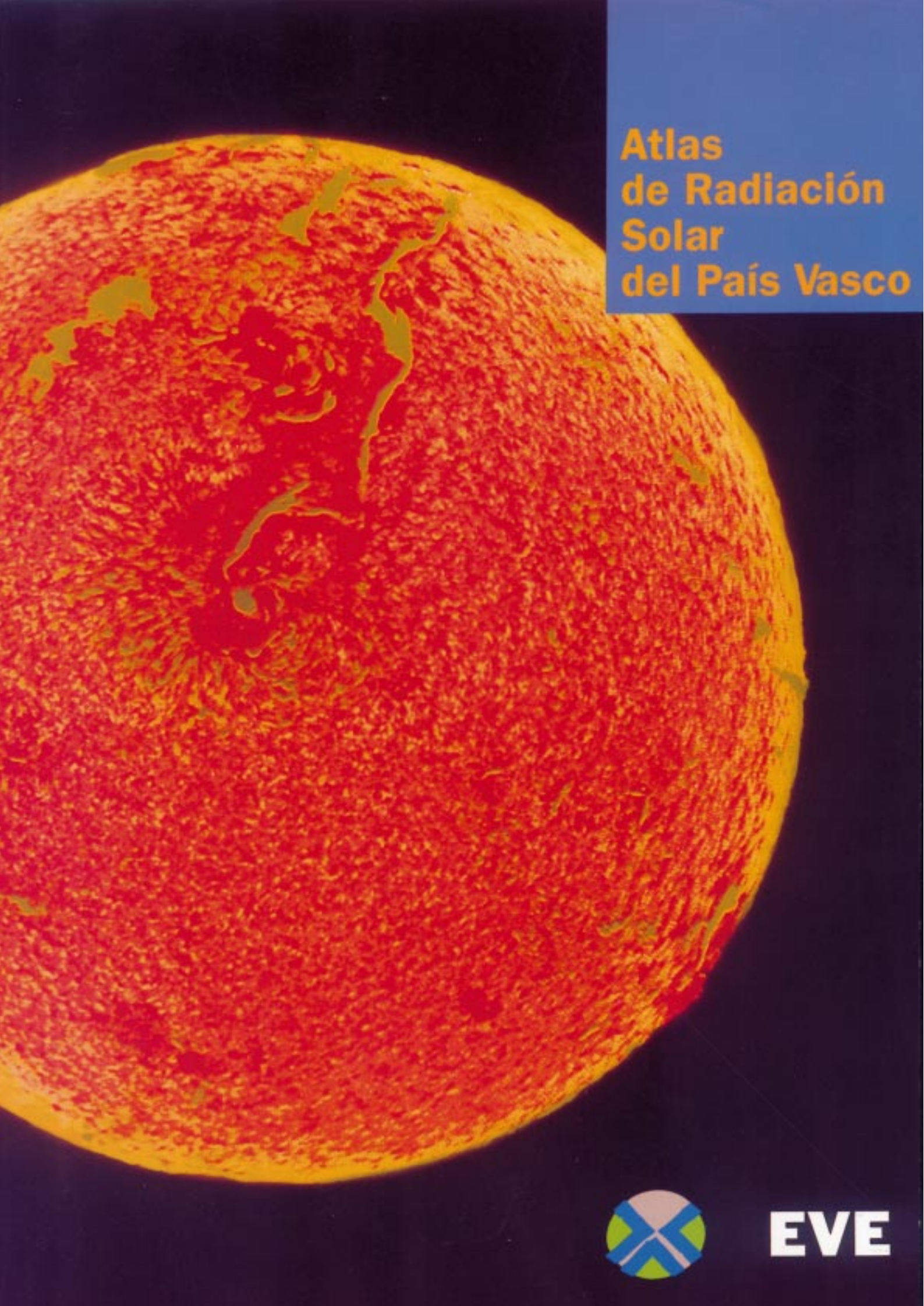
# Atlas de Radiación Solar del País Vasco



EVE

# ATLAS DE RADIACION SOLAR DEL PAIS VASCO

División de Investigación y Recursos

ENTE VASCO DE LA ENERGIA
BILBAO, Julio de 1998

ATLAS DE RADIACION SOLAR DEL PAIS VASCO
3.ª Edición: Abril 1999
Tirada: 1.000 ejs.
Autores: • ENTE VASCO DE LA ENERGÍA
División de Investigación y Recursos
• IKERLAN, Sdad. Coop.
Departamento de Energía
Editor: ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE)
Edificio Albia, 1
San Vicente, 8 - Planta 14
48001 Bilbao
ISBN: 84-88302-75-4
Depósito Legal: BI-609-99

INDICE


PROLOGO ..... 5

1. INTRODUCCION ..... 7

2. CARACTERISTICAS DE LA RADIACION SOLAR. 8

2.1 ASPECTOS FISICOS DE LA RADIACION SOLAR. 8

2.2 DEFINICIONES ..... 9

2.3 EQUIPOS DE MEDIDA DE LA RADIACION SOLAR 10

3. DISTRIBUCION DE LA RADIACION SOLAR. INSOLACION. DEFINICION DE LAS ZONAS SOLARES ..... 11

4. IRRADIACION SOLAR EN DIAS DESPEJADOS .... 21

5. IRRADIACION MEDIA MENSUAL ..... 26

TABLAS

I Valores mensuales de irradiación horaria global y difusa sobre superficies horizontales e inclinadas en días despejados. ..... 33

II Valores diarios medios mensuales de la irradiación global y difusa sobre superficies horizontales e inclinadas para las diferentes zonas solares del País Vasco. ..... 46

APENDICES

I Aplicaciones relacionadas con la situación relativa entre el Sol y una superficie dada. Carta solar. ..... 62

II Temperaturas medias mensuales en el País Vasco. 71

BIBLIOGRAFIA ..... 73

## PROLOGO

El País Vasco se caracteriza por una climatología con abundante nubosidad. Ello condiciona desfavorablemente la utilización de muchos sistemas de aprovechamiento de energía solar y, en especial, aquellos que aprovechan la radiación directa. Entre ellos destacan las lentes y espejos concentradores, los colectores parabólicos, las centrales de espejos y torre central para producción de electricidad, etc. Sin embargo, las posibilidades de empleo en aplicaciones de baja temperatura son numerosas, como ejemplo se pueden citar:

— Producción de agua caliente sanitaria.
— Calefacción de edificios por métodos de arquitectura solar pasiva.
— Producción de electricidad mediante paneles fotovoltaicos en lugares aislados de la red eléctrica.
— Calefacción de invernaderos.
— Secaderos de productos agrícolas y forestales .

El conocimiento de las características de la radiación solar en un punto determinado es imprescindible para evaluar la viabilidad de estos sistemas, así como para el dimensionamiento correcto de las instalaciones y la predicción del aporte energético solar obtenible.

El Ente Vasco de la Energía (EVE) consciente de la necesidad de disponer, a la mayor brevedad posible, de la información citada, como elemento clave para avanzar en la utilización de la energía solar, puso en marcha, a finales del año 1982, un plan de actuación orientado hacia:

1. La elaboración de estudios sobre la distribución de la radiación en el País Vasco y la determinación de los valores de irradiación solar sobre superficies horizontales e inclinadas para cada una de las zonas solares definidas. Los resultados de este trabajo se recogen en la publicación «Condiciones de Sol en el País Vasco» (2).
2. La implantación sobre el terreno de una red (denominada EM) de cuatro estaciones automáticas de adquisición de datos meteorológicos que, entre otros valores, recogiesen la irradiación solar sobre la superficie horizontal. Dicha red entró en funcionamiento a primeros del año 1985. Las estaciones de medida se situaron en Igeldo (en el edificio del Observatorio Meteorológico, próximo a S. Sebastián), Mondragón (situado en el Centro de Investigación Ikerlan), Vitoria (en Lakua, sede del Gobierno Vasco) y en Briñas (Residencia de verano infantil de la BBK).

En el momento actual concurren dos circunstancias que permiten ampliar los datos que se presentaron en la publicación citada de «Condiciones de Sol en el País Vasco». Estas son:

— Los datos recogidos durante 4 años en las estaciones de la red EM permiten contrastar experimentalmente las argumentaciones que se realizaron sobre la distribución de las zonas solares y los resultados de los modelos teóricos de cálculo de condiciones de irradiación solar.
— Los proyectos de investigación auspiciados por la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) han puesto a punto un modelo de cálculo de condiciones de sol más completo que el utilizado en la publicación anterior.

Estas circunstancias han aconsejado abordar la ejecución de la actual publicación, donde se presentan datos más completos sobre la distribución territorial de la radiación solar en la Comunidad Autónoma, y los valores característicos de insolación e irradiación solar global y difusa sobre superficie horizontal y superficies de inclinación y orientación dadas.

Paralelamente, durante el año 1989, el Servicio Vasco de Meteorología, adjunto al Departamento de Transportes, inició la instalación de una red meteorológica automática con 16 puntos de medida. En diez de estas estaciones se registrarán la irradiancia solar, sustituyendo a las estaciones de la red EM del EVE.

La información recogida en esta red permitirá, junto con la del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en un futuro cercano, conocer con mucho mayor detalle la distribución de la radiación solar en el País Vasco, así como la detección de posibles microclimas solares.

