejada en las distintas superficies alrededor del plano de la superficie, así como el suelo.

La componente directa de la radiación solar sobre el plano inclinado se puede derivar en base a la irradiancia solar directa horizontal, mediante el uso de un factor geométrico definido por la Ecuación 4:

$$R_b = \frac{G_{bi}}{DIR} = \frac{\cos \theta}{\cos SZA} \quad (4)$$

El factor geométrico, por su definición matemática, puede obtenerse directamente mediante cálculos angulares. De la Ecuación 4 se observa que, si $\beta = 0$, entonces $R_b = 1$, lo que corresponde al caso de una superficie horizontal.

La componente reflectiva de la radiación solar sobre el plano inclinado tiene en cuenta las reflexiones de la radiación total de las superficies cercanas a la superficie colectora, incluyendo el suelo. Por simplicidad, se suele considerar únicamente a este último, mediante la inclusión de un parámetro de su reflectividad (ρ), que se encuentra entre los valores 0 y 1 dependiendo de las condiciones del terreno. La Ecuación 5 expresa la manera de obtener la componente reflectividad sobre una superficie inclinada con un ángulo β :

$$G_{ri} = GLO \rho \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \quad (5)$$

Cabe aclarar que, en los cálculos del presente trabajo, no se consideró la componente reflectiva del suelo, puesto que las condiciones del mismo pueden variar entre una vivienda y otra, aún cuando las mismas se encuentren en cercanía. Quedará a criterio del evaluador la manera de abordarlo.

La componente difusa de la radiación solar incidente sobre una superficie inclinada presenta una mayor dificultad en su estimación, de acuerdo a la cantidad de suposiciones y simplificaciones que se realicen. La más simple de las suposiciones considera que la radiación solar difusa se distribuye de manera isotrópica (Liu y Jordan, 1961), es decir que la irradiancia difusa es la misma independientemente de la dirección de la cúpula celeste de la que provenga. Bajo la hipótesis de isotropía, la irradiancia solar difusa en el plano inclinado puede derivarse en base a la irradiancia difusa horizontal, mediante la Ecuación 6:

$$G_{di} = DIF \frac{(1+\cos\beta)}{2} \quad (6)$$

Si se desea realizar cálculos con mayor detalle, entonces se debería considerar que la radiación solar difusa sobre una superficie inclinada posee contribuciones isotrópica, de brillo de horizonte y circumsolar. Como lo indica su nombre, la contribución de brillo de horizonte tiene en cuenta la radiación difusa proveniente del horizonte en días claros debido a la reflexión en el suelo. La radiación difusa circumsolar, por su parte, es la que precede de una región en torno al disco solar, en la cual la radiación solar es levemente desviada respecto a la directa. En este estudio se utilizó el enfoque propuesto por Reindl y otros (1990), expuesto en la Ecuación 7:

$$G_{di} = DIF \left\{ (1 - T_b) \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) \left[1 + f \operatorname{sen}^3 \left(\frac{\beta}{2} \right) \right] + T_b R_b \right\} \quad (7)$$

El parámetro T_b representa el índice de anisotropía propuesto en su modelo por Hay y Davies (1980) para la componente circumsolar de la radiación difusa, el cual está expresado en la Ecuación 8:

$$T_b = \frac{DIR}{EXTRAT} \quad (8)$$

donde EXTRAT es, nuevamente, la irradiancia extraterrestre para el mismo momento y las mismas coordenadas. Por otra parte, el factor de modulación f , también propuesto por Reindl y otros (1990), está relacionado con el aporte circumsolar y se calcula según la Ecuación 9:

$$f = \sqrt{DIR/GLO} \quad (9)$$

3.4 Cálculos específicos de la Norma ISO 13790:2008

A partir de la información de las ondas diarias térmicas y radiativas (en los planos horizontales e inclinados) de cada mes, se realizaron cálculos específicos concernientes al uso y rendimiento de energía en viviendas. Estos cálculos responden a la aplicación del método horario propuesto en el apartado 5.4 del Anexo G de la Norma ISO 13790:2008.

Para cada plano ($\beta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ y $\gamma_s = 0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ, \pm 135^\circ, 180^\circ$) se calcularon las siguientes variables mensuales:

- **Irradiancia solar media mensual** I , definida por la Ecuación 10:

$$I = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T I_j \quad (10)$$

siendo T la cantidad horas totales del mes e I_j la irradiancia global para la j -ésima hora, en W/m^2 .

El significado de T se mantiene en el resto de los cálculos.

- **Temperatura media mensual** θ , definida por la Ecuación 11:

$$\theta = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T \theta_j \quad (11)$$

donde θ_j es la temperatura para la j -ésima hora, en $^\circ C$.

- **Fracción de tiempo de utilización de las protecciones móviles** f_{pr} , definida por la Ecuación 12:

$$f_{pr} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T k_j \quad (12)$$

El parámetro k_j adopta el valor 1 si la irradiancia global sobre el plano considerado es mayor a $500 \frac{W}{m^2}$, la temperatura exterior es mayor a $32^\circ C$ o la temperatura exterior es menor a $8^\circ C$. En caso contrario, $k_j = 0$.

Considerando las ocho orientaciones ($\gamma_s = 0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ, \pm 135^\circ, 180^\circ$) y nueve valores de un ángulo α ($\alpha = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$), se calcularon los factores de reducción de sobras debido a obstáculos en el horizonte y superiores, ambos de escala mensual:

- **Factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte** $f_{hor;\alpha}$, definido por la Ecuación 13:

$$f_{hor;\alpha} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T F_j \quad (13)$$

Si el ángulo de la altura solar S_h es menor que α e $I_j \neq 0$, entonces $F_j = 1 - \frac{I_{dir,j}}{I_j}$. De lo contrario, adopta el valor 1. $I_{dir,j}$ es la irradiancia directa para la j-ésima hora mientras que I_j es la irradiancia global para la j-ésima hora, ambas en W/m^2 . El ángulo S_h es el complemento del SZA.

En el caso de $f_{hor;\alpha}$, el ángulo α está representado en la Figura 2.

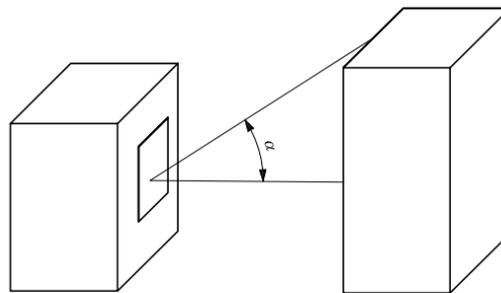


Fig. 2: Representación del ángulo α para el caso de obstáculos en el horizonte.

Los significados de $I_{dir,j}$, I_j y S_h se mantienen en los siguientes cálculos.

- **Factor de reducción por sombras debido a obstáculos superiores** $f_{sup;\alpha}$, definido por la Ecuación 14:

$$f_{sup;\alpha} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T F_j \quad (14)$$

donde F_j se calcula a partir de las ecuaciones 15, 16 y 17 (siempre y cuando $I_j \neq 0$), siendo $I_{dif,j}$ la irradiancia difusa para la j-ésima hora, en W/m^2 :

$$F_j = \frac{F_{j,dir} I_{j,dir} + F_{j,dif} I_{j,dif}}{I_j} \quad (15)$$

$$F_{j,dir} = \max\left\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \alpha}{\tan(90 - \delta_h)}\right)\right\} \quad (16)$$

$$F_{j,dif} = 1 - \frac{\alpha}{90} \quad (17)$$

En las horas donde $I_j = 0$, $F_j = 1$.

En el caso de $f_{obs;\alpha}$, el ángulo α está representado en la Figura 3.

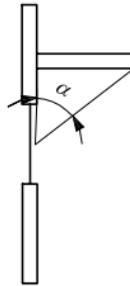


Fig. 3: Representación del ángulo α para el caso de obstáculos superiores.

El significado de $I_{dif,j}$ se mantiene en los siguientes cálculos.

Considerando las ocho orientaciones ($\gamma_s = 0^\circ, \pm 45^\circ, \pm 90^\circ, \pm 135^\circ, 180^\circ$) y nueve valores de un ángulo β' ($\beta' = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$), se calcularon los factores de reducción de sobras debido a obstáculos laterales derechos e izquierdos, ambos de escala mensual:

- **Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales derechos** $f_{der;\beta'}$, definido por la Ecuación 18:

$$f_{der;\beta'} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T F_j \quad (18)$$

donde F_j se calcula de igual manera que la Ecuación 15 (siempre y cuando $I_j \neq 0$), pero ahora considerando las siguientes condiciones en función de los ángulos γ_s y γ :

Si $\gamma_s = 0^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 0^\circ \text{ ó } \gamma \geq 90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \max\left\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(90 - \gamma)}\right)\right\} \text{ si } 0^\circ < \gamma < 90^\circ$$