# 1. INTRODUCCION

Con esta publicación se culmina una primera etapa iniciada en el año 1982 de estudios y medidas relacionados con los principales parámetros solares. Con ello se pretende que sirva como herramienta útil a los diferentes profesionales (arquitectos, ingenieros, instaladores, etc.) encargados del dimensionamiento y cálculo de sistemas de aprovechamiento de energía solar.
Además de la información relativa a las condiciones de Sol en el País Vasco, incluye indicaciones y ejemplos que permiten comprender el significado de los datos y obtener el máximo provecho de la información contenida.
La publicación se ha dividido en cuatro capítulos cuyo contenido es el siguiente:

1. Se incluye una explicación sobre la naturaleza física de la radiación solar y su interacción con la atmósfera. Asimismo se definen una serie de conceptos (irradiación, insolación, etc.) necesarios para una buena comprensión de la publicación.
2. Se realiza una distribución de territorio de la Comunidad en Zonas Solares a partir de los datos de insolación media mensual recogidos en los observatorios meteorológicos de Igeldo, Sondica, Vitoria y Logroño, durante el período 1930-1989.
3. Se presentan los datos horarios de irradiación global y difusa, tanto sobre superficies horizontales como para diferentes inclinaciones y orientaciones, para los días despejados de máxima claridad en cada mes del año. Estos datos se consideran comunes a las diferentes zonas solares que se diferencian en el capítulo anterior.
4. Por último, se presentan, para cada zona solar, los valores medios diarios de la irradiación global y difusa, para cada mes del año, sobre superficies horizontales y superficies inclinadas. Además se incluyen una serie de datos que ilustran las variaciones que sufren estos valores en años diferentes.

Los datos relativos a los capítulos 3 y 4 se recogen en los apartados de Tablas I y II.
Finalmente, y con el fin de aclarar y ampliar aspectos tratados en los capítulos anteriores, se incluyen dos apéndices con el siguiente contenido:

I Aplicaciones relacionadas con la situación relativa entre el Sol y una superficie dada. Carta solar.

II Temperaturas medias mensuales de varias localidades de la Comunidad Autónoma Vasca.

## 2. CARACTERISTICAS DE LA RADIACION SOLAR

### 2.1 Aspectos físicos de la radiación solar

La energía que emite el Sol se genera en las reacciones de fusión nuclear producidas en su interior, donde la temperatura estimada es del orden de 10 a 40 millones de grados Kelvin. Esta energía se absorbe y se transmite a través de las diversas capas solares y finalmente se emite en la cromosfera en forma de radiación electromagnética y viento solar (partículas cargadas). La radiación electromagnética proveniente del Sol es lo que se denomina comúnmente como **radiación solar.**

El parámetro que indica la intensidad de la radiación solar fuera de la atmósfera terrestre es la llamada **constante solar.** Las últimas determinaciones de la constante solar, realizadas mediante satélites artificiales, proporcionan un valor de 1367 W/m$^2$.

La energía de la radiación solar se distribuye desigualmente en las distintas longitudes de onda del espectro. La forma de este espectro se aproxima mucho al que emitiría un cuerpo negro a la temperatura de 6000 K (Figura 1-a).

Al atravesar la atmósfera terrestre, la radiación solar sufre una serie de interacciones con los componentes de ésta, produciéndose los efectos siguientes:

1. Absorción de la radiación solar en ciertas longitudes de onda (Figura 1-b) originada fundamentalmente por la acción de las moléculas de agua y de dióxido de carbono.
2. Dispersión de la radiación solar motivada por las siguientes causas: la acción de las nubes, el polvo existente en la atmósfera y las moléculas de los componentes de la atmósfera

La figura 2 muestra esquemáticamente el recorrido de la radiación solar hasta la tierra tras sufrir los fenómenos de absorción y dispersión. Es evidente, pues, que el efecto de la atmósfera disminuye la cantidad de energía que alcanza la superficie terrestre. Así, en los días más claros la intensidad de la radiación solar puede llegar a alcanzar los 1000 W/m$^2$ (respecto a los 1367

NOTA:

**Constante solar:** Se define como la energía incidente, en la unidad de tiempo, sobre una superficie unitaria, perpendicular a la radiación y situada en el exterior de la atmósfera terrestre a la distancia media anual entre el Sol y la Tierra (al ser la órbita de la tierra una elipse, la distancia entre el Sol y la Tierra varía ligeramente a lo largo del año).

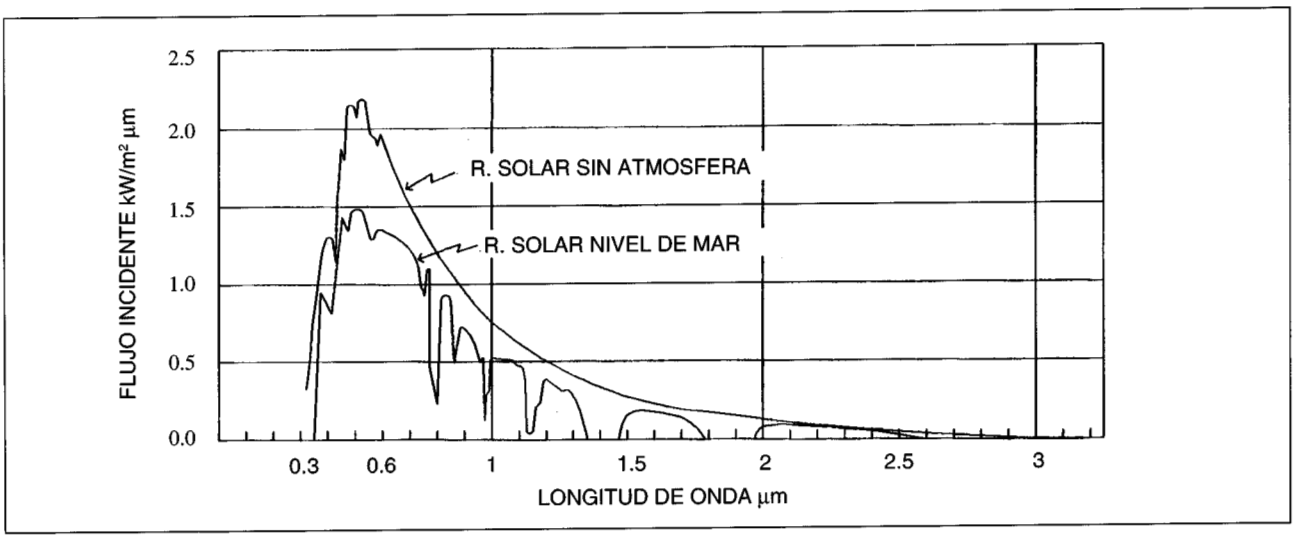



Figura1. Espectro solar.

fuera de la atmósfera) y en días muy cubiertos puede llegar a valores tan bajos como 60 W/m$^2$. La dispersión de la radiación solar por la atmósfera hace que se distingan dos tipos de radiación solar, que se definen a continuación:

a) **Radiación directa:** Es la que proviene del disco solar sin sufrir variaciones en su dirección original. Se caracteriza porque produce sombra y puede concentrarse mediante lentes o redirigirse por medio de espejos.

b) **Radiación difusa:** Es la que proviene de cualquier dirección del cielo exceptuando el disco solar (directa).

A la suma de la radiación directa y la radiación difusa se la denomina como **radiación global.** La distribución de la radiación global entre radiación directa y difusa depende de las condiciones de la atmósfera. Para días muy claros puede llegar a ser un 85% en directa y 15% en difusa. En cambio, en días cubiertos el 100% de la radiación es difusa.

## 2.2 Definiciones

Cuando se caracterizan las propiedades de la radiación solar se emplean una serie de conceptos y definiciones cuyo conocimiento resulta importante para una mejor comprensión del tema. Los más importantes son los siguientes:

— *Irradiancia solar*

Corresponde a la intensidad de la radiación solar o energía solar que incide en una superficie en la unidad de tiempo. Se mide generalmente en vatios por metro cuadrado (W/m$^2$).

— *Irradiación solar*

Es la cantidad de energía solar que incide en una superficie dada en un tiempo determinado. Se expresa en las siguientes unidades: kilojulios por metro cuadrado (kJ/m$^2$) o en kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m$^2$), sabiendo que 1kWh/m$^2$ es igual a 3600 kJ/m$^2$.

Por lo general, en los modelos teóricos que se utilizan para calcular la irradiación, se determina primeramente la irradiancia a diferentes horas del día y, posteriormente, se integra en el transcurso del día para obtener el valor de la irradiación.

— *Insolación*

Es el número de horas en las que el Sol no está cubierto por nubes.