Si $\gamma_s = 45^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 45^\circ \text{ ó } \gamma \geq 135^\circ$$

$$F_{j,dir} = \max\left\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(135 - \gamma)}\right)\right\} \text{ si } 45^\circ < \gamma < 135^\circ$$

Si $\gamma_s = 90^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(180^\circ - \gamma)})\} \text{ si } \gamma > 90^\circ$$

Si $\gamma_s = 135^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } -135^\circ \leq \gamma \leq 135^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(-135^\circ - \gamma)})\} \text{ si } \gamma \leq -135^\circ \text{ ó } \gamma \geq 135^\circ$$

Si $\gamma_s = 180^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \geq -90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(-90^\circ - \gamma)})\} \text{ si } \gamma \leq -90^\circ$$

Si $\gamma_s = -135^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -135^\circ \text{ ó } \gamma \geq -45^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(-45^\circ - \gamma)})\} \text{ si } -135^\circ < \gamma < -45^\circ$$

Si $\gamma_s = -90^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -90^\circ \text{ ó } \gamma \geq 0^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(0^\circ - \gamma)})\} \text{ si } -90^\circ < \gamma < 0^\circ$$

Si $\gamma_s = -45^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -45^\circ \text{ ó } \gamma \geq 45^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - (\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(45^\circ - \gamma)})\} \text{ si } -45^\circ < \gamma < 45^\circ$$

Para todos los anteriores casos $F_{j,dif}$ se calcula según la Ecuación 19:

$$F_{j,dif} = 1 - \frac{\beta'}{90^\circ} \quad (19)$$

En las horas donde $I_j = 0$, $F_j = 1$.

- **Factor de reducción por sombras debido a obstáculos laterales izquierdos** $f_{izq;\beta'}$, definido por la Ecuación 20:

$$f_{izq;\beta'} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T F_j \quad (20)$$

donde, nuevamente, F_j se calcula a partir de la Ecuación 15 (siempre y cuando $I_j \neq 0$), pero ahora considerando las siguientes condiciones en función de los ángulos γ_s y γ :

Si $\gamma_s = 0^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -90^\circ \text{ ó } \gamma \geq 0^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma - 90^\circ)}\right)\} \text{ si } -90^\circ < \gamma < 0^\circ$$

Si $\gamma_s = 45^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -45^\circ \text{ ó } \gamma \geq 45^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma - 135^\circ)}\right)\} \text{ si } -45^\circ < \gamma < 45^\circ$$

Si $\gamma_s = 90^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 0^\circ \text{ ó } \gamma \geq 90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma - 180^\circ)}\right)\} \text{ si } 0^\circ < \gamma < 90^\circ$$

Si $\gamma_s = 135^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 45^\circ \text{ ó } \gamma \geq 135^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma + 135^\circ)}\right)\} \text{ si } 45^\circ \leq \gamma \leq 135^\circ$$

Si $\gamma_s = 180^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq 90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma + 90^\circ)}\right)\} \text{ si } \gamma \geq 90^\circ$$

Si $\gamma_s = -135^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } -135^\circ \leq \gamma \leq 135^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma + 45^\circ)}\right)\} \text{ si } \gamma < -135^\circ \text{ ó } \gamma > 135^\circ$$

Si $\gamma_s = -90^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \geq -90^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma)}\right)\} \text{ si } \gamma < -90^\circ$$

Si $\gamma_s = -45^\circ$:

$$F_{j,dir} = 1 \text{ si } \gamma \leq -135^\circ \text{ ó } \gamma \geq -45^\circ$$

$$F_{j,dir} = \text{máx}\{0; 1 - \left(\frac{0,5 \tan \beta'}{\tan(\gamma - 45^\circ)}\right)\} \text{ si } -135^\circ < \gamma < -45^\circ$$

Para todos los anteriores casos $F_{j,dif}$ se calcula según la Ecuación 19.

En las horas donde $I_j = 0$, $F_j = 1$.

En el caso de $f_{izq;\beta'}$, el ángulo β' está representado en la Figura 4.

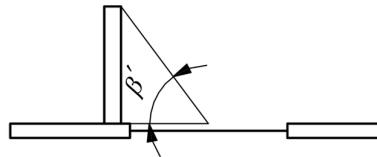


Fig. 4: Representación del ángulo β' para el caso de obstáculos laterales izquierdos.

Para todos los cálculos, dado que se tienen 3 días típicos por mes, el promedio ponderado se realizó considerando la ocurrencia de cada tipo de día en el mes.

Se calcularon también tres variables mensuales que no dependen del promedio ponderado mensual:

- **Radiación solar del día crítico:**

Corresponde a los valores de irradiación solar instantánea en 4 horas diurnas (11:00, 13:00, 15:00 y 17:00) en el día del mes de enero con mayor radiación global, tanto para el plano horizontal como para los planos inclinados.

- **Temperatura de ingreso del agua corriente θ_{ing} ,** definida por la Ecuación 21:

$$\theta_{ing} = \theta_m + \frac{A}{2} 0,6 \{ \cos\left[\frac{2\pi}{12}(n - 3)\right] \} \quad (21)$$

donde θ_m es la temperatura media anual de la zona, en °C; A es la amplitud térmica anual, en °C; y n, el número del mes considerado.

- **Factor de redistribución $c_{D,S}$,** definido por la Ecuación 22:

$$c_{D,S} = \frac{I}{I_m} \quad (22)$$

Siendo I la irradiancia global media mensual del mes considerado e I_m la irradiancia global media anual.

4. ALGUNOS RESULTADOS

4.1 Días típicos para la estación Buenos Aires

Se presentan algunos resultados de la estación meteorológica Buenos Aires. Cabe destacar que dicha estación posee un registro continuo de datos horarios en el período de estudio; sólo debieron ser completados dos datos faltantes.

La Tabla 2 resume los valores diarios de temperatura máxima, mínima y media, e irradiación solar diaria que definieron los centros de los grupos o días típicos, junto con su frecuencia y porcentaje de ocurrencia. Se listan los tres días típicos por mes, para los doce meses del año.

Tabla 2: Valores diarios de temperatura máxima, mínima y media, e irradiación solar diaria que definieron a los tres días típicos de cada mes, junto con su frecuencia y porcentaje de ocurrencia.

Mes	Día típico	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	Tmed (°C)	Irrad. solar diaria (W/m ²)	Frecuencia	Porcentaje (%)
Enero	Cálido	33.2	22.4	27.8	28.4	271	46.0
	Intermedio	28.7	20.8	24.8	15.6	137	23.3
	Frío	27.9	17.2	22.5	30.0	181	30.7
Febrero	Cálido	32.1	21.9	27.0	25.3	241	45.0
	Intermedio	27.2	20.1	23.6	12.9	128	23.9
	Frío	26.7	16.2	21.5	26.4	167	31.2
Marzo	Cálido	29.3	19.8	24.5	21.2	282	45.5
	Intermedio	24.7	18.5	21.6	10.1	131	21.1
	Frío	24.3	13.7	19.0	21.7	207	33.4
Abril	Cálido	26.8	16.6	21.7	16.0	248	41.3
	Intermedio	21.6	15.8	18.7	7.3	156	26.0
	Frío	20.8	9.9	15.4	16.0	196	32.7
Mayo	Cálido	23.1	14.6	18.9	10.3	193	31.1
	Intermedio	17.8	7.6	12.7	12.2	248	40.0
	Frío	17.2	12.0	14.6	5.3	179	28.9
Junio	Cálido	20.4	11.2	15.8	8.8	167	27.8
	Intermedio	15.9	11.2	13.5	3.9	152	25.3
	Frío	14.9	5.3	10.1	9.9	281	46.8
Julio	Cálido	19.6	11.5	15.5	8.1	210	33.9
	Intermedio	14.1	4.0	9.1	11.4	254	41.0
	Frío	13.0	8.3	10.7	4.5	156	25.2
Agosto	Cálido	22.8	12.7	17.7	12.8	182	29.4
	Intermedio	15.8	10.2	13.0	5.8	163	26.3
	Frío	15.7	5.6	10.6	14.3	275	44.4
Septiembre	Cálido	23.8	13.3	18.6	18.7	212	35.3
	Intermedio	18.4	12.6	15.5	8.3	151	25.2

	Frío	17.1	7.3	12.2	18.3	237	39.5
Octubre	Cálido	26.4	16.0	21.2	22.3	236	38.1
	Intermedio	20.8	10.4	15.6	24.2	227	36.6
	Frío	19.9	14.1	17.0	9.9	157	25.3
Noviembre	Cálido	29.7	18.5	24.1	27.1	258	43.0
	Intermedio	23.8	16.5	20.2	12.7	143	23.8
	Frío	23.6	12.5	18.0	29.0	199	33.2
Diciembre	Cálido	32.0	20.9	26.4	29.3	273	46.4
	Intermedio	26.9	18.9	22.9	14.6	113	19.2
	Frío	26.4	15.2	20.8	30.8	203	34.5

La Figura 5 presenta las ondas diarias de temperatura de los tres días típicos de cada mes.