— *Indice de claridad*

Es el cociente entre la irradiación que recibe una superficie horizontal en la superficie terrestre y la irradiación que hubiera recibido si

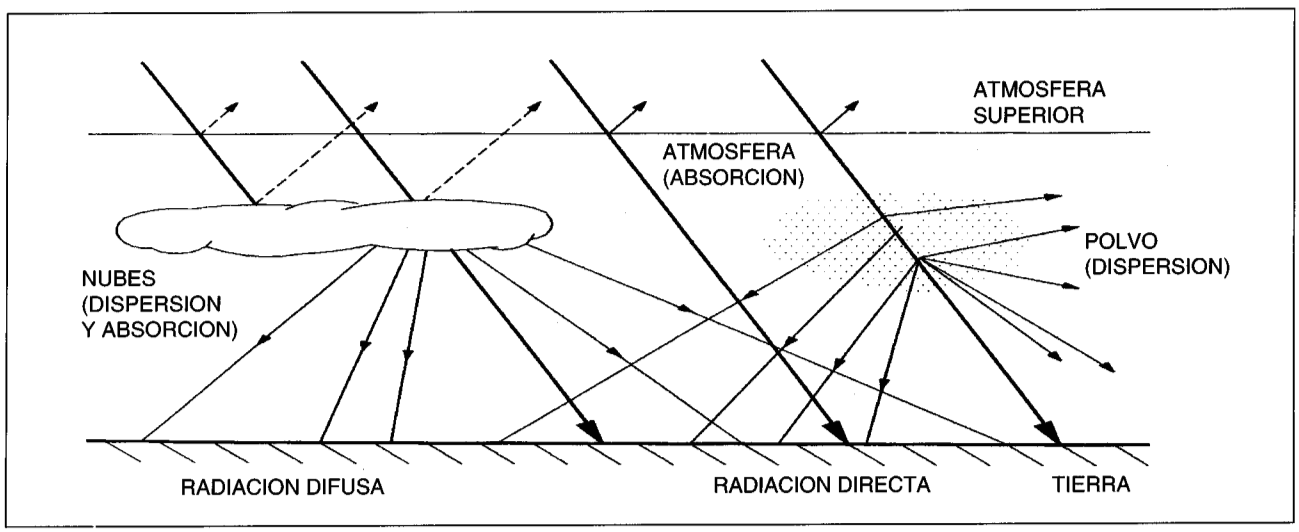



Figura 2. Efectos de la atmósfera sobre la radiación solar.

estuviera fuera de la atmósfera terrestre. Por lo tanto, es un parámetro que permite conocer el grado de atenuación global que sufre la radiación solar al atravesar la atmósfera terrestre en un lugar geográfico determinado.

## 2.3 Equipos de medida de la radiación solar

Para la medida de los parámetros relacionados con la radiación solar se utilizan diferentes tipos de instrumentos.

El *piranómetro* (Figura 3-a) se utiliza para medir la irradiancia global. Consta de un cuerpo principal y una superficie negra entre las que se coloca una termopila. La superficie negra se protege del exterior por una o dos cubiertas de cristal. Al incidir la radiación solar sobre el cuerpo negro, éste se calienta generando una tensión en la termopila. Esta diferencia de potencial es proporcional a la irradiancia solar incidente.

Figura 3 - A. PIRANOMETRO: Instrumento utilizado para medir la irradiancia global.

La irradiancia difusa se mide mediante un piranómetro con banda de sombras (Figura 3-b), mediante la que se protege la superficie negra del mismo contra la incidencia directa de los rayos del Sol. Periódicamente es necesario ajustar la posición de la banda metálica para compensar las variaciones de la altura del Sol a lo largo del año. Los valores registrados deben corregirse para tener en cuenta la fracción de cielo que la banda de sombras impide ver al disco negro.

Figura 3 - B. PIRANOMETRO CON BANDA DE SOMBRAS: Instrumento utilizado para medir la irradiancia difusa.

La irradiancia directa se mide mediante el *pirheliómetro*. Tiene el mismo principio de medida que el piranómetro, pero en este caso la superficie negra está en el interior de un tubo estrecho, de tal forma que ve únicamente el disco solar. Todo el sistema de medida va montado sobre un mecanismo que orienta permanentemente el tubo en la dirección del Sol.

La insolación se mide mediante el *solarímetro* o *heliógrafo*. Este aparato de medida ha sido y es actualmente muy utilizado en los observatorios meteorológicos de todo el mundo. Consta de una esfera de cristal que concentra los rayos procedentes del disco solar sobre una tira de papel que se va quemando progresivamente. De esta forma queda registrada la duración de la insolación. La medida presenta algunos problemas, así se necesita una intensidad de radiación solar superior a 200 W/m$^2$ para se queme el papel. Asimismo este suceso está influenciado por el grado de humedad de la tira de papel, que a su vez depende de la humedad ambiental.

## 3. DISTRIBUCION DE LA RADIACION SOLAR. INSOLACION. DEFINICION DE LAS ZONAS SOLARES

La distribución de la radiación solar en el País Vasco está condicionada por las características geográficas y climatológicas de la región. Los factores que influyen con mayor incidencia son:

— La latitud de la zona, comprendida entre 42.5 y 43.5 grados, con un valor promedio de 43 grados. En esta latitud la duración del día es muy diferente entre verano e invierno (cerca de 9 horas el 21 de diciembre y 15 horas el 21 de junio) lo cual origina que la irradiación media en junio sea aproximadamente cinco veces superior a la de enero.

— Las principales cadenas montañosas del País Vasco tienen una orientación Este-Oeste y la dirección predominante de los vientos húmedos es del Oeste-Noroeste-Norte. Ambos factores originan que los montes retengan las nubes en la zona Norte y los cielos queden más despejados en la Sur, provocando que tanto la insolación como la irradiación aumenten rápidamente al pasar desde la costa al interior.

Para poder agrupar y caracterizar la distribución de la radiación solar en un territorio se utiliza el concepto de «zona solar», entendida como aquella área del territorio donde las condiciones de radiación solar son similares entre sí. Ello permite calcular las condiciones de radiación solar en una zona solar determinada si se conocen los datos en un punto cualquiera de dicha zona.

Los datos de irradiación disponibles hasta el presente, tanto de los observatorios del INM (Igeldo –desde el año 1982–, Sondica (1976), Vitoria (1978) y Logroño (*) (1975)), como los de la red EM (1985) son insuficientes para cuantificar las diferencias de distribución geográfica de la radiación solar. Sin embargo, en Igeldo, Sondica, Vitoria y Logroño, existen registros de la insolación desde hace bastantes años y en número suficiente como para permitir realizar una aproximación de la distribución de la radiación solar.

En esta línea, al tratar de determinar la insolación media mensual en cada observatorio, aparecen diferencias sensibles entre los valores calculados en el período 1964-1988 (recopilación realizada por EVE con anterioridad) y los que se presentan en otros trabajos y que corresponden a períodos de tiempo diferentes. La tabla 1 y la figura 6 recogen los valores de insolación media mensual calculados en los períodos siguientes por distintos autores:

1er Período: El comprendido entre 1931 y 1961 (excepto en Sondica, en el que los datos abarcan el período 1947-1961).

2º Período: El comprendido entre 1964 y 1988 (excepto en Logroño, donde los datos comprenden el período 1968-1988).

3er Período: El comprendido entre 1950-1980.

Estudiando estos valores destacan las apreciables variaciones de la insolación mensual en los observatorios de Igeldo, Sondica y Vitoria entre el primer y el segundo período. La explicación de este comportamiento reside probablemente en que períodos de orden de 25 a 30 años no son todavía lo suficientemente prolongados como para que se obtengan unos valores medios de insolación estabilizados. Como ejemplo de este comportamiento, la figura 7 muestra, para los observatorios de Igeldo, Vitoria y Logroño, la distribución de valores de insolación mensual en

(*) Se incluye el observatorio de Logroño debido a que, aunque no se encuentre en el País Vasco, sus datos se pueden considerar representativos de la Rioja Alavesa.

| MES | SONDICA | | | IGELDO | | | VITORIA | | | LOGROÑO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| ENERO | 78 | 70 | 74 | 93 | 79 | 87 | 59 | 71 | 83 | 105 | 102 | 105 |
| FEBRERO | 95 | 84 | 90 | 109 | 86 | 98 | 90 | 95 | 100 | 129 | 123 | 126 |
| MARZO | 133 | 108 | 118 | 152 | 116 | 136 | 134 | 130 | 126 | 167 | 156 | 161 |
| ABRIL | 147 | 114 | 126 | 156 | 119 | 141 | 135 | 141 | 145 | 183 | 171 | 177 |
| MAYO | 189 | 148 | 164 | 195 | 152 | 177 | 174 | 177 | 180 | 226 | 207 | 210 |
| JUNIO | 180 | 164 | 171 | 204 | 175 | 192 | 186 | 198 | 211 | 258 | 247 | 260 |
| JULIO | 198 | 182 | 189 | 214 | 190 | 202 | 234 | 239 | 239 | 301 | 300 | 301 |
| AGOSTO | 192 | 168 | 177 | 214 | 181 | 198 | 214 | 226 | 220 | 282 | 276 | 279 |
| SETIEMBRE | 150 | 146 | 147 | 162 | 155 | 159 | 174 | 177 | 178 | 198 | 208 | 204 |
| OCTUBRE | 136 | 121 | 127 | 146 | 131 | 140 | 124 | 133 | 144 | 149 | 167 | 158 |
| NOVIEMBRE | 87 | 87 | 87 | 105 | 101 | 102 | 72 | 84 | 98 | 120 | 114 | 117 |
| DICIEMBRE | 68 | 65 | 65 | 82 | 77 | 81 | 47 | 56 | 70 | 96 | 93 | 94 |
| AÑO | 1653 | 1457 | 1535 | 1832 | 1562 | 1713 | 1643 | 1727 | 1794 | 2214 | 2164 | 2192 |

Las columnas 1, 2 y 3 se corresponden con los tres periodos definidos: 1er Período: 1931-1961; 2º Período: 1964-1988 y 3er Período: 1950-1980.