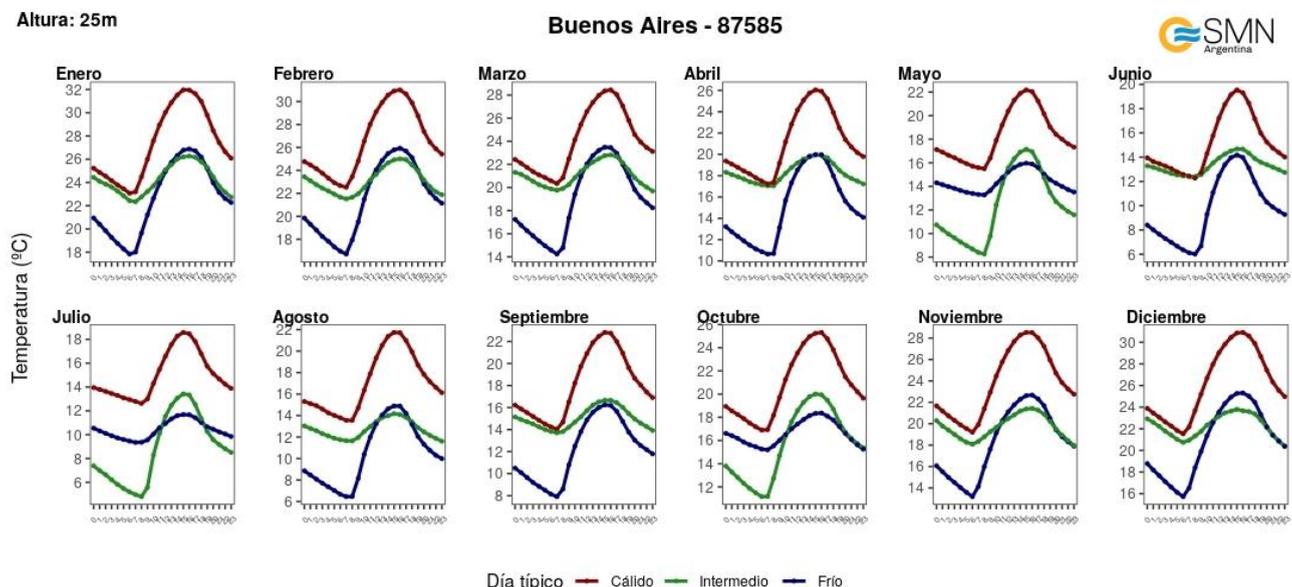


Fig. 5: Ondas diarias térmicas de los tres días típicos de cada mes. En los ejes x se encuentran las 24 h. del día.

Las escalas de temperatura de la Figura 5 difieren de un mes a otro. No se optó por una escala unificada con el propósito de que se distingan las diferencias entre los ciclos diurnos pertenecientes a un mismo mes. En todos los meses se observa una onda diaria con menor amplitud térmica; en general, ésta corresponde a la del “día intermedio”. Por el contrario, las otras dos sí presentan una marcada amplitud pero con diferencias en su valor medio. El ciclo del “día cálido” exhibe mayores temperaturas en todas sus horas.

En los meses mayo, julio y octubre el “día frío” presenta un comportamiento térmico diurno con menor amplitud, mientras que el “día intermedio” posee una temperatura media más fría. Es importante recordar que los nombres de los días típicos fueron definidos a partir de valores medios diarios que caracterizaron a cada centro, los cuales se obtuvieron promediando la información diaria de los integrantes de un mismo grupo. No fueron establecidos en función de los valores medios horarios. Si bien pueden prestar a confusiones, los nombres elegidos no tienen relevancia en el aplicativo informático. No es una información que se les proveerá a los usuarios.

Resultados similares fueron encontrados para las 76 estaciones restantes. En todas se destaca un día típico con una onda diaria de menor amplitud. Los otros dos días presentan ciclos diurnos con marcadas diferencias térmicas, uno considerablemente más cálido que el otro.

4.2 Comparación con anteriores resultados

Dado que el presente trabajo se basó en un estudio previo realizado por la UNR, se pretendió realizar una comparación entre los viejos y los nuevos resultados. Del anterior estudio sólo se contó con la información de los días típicos de las estaciones Buenos Aires, La Plata Aero, Viedma Aero y El Bolsón Aero. La comparación cualitativa sólo fue posible en estas estaciones meteorológicas.

La Figura 6 presenta las ondas diarias de temperatura representativas de los días típicos de enero, junio y diciembre para la estación Buenos Aires, calculadas tanto por el SMN como por la UNR.