**Tabla 1. Insolación media mensual en los observatorios de Sondica, Igeldo, Vitoria y Logroño.**

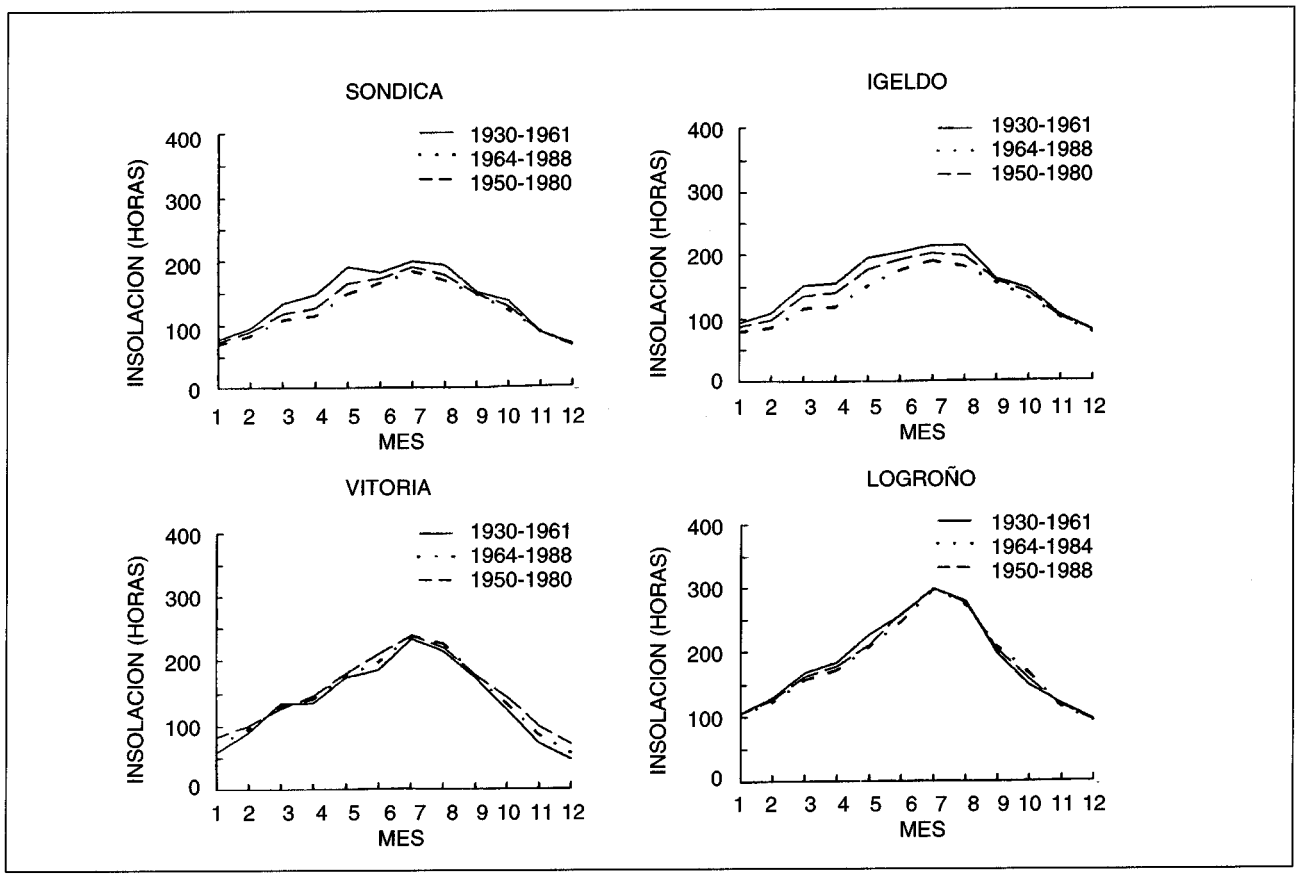
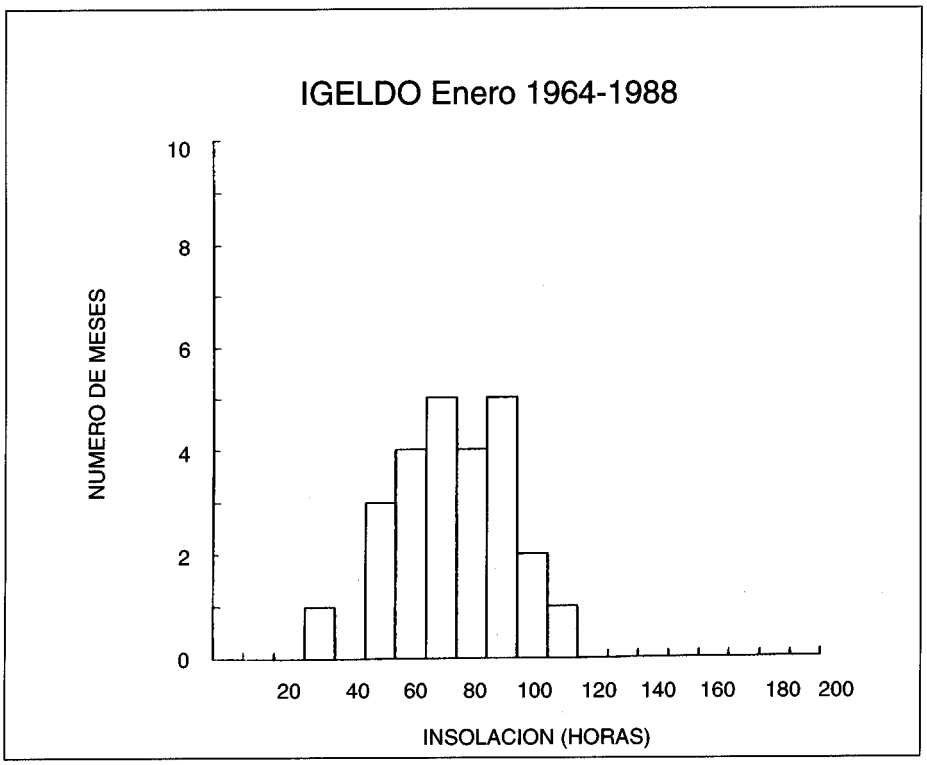



Figura 6. Insolación media mensual en los observatorios de Sondica, Igeldo, Vitoria y Logroño en diferentes períodos de tiempo.

los meses de Enero y Julio en el período 1964-1988, donde se aprecia claramente la fuerte dispersión de los datos y el poco sentido que puede tener el valor medio. A modo de conclusión se puede decir que una de las características de la insolación solar es la fuerte variabilidad que puede presentar un mismo mes a lo largo de diferentes años.



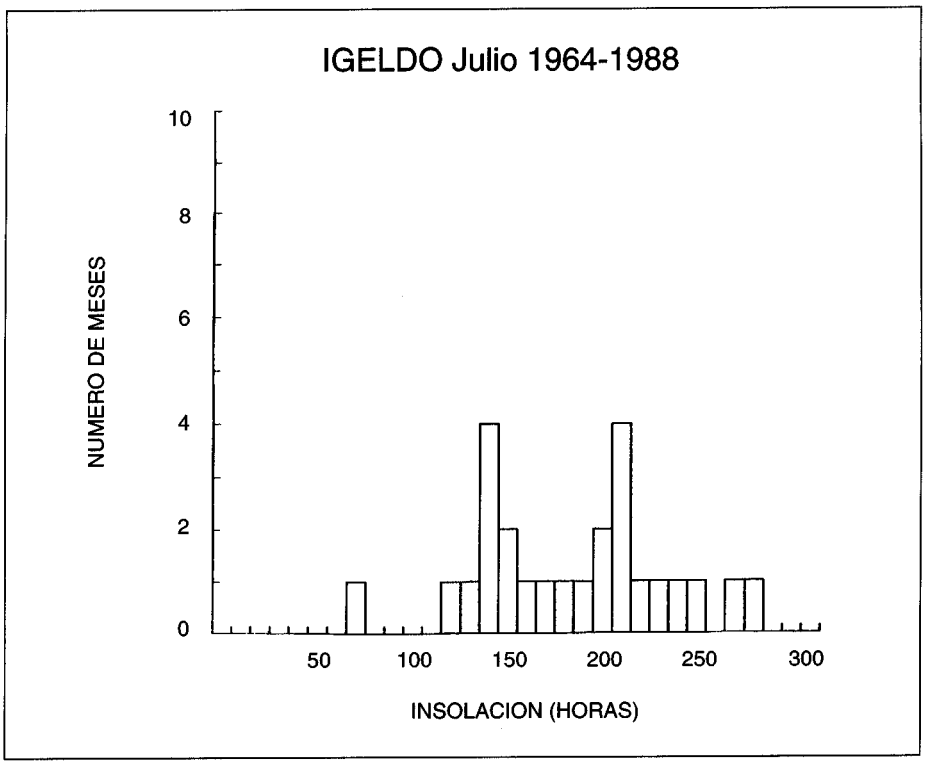
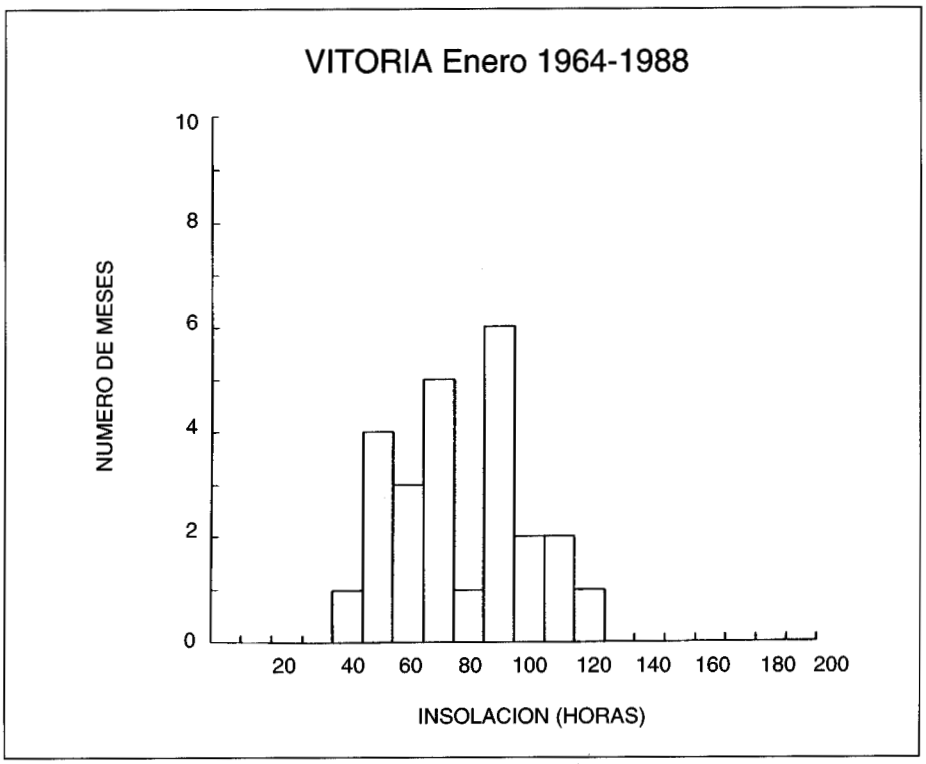




Figura 7 - A. Insolación media registrada en Igeldo en los meses de Enero y Julio. Período 1964-1988.



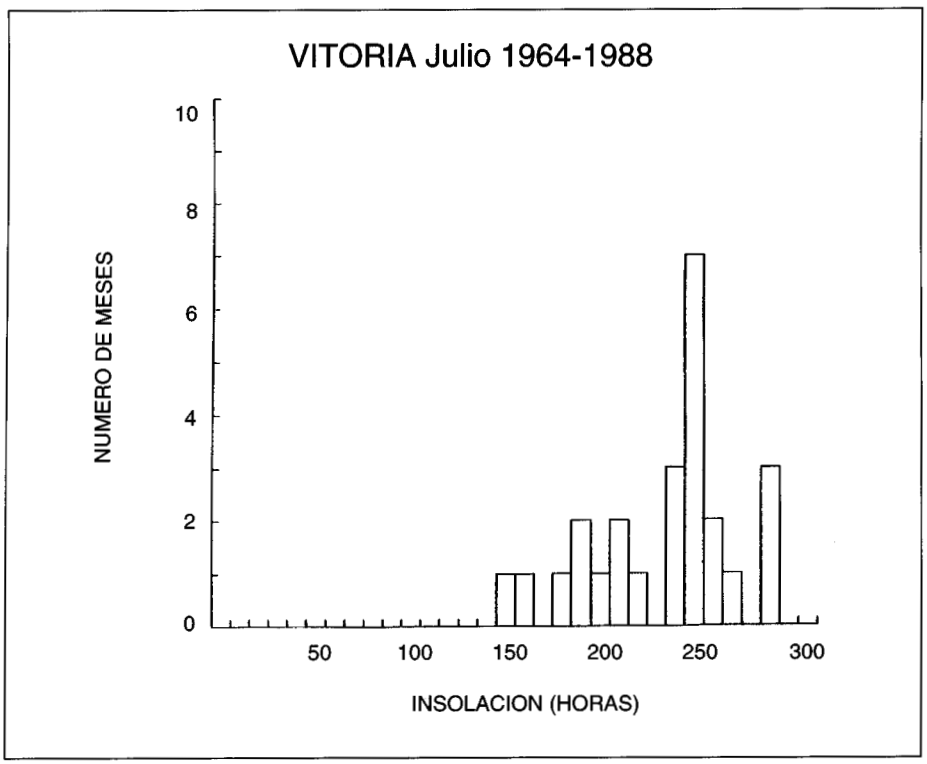
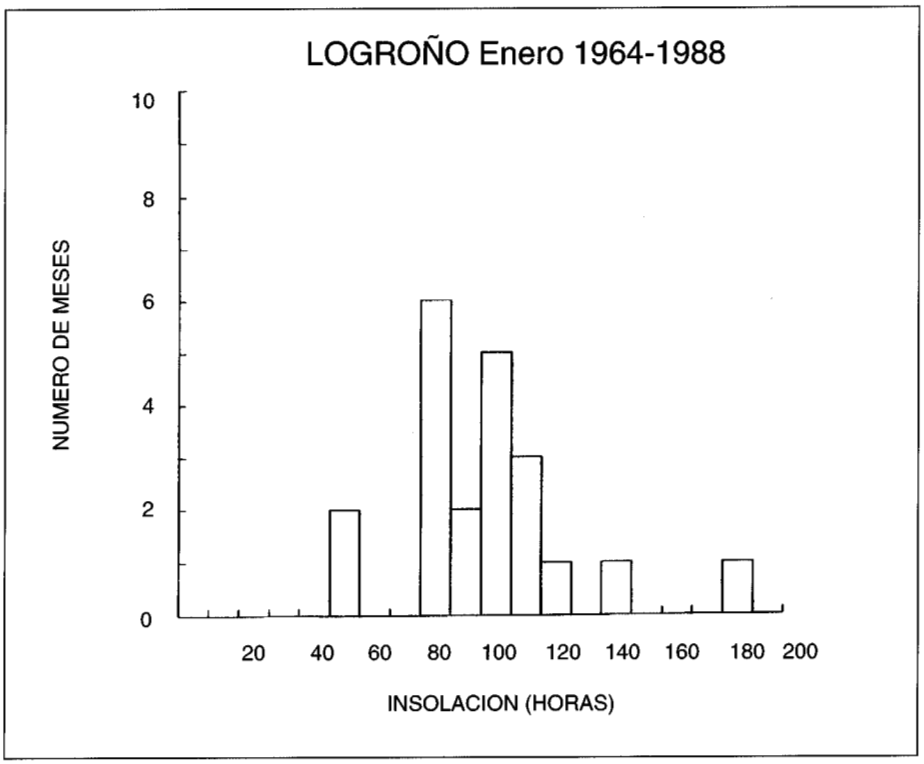




Figura 7 - B. Insolación media registrada en Vitoria en los meses de Enero y Julio. Período 1964-1988.



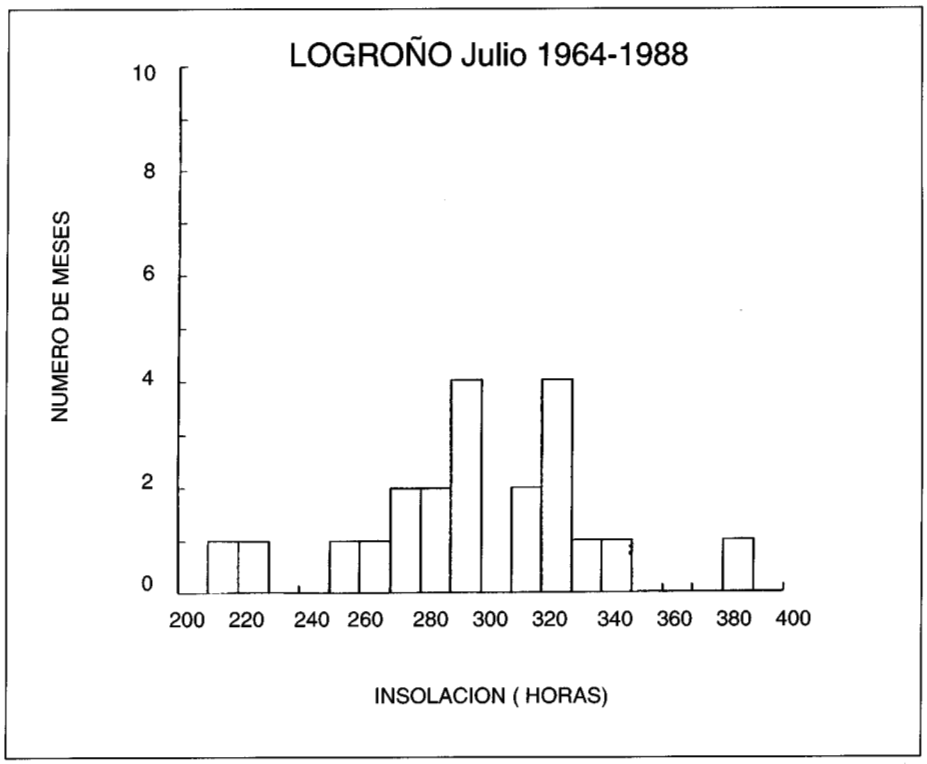




Figura 7 - C. Insolación media registrada en Logroño en los meses de Enero y Julio. Período 1968-1988.