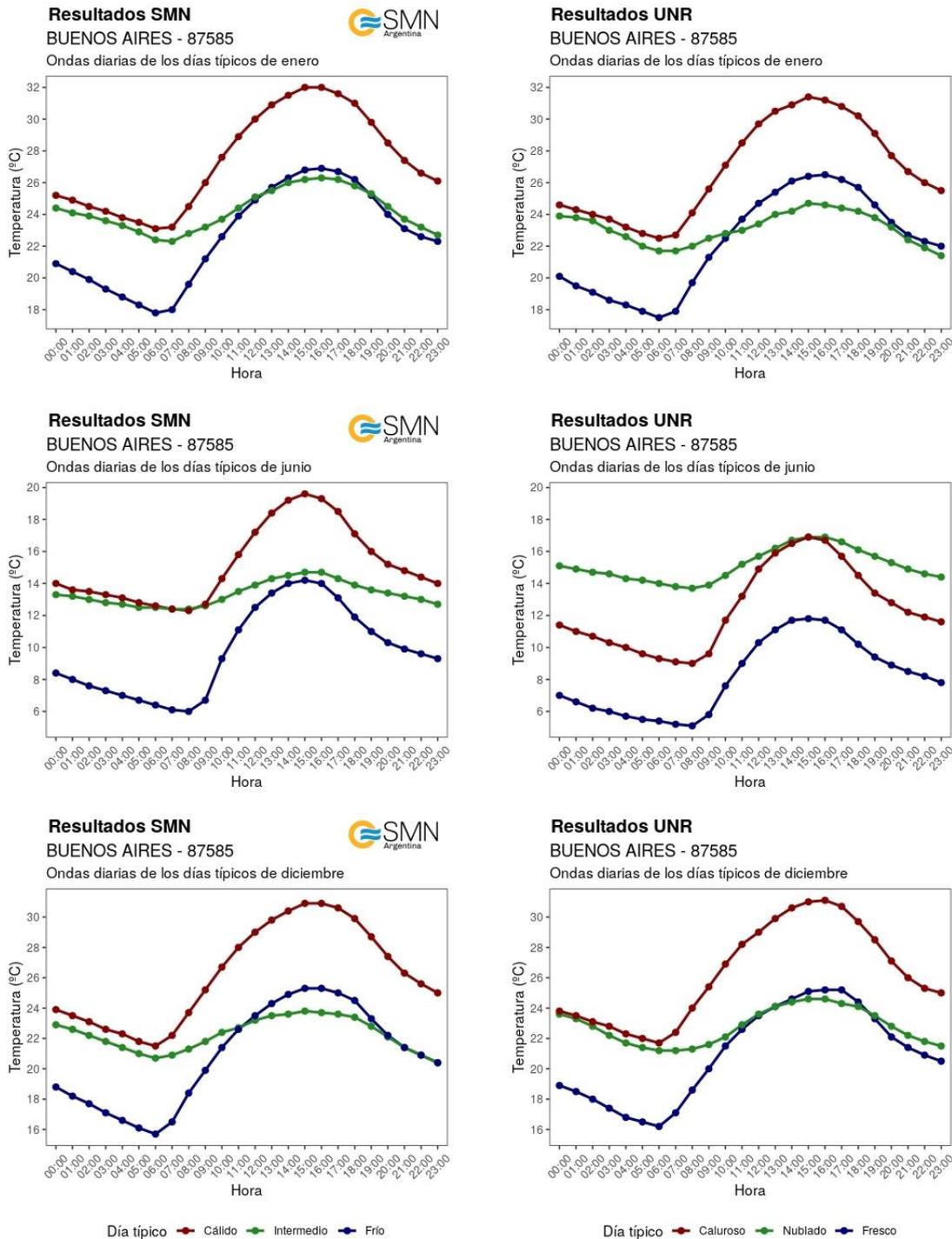


Fig. 6: Ondas diarias de temperatura de los días típicos de enero (arriba), junio (centro) y diciembre (abajo) para la estación Buenos Aires, calculadas por el SMN (izq.) y la UNR (der.).

Cabe aclarar que los nombres asignados a los días típicos no son coincidentes. Los nombres adoptados por la UNR son: “día caluroso”, “día nublado” y “día intermedio”. En su informe metodológico no se aclara el criterio para definir dichos nombres; esto impidió realizar una comparación más cuantitativa. Como se detalló anteriormente, los nombres considerados por el SMN son: “día cálido”, “día intermedio” y “día frío”, y fueron establecidos a partir del valor medio de las temperaturas máximas diarias de cada cluster.