A la vista de esta situación y debido a que los períodos de datos (referencias 1 y 2) son prácticamente consecutivos, se ha tomado como valor de la insolación media mensual el promedio de los períodos 1930-1961 y 1964-1988, que corresponde a un período de aproximadamente 55 años. La tabla 2 recoge los valores medios resultantes y la figura 8 los presenta de forma gráfica.

| | SONDICA | IGELDO | VITORIA | LOGROÑO |
|---|---|---|---|---|
| ENERO | 73 | 87 | 70 | 104 |
| FEBRERO | 88 | 98 | 95 | 126 |
| MARZO | 117 | 136 | 130 | 161 |
| ABRIL | 126 | 140 | 140 | 178 |
| MAYO | 163 | 176 | 177 | 218 |
| JUNIO | 170 | 191 | 197 | 253 |
| JULIO | 188 | 203 | 236 | 300 |
| AGOSTO | 177 | 199 | 217 | 279 |
| SETIEMBRE | 147 | 159 | 176 | 202 |
| OCTUBRE | 127 | 139 | 133 | 157 |
| NOVIEMBRE | 87 | 103 | 84 | 117 |
| DICIEMBRE | 66 | 79 | 57 | 94 |
| AÑO | 1529 | 1710 | 1712 | 2189 |

Tabla 2. Valores de insolación media mensual. Período 1930-1988.

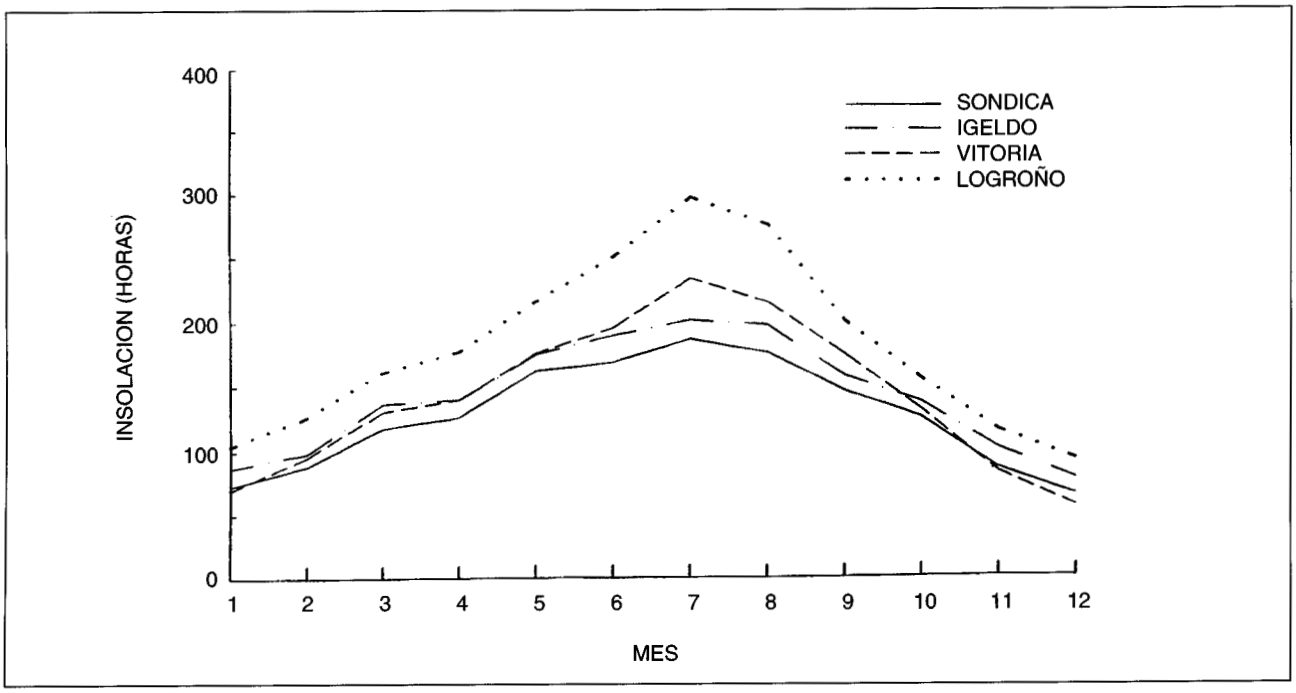



Figura 8. Representación gráfica de los valores de la insolación media mensual en el período 1930-1988.

Estudiando la figura 8 se observa el comportamiento siguiente:

— Los valores de Igeldo y Sondica están cercanos entre sí y son paralelos a lo largo del año.

— Los valores de Logroño quedan claramente diferenciados hacia arriba.

— Los valores de Vitoria están en una posición intermedia entre los de Igeldo y Logroño durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Setiembre, pareciéndose a los de Igeldo el resto del año.

El análisis anterior sobre la distribución de la insolación permite distinguir tres zonas solares en la Comunidad Autónoma del País Vasco, que se denominarán:

- **Zona Costera**
- **Zona de la Rioja Alavesa**
- **Zona Intermedia**

La **Zona Costera,** que se caracteriza por los datos de los observatorios de Sondica e Igeldo, parece presentar una pequeña subdivisión entre la zona cercana al litoral y el interior. Esta diferencia también se refleja en los datos de irradiación, que generalmente son un 4% más altos en Igeldo que en Sondica.

Los datos de Logroño caracterizan a la **Zona de la Rioja Alavesa** que tiene unas condiciones de radiación solar cercanas a las que se presentan en las regiones mediterráneas.

La **Zona Intermedia** se caracteriza por la fuerte variación que sufren tanto la insolación e irradiación al moverse de Norte a Sur y, por lo tanto, no puede considerarse como una típica «zona solar». Los datos de Vitoria pueden servir de referencia del centro de la zona intermedia. En esta zona la posición de los montes tiene una influencia decisiva en la distribución de la radiación solar. Se pueden distinguir dos subzonas: una situada al Norte de los montes de Vitoria, que guarda mayor similitud con la zona costera y, otra, situada al Sur donde la radiación solar tiende a acercarse a los valores de la Rioja Alavesa.

Los valores experimentales de irradiación solar recogidos en las estaciones del INM y de la red EM parecen estar de acuerdo con la diferenciación de zonas establecidas anteriormente. Como ejemplo se incluye la figura 9 donde se presentan los valores de la irradiación global media mensual registrados en el año 1985. Se puede observar que, a pesar de las incidencias particulares que se presentan en un año dado, la forma de las curvas se asemeja a las curvas de insolación de la figura 8.

La figura 10 muestra la distribución geográfica

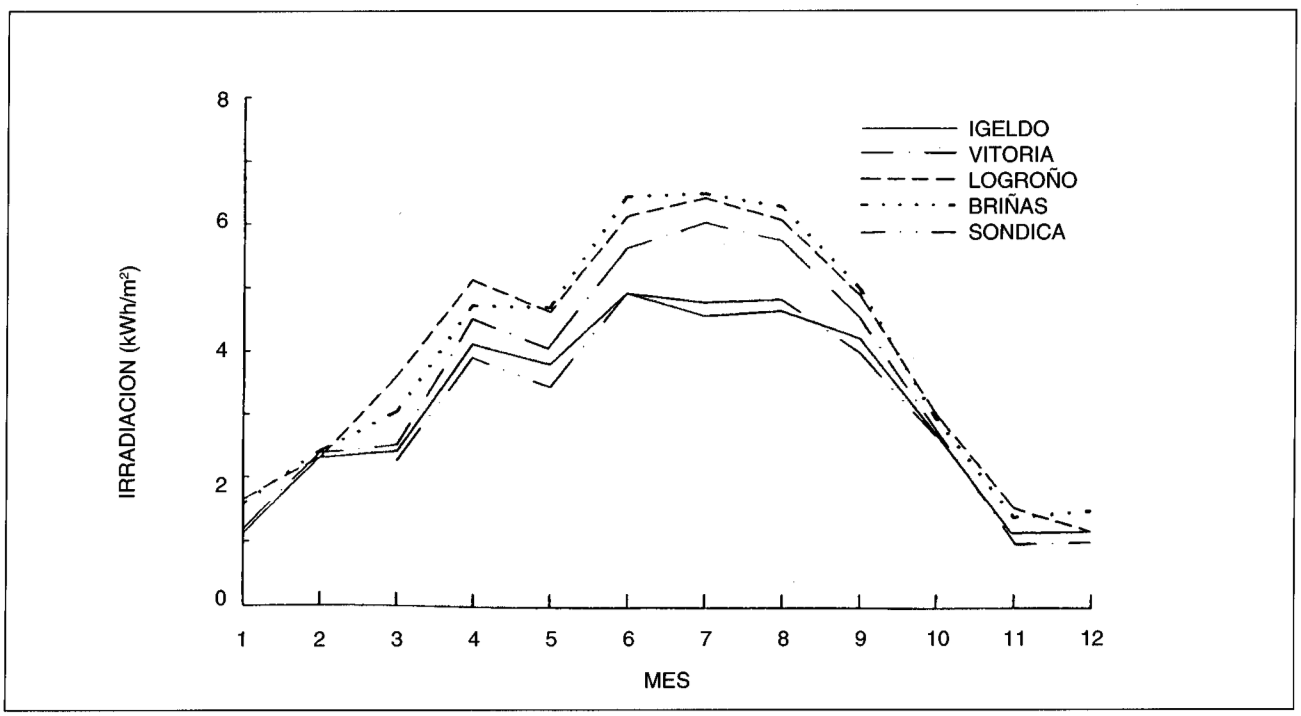



Figura 9. Valores de irradiación media diaria registrados en el año 1985.

de cada zona y las poblaciones más importantes incluidas en cada una de ellas.