A partir de la Figura 6 se observa que los ciclos de los meses de enero y diciembre no presentan marcadas diferencias. Las mayores discrepancias se obtienen en junio. La onda correspondiente al “día caluroso” de la UNR exhibe una menor temperatura media que la del “día nublado”. Por el contrario, de las ondas del SMN, la del “día cálido” es la que evidencia la mayor temperatura media.

Las discrepancias encontradas entre los resultados de Buenos Aires pueden deberse a:

- Diferencias entre los períodos de estudio: el anterior período abarcaba del 01-01-1994 al 31-12-2018 mientras que el nuevo, del 01-03-2000 al 30-11-2019.
- Diferencias en las bases de radiación utilizadas: en el trabajo de la UNR se calculó la irradiancia solar diaria global horizontal a partir de la radiación extraterrestre o astronómica (estimada según Allen y otros, 2006), la heliofanía relativa y dos coeficientes determinados según el estudio de Righini y Grossi Gallegos (2003). En el trabajo actual, se obtuvo como la integral de GLO en el día, utilizando información satelital. Dado que la irradiancia solar diaria es empleada para el agrupamiento en el K-means, las diferencias entre sus bases de datos son de suma relevancia. Pueden ocasionar discrepancias no sólo en la clasificación de las observaciones sino también en la posterior definición de los clusters y centros. Para Buenos Aires, la máxima diferencia diaria encontrada entre las bases de radiación fue de $22 W/m^2$.
- Diferencias en los softwares empleados para la realización del K-means: anteriormente se utilizó el Software Infostat (Di Rienzo y otros, 2008). En el estudio actual se empleó el paquete “stats” para R y el algoritmo Hartingan-Wong.

Si bien no es relevante para el caso de Buenos Aires, existe un factor adicional que puede ocasionar distintos resultados y debe ser tenido en cuenta:

- Diferencia en la metodología para completar los datos faltantes: para ambos análisis se utilizó la técnica de regresión simple. En el trabajo del UNR sólo se emplearon datos de estaciones cercanas, mientras que en el del SMN también se consideraron datos del ERA5 (siempre y cuando presentaran la mayor correlación con la serie a completar).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este estudio forma parte de una colaboración entre el SMN y la Dirección de Energías Renovables, en función de los requerimientos y necesidades de este último. Se basa en un trabajo previo realizado por la UNR en conjunto con la Dirección de Energías Renovables. Como primera instancia, se validó la metodología de K-means, ya aplicada en el anterior trabajo, como método de agrupamiento para definir los días representativos. Se introdujeron importantes cambios, por ejemplo, en torno a las bases de datos utilizadas, al relleno de datos faltantes, al período adoptado, al nombre de los días típicos en función de las temperaturas máximas, entre otros. El estudio también incluyó el recálculo de factores definidos por la Norma ISO 13790:2008 y se extendió a un mayor número de estaciones meteorológicas. Por último, se realizó una comparación cualitativa con los resultados disponibles de la UNR.

A partir de los valores diarios de temperatura y radiación solar, y del método de K-means, se obtuvieron, para cada estación meteorológica, tres días típicos por mes. Luego, se caracterizó el comportamiento diurno

medio térmico y radiativo para dichos días, y se calculó la posición del sol y la irradiancia incidente al considerar superficies con cuatro inclinaciones y ocho orientaciones diferentes. Como era de esperarse, las ondas diarias de temperatura de los días típicos exhibieron marcadas diferencias: una presentó una menor amplitud térmica, otra, valores más elevados, y la última, valores más bajos. Los factores provenientes de la Norma ISO 13790:2008 fueron calculados utilizando esta información y sus valores fueron corroborados por la Dirección de Energías Renovables. En la comparación visual entre los nuevos y viejos resultados no se distinguieron marcadas diferencias. Sin embargo, la comparación representó una comparación cualitativa, que sólo pudo ser realizada para cuatro estaciones meteorológicas. Resta conocer ciertos detalles de los procedimientos metodológicos empleados por la UNR para un mayor y mejor análisis.