La figura 11 muestra la distribución de isolíneas de insolación en la Comunidad Autónoma. Estas curvas se han dibujado teniendo en cuenta los valores medios de insolación mensual en las cuatro estaciones citadas anteriormente y consideraciones de tipo geográfico y orográfico.

Figura 10. Distribución geográfica de las zonas solares en la CAPV.

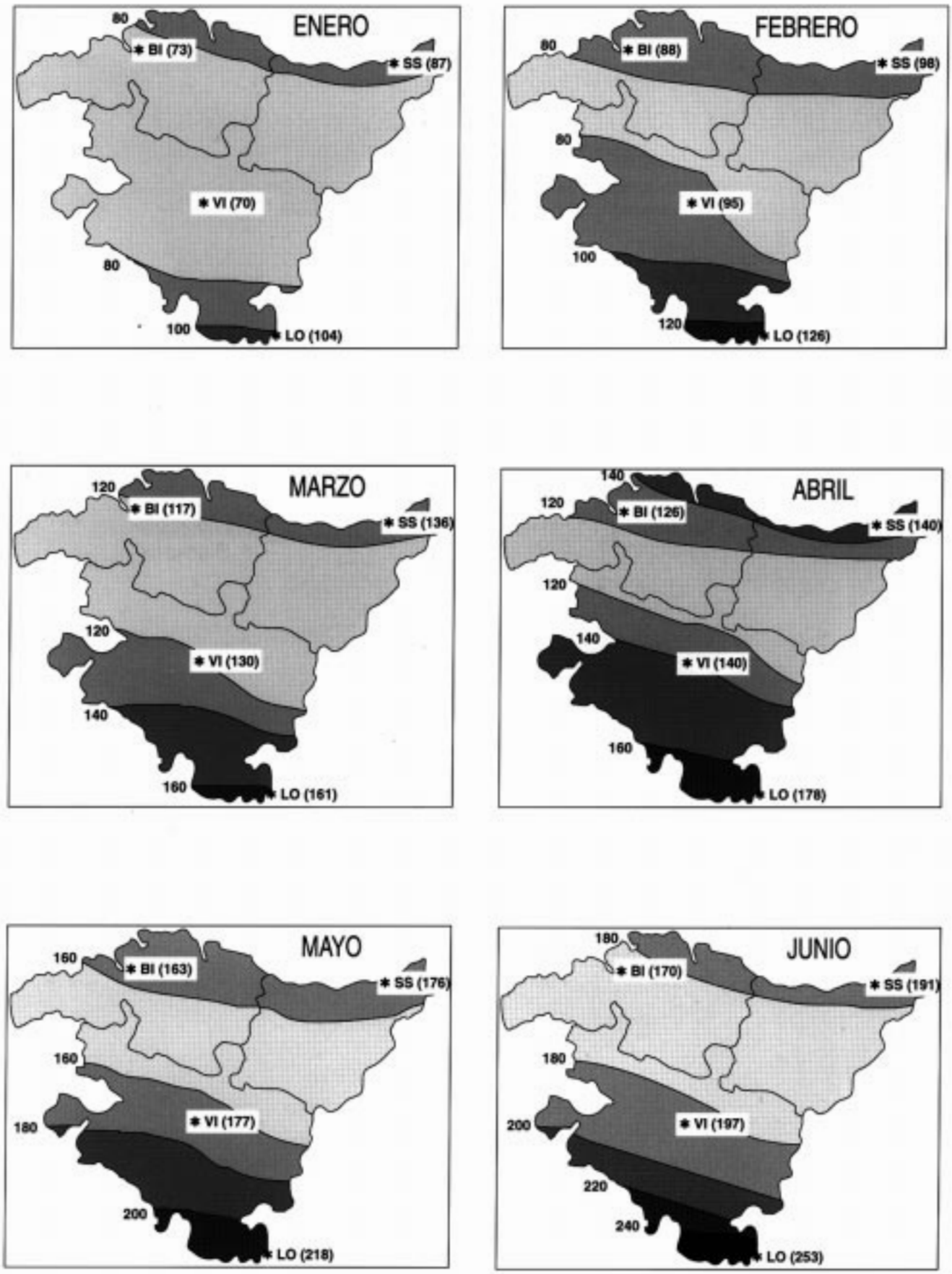



Figura 11. Isolíneas de insolación. Los valores están dados en horas medias de sol diarias.

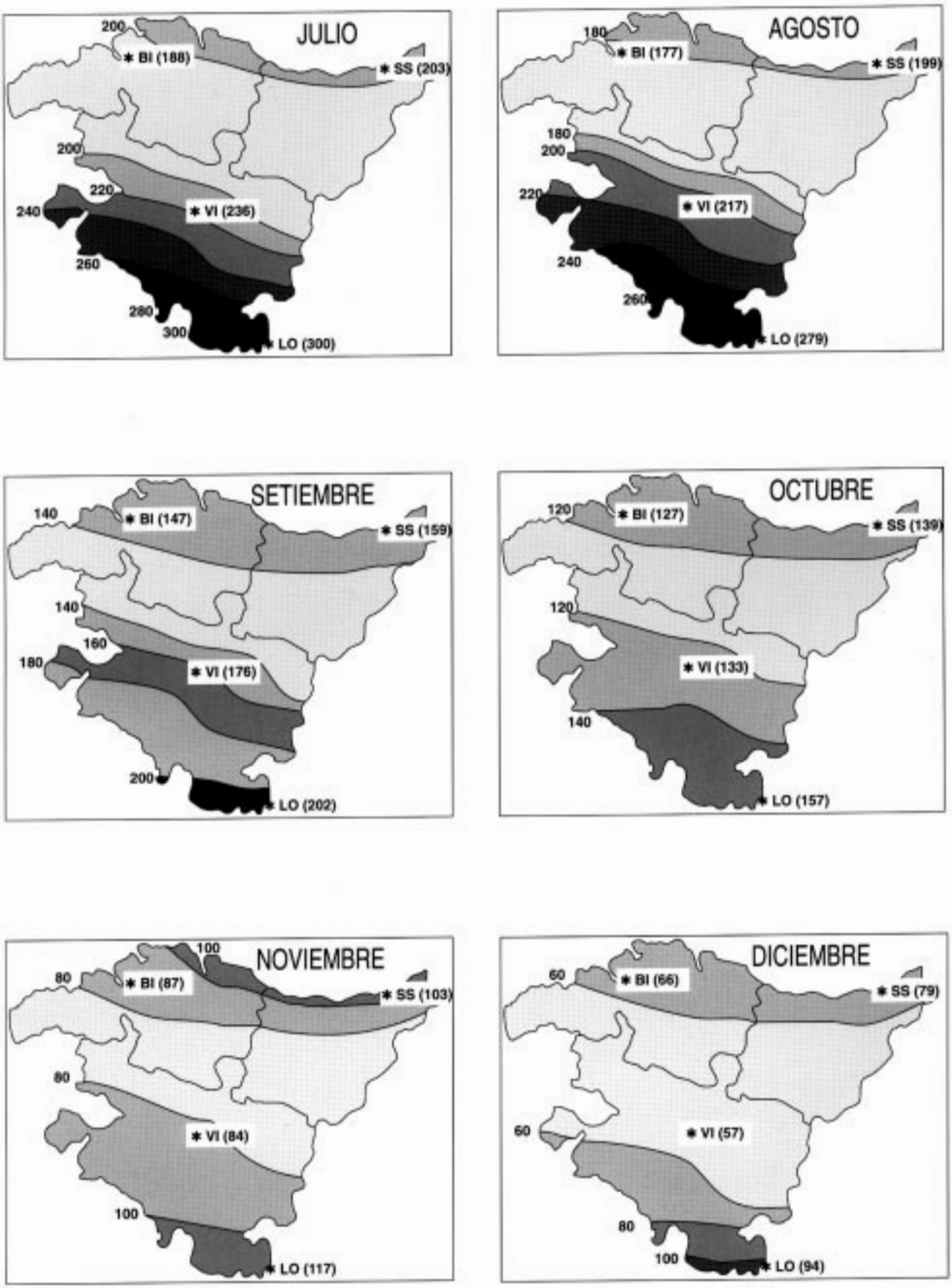



Figura 11. Isolíneas de insolación. Los valores están dados en horas medias de sol diarias.

## 4. IRRADIACION SOLAR EN DIAS DESPEJADOS

En este capítulo se presentan los valores que registra la irradiancia e irradiación en los días despejados de máxima claridad en cada mes del año. Estos datos sirven para determinar la máxima irradiación solar que incide en una superficie dada en un día despejado y en cualquier fecha del año. Esta información es útil para la determinación de cargas de calefacción y aire acondicionado y para el cálculo de las temperaturas máximas que pueden alcanzar los colectores de radiación solar (paneles planos, paneles fotovoltaicos, etc.) y los elementos pasivos en arquitectura solar (miradores, paredes trombe, etc.).