Cabe destacar que este estudio implicó el desafío de utilizar bases horarias tanto de temperatura como de radiación solar en una gran cantidad de estaciones meteorológicas. En cuanto a la temperatura, dado que muchas estaciones no cuentan con registros continuos en todas sus horas, sus series debieron ser completadas. Se probaron diversas alternativas de rellenos de datos faltantes horarios, y se optó por la utilización de información tanto de estaciones vecinas como de reanálisis. Sin embargo, pueden existir diferencias entre los valores realmente observados y aquellos estimados. Para las variables radiativas se utilizaron datos satelitales que, si bien brindan información con una gran cobertura temporal y espacial, también corresponden a estimaciones y contienen incertidumbres en sus valores. Todo esto representa fuentes de errores, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar los resultados y formular conclusiones. En este estudio, además, se definió subjetivamente la cantidad de grupos, en base a lo realizado por la UNR. Puede resultar de interés conocer cuál es efectivamente el número óptimo de clusters a considerar utilizando técnicas estadísticas específicas.

A pesar de sus limitaciones, estudios como éste permiten obtener información relevante y no convencional, que puede resultar de gran utilidad para diversos sectores energéticos. En este caso, los resultados se utilizarán para la configuración de zonas climáticas en el aplicativo informático nacional de Etiquetado de Viviendas, del que se obtienen las Etiquetas de Eficiencia Energética de viviendas.

REFERENCIAS

- Allen, R.G., Raes, D., Pereira, L.S. y Smith, M., 2006: Evapotranspiración del cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje N°56, Roma.
- Carmona, F., Orte, P.F., Rivas, R., Wolfram, E. and Kruse, E., 2017: Development and Analysis of a New Solar Radiation Atlas for Argentina from Ground-Based Measurements and CERES_SYN1deg data. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. doi:10.1016/j.ejrs.2017.11.003.
- CEN, 2008: Energy performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling. Brussels. European Committee for Standardization (CEN). EN ISO 13790.
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, D.P. and Bechtold, P., 2011: The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 137, 553–597, <https://doi.org/10.1002/qj.828>.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. and Robledo, C.W., 2008: InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Essou, G.R., Brissette, F. and Lucas-Picher, P., 2017: The use of reanalyses and gridded observations as weather input data for a hydrological model: Comparison of performances of simulated river flows based on the density of weather stations. Journal of Hydrometeorology 18, 497–513, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0088.1>.
- Hartigan, J.A. and Wong, M.A., 1979: Algorithm AS 136: A K-means clustering algorithm. Applied Statistics, 28, 100–108. doi: 10.2307/2346830.
- Hay, J.E. and Davies, J.A., 1980: Calculation of the solar radiation incident on an inclined surface. J.E. Hay, T.K. Won (Eds.), Proceedings First Canadian Solar Radiation Data Workshop, Canadian Atmospheric Environment Service, Downsview, Canada, pp. 59-72.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., and others, 2020: The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- Iqbal, M., 1983: An introduction to Solar Radiation, Academic Press.
- Liu, B. and Jordan, R., 1961: Daily insolation on surfaces tilted towards equator.
- MacQueen, J., 1967: Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics, 281-297, University of California Press, Berkeley, California.
- Milligan, G.W. and Cooper, M.C., 1985: An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. Psychometrika, 50, 159-179.
- R Core Team, 2020: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reda, I. and Andreas, A., 2004: Solar position algorithm for solar radiation applications, Solar Energy 76, 577-589.
- Reda, I. and Andreas, A., 2007: Corrigendum to Solar position algorithm for solar radiation applications. Solar Energy 76 (2004) 577589, Solar Energy 81, 838.

Reindl, D.T., Beckman, W.A. and Duffie, J.A., 1990: Diffuse fraction correlations. *Solar Energy*, 45(1), 1–7. doi:10.1016/0038-092x(90)90060-p.

Righini, R. y Grossi Gallegos, H., 2003: Aproximación a un trazado de nuevas cartas de irradiación solar para Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7(2): 11.07-11.11.

Salazar, G., Gueymard, C., Galdino, J.B., de Castro Vilela, O. and Fraidenraich, N., 2020: Solar irradiance time series derived from high-quality measurements, satellite-based models, and reanalyses at a near-equatorial site in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 117(C).

Secretaría de Energía, Ministerio de Economía de la Nación, 2020: Etiqueta de Eficiencia Energética. <https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/>

Smith, G.L., Priestley, K.J., Loeb, N.G., Wielicki, B.A., Charlock, T.P., Minnis, P. and Rutan, D.A., 2011: Clouds and Earth Radiant Energy System (CERES), a review: Past, present and future. *Advances in Space Research*, 48(2), 254–263. doi:10.1016/j.asr.2011.03.009.

Sumner, G., 1996: Daily precipitation patterns over Wales: Towards a detailed precipitation climatology. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, 21(1), 157-176.

Van doninck, J., 2016: solarPos: Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications. R package version 1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=solarPos>

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).