Se definen los **días despejados de máxima claridad** como aquellos en los que no se presentan nubes (días despejados) y que al mismo tiempo la presencia de aerosoles y humedad en la atmósfera es mínima (máxima claridad), lo que hace que la irradiancia solar que alcanza el suelo sea alta. Es importante el hecho de que no exista nubosidad ya que, en días parcialmente nublados, la reflexión de la radiación solar por las nubes puede originar que se registren valores de irradiancia superiores a los de los días claros .

La irradiancia solar que se recibe en la superficie terrestre en un día despejado depende, fuertemente, de las condiciones de turbiedad de la atmósfera que a su vez es función de la humedad existente, de las partículas de polvo dispersas, contaminantes, etc. El color del cielo es una buena indicación de la claridad de la atmósfera, así cuanto más azul aparezca mayor es su claridad. Por el contrario, si la turbiedad es grande, el cielo puede presentar un aspecto blanquecino o lechoso, a pesar de estar despejado.

El modelo de cálculo desarrollado y utilizado por la CCE para elaborar el «Atlas Europeo de Radiación» (5), (en adelante se denominará «Método CCE»), permite calcular los valores de irradiancia e irradiación en días despejados de máxima claridad.

En este modelo el parámetro que caracteriza la claridad de la atmósfera es el Factor de Turbiedad de Linke (FTLC) que se define como el cociente entre el coeficiente de extinción global (calculado para todas las longitudes de onda del espectro solar) de la atmósfera y el coeficiente de extinción que tendría una atmósfera seca y sin aerosoles ni polvo (*).

El factor de turbiedad de Linke es función de la altura del Sol. Para tener en cuenta esta dependencia se toma como referencia el factor de turbiedad a una altura del Sol de 30 grados. Este valor de la altura del Sol corresponde a una masa de aire igual a dos (AM=2), es decir, que la radiación solar, al incidir inclinada, atraviesa una longitud de aire igual a dos veces el espesor de la atmósfera. El valor del factor de turbiedad a otras alturas de Sol se calcula mediante relaciones adecuadas.

El factor de turbiedad de Linke característico de cada mes se determina a partir del valor de las sumas de las constantes «a» y «b» mensuales

(*) El coeficiente de extinción es un parámetro que indica con qué rapidez una sustancia absorbe la radiación de una longitud de onda determinada. Generalmente su valor depende de la longitud de onda, así, por ejemplo, el cristal deja pasar casi toda la radiación visible, por lo tanto su coeficiente de extinción en el visible es pequeño, pero absorbe casi totalmente la radiación infrarroja, y en este caso su coeficiente de extinción es elevado.

de la ecuación de Angström-Page (*).

El procedimiento para calcular la irradiación en un día despejado en la superficie horizontal es el siguiente:

1. Se determina, a la hora media entre las horas (por ejemplo a las 11:30 para las horas 11 y 12) la irradiancia directa en la superficie terrestre a partir del valor de la irradiancia extraterrestre y del coeficiente de turbiedad de Linke.
2. Se calcula la irradiancia difusa que llega a la superficie como la mitad de la diferencia entre el valor de la irradiancia extraterrestre y la suma de la irradiancia directa a nivel de suelo y la irradiancia absorbida por la atmósfera. El valor final de la irradiancia difusa se obtiene aplicando un factor corrector al valor calculado inicialmente. El factor corrector se ha determinado a partir de los valores medidos de la irradiancia difusa en una serie de estaciones distribuidas a lo largo de la Comunidad Europea.
3. Se integran a lo largo del día los valores de la irradiancia directa y difusa para obtener los valores correspondientes de la irradiación.

El valor de la irradiancia sobre una superficie de inclinación y de orientación dada se calcula a partir de los valores de las irradiancias directa y difusa en la superficie horizontal añadiéndole el aporte de la radiación reflejada por el suelo. El paso de los valores de irradiancia de la superficie horizontal a la superficie inclinada se realiza de forma diferente para la irradiancia directa y la difusa. La irradiancia directa se transforma fácilmente mediante consideraciones geométricas. La transformación de la irradiancia difusa se realiza teniendo en cuenta la distribución de la luminosidad del cielo. La irradiancia reflejada por el suelo y que alcanza la superficie inclinada se calcula suponiendo que la radiación reflejada es de tipo difuso y que llega a la superficie con un ángulo aproximado de 60 grados. Se considera que el «albedo» o coeficiente de reflexión del suelo para la radiación global toma un valor de 0.2.

Los valores de la irradiación mensual en días despejados de máxima claridad se determinan para una serie de días característicos en cada mes (tabla 3). La elección de estos días viene motivada por la comprobación estadística de que los días despejados en los que se registran los mayores valores de irradiación se presentan hacia el final del mes, en la primera mitad del año, y hacia primeros del mes, en la segunda mitad.

Para el lector que desee una mayor profundización en el procedimiento de cálculo empleado en el método de la CCE se le recomienda que acceda a la publicación de la referencia (5).

La tabla 4 proporciona los valores mensuales del factor de turbiedad de Linke FTLC, calculados con los datos recogidos en los observatorios de Igeldo, Sondica, Vitoria y Logroño. Se observa que no existe una variación notable entre los valores mensuales en cada observatorio y entre los de los diferentes observatorios entre sí, por lo que se ha optado por utilizar uno común para

(*) La ecuación de Angström-Page se expresa mediante la relación:

$G/G_0=a+b * (S/S_0)$

donde:

G: irradiación horizontal a nivel del suelo

$G_0$: la irradiación horizontal extraterrestre.

«a» y «b» son dos constantes que dependen de las caracteríticas climatológicas del lugar.

S: la insolación.

$S_0$: la duración teórica del día.

La expresión de Angström-Page se utiliza para calcular valores de la irradiación global a partir de los valores de la insolación una vez que se conocen las constantes «a» y «b» del emplazamiento.

todas las estaciones. Esta aproximación implica la aceptación de que en los días despejados de máxima claridad las condiciones de turbiedad que condicionan la transmisión de radiación solar por la atmósfera son prácticamente similares a lo largo de todo el País Vasco.
En consecuencia, se ha elegido un valor del FTLC igual a 3.25 para todos los observatorios y meses del año.

La tabla 5 recoge los valores diarios, para cada mes del año, de la irradiación (global, directa y difusa), en los días despejados de máxima claridad, calculados con el valor del FTLC seleccionado (FTLC = 3.25).

| MES | DIA DEL MES |
|---|---|
| ENERO | 29 |
| FEBRERO | 26 |
| MARZO | 29 |
| ABRIL | 28 |
| MAYO | 29 |
| JUNIO | 21 |
| JULIO | 4 |
| AGOSTO | 4 |
| SETIEMBRE | 4 |
| OCTUBRE | 4 |
| NOVIEMBRE | 4 |
| DICIEMBRE | 4 |

Tabla 3. Días del mes seleccionados para el cálculo de los valores de irradiación en días despejados.

| | SONDICA | IGELDO | VITORIA | LOGROÑO |
|---|---|---|---|---|
| ENERO | 3.15 | 3.01 | 3.17 | 3.23 |
| FEBRERO | 3.46 | 2.89 | 3.07 | 3.14 |
| MARZO | 3.61 | 2.45 | 2.33 | 2.52 |
| ABRIL | 3.43 | 3.33 | 3.18 | 2.94 |
| MAYO | 3.59 | 3.03 | 3.17 | 3.40 |
| JUNIO | 3.36 | 2.91 | 3.23 | 3.50 |
| JULIO | 3.52 | 3.11 | 3.65 | 3.25 |
| AGOSTO | 4.53 | 3.55 | 4.29 | 3.91 |
| SETIEMBRE | 3.48 | 3.77 | 3.18 | 3.43 |
| OCTUBRE | 3.10 | 3.29 | 3.30 | 2.89 |
| NOVIEMBRE | 2.68 | 3.44 | 3.33 | 3.01 |
| DICIEMBRE | 3.24 | 3.29 | 3.25 | 3.33 |
| VALOR MEDIO | 3.43 | 3.18 | 3.26 | 3.25 |

Tabla 4. Valores obtenidos del factor de turbiedad de Linke (FTLC) para el modelo de irradiación en días despejados. Observatorios de Sondica, Igeldo, Vitoria y Logroño.

Teniendo en cuenta las condiciones climatológicas predominantes en el País Vasco, es difícil que se presenten días despejados de máxima claridad en todo el concepto del término, debido fundamentalmente a dos razones:

1. Son escasos los días en los que no se presenten nubes en el cielo.
2. Los días despejados se caracterizan por ser de poco viento, de manera que es fácil que por las mañanas quede aire frío estancado al nivel del suelo, lo que provoca bien nieblas matinales, o que el humo y el polvo queden atrapados en esa capa de aire frío. Cuando se producen estos fenómenos desaparecen a

Unidades kWh/m²

| MES | GLOBAL | IRRADIACION DIRECTA | DIFUSA |
|---|---|---|---|
| ENERO | 2.90 | 2.21 | 0.69 |
| FEBRERO | 4.11 | 3.05 | 1.06 |
| MARZO | 5.67 | 4.59 | 1.08 |
| ABRIL | 7.26 | 6.03 | 1.23 |
| MAYO | 8.18 | 6.87 | 1.31 |
| JUNIO | 8.50 | 7.17 | 1.33 |
| JULIO | 8.36 | 7.04 | 1.32 |
| AGOSTO | 7.72 | 6.46 | 1.26 |
| SETIEMBRE | 6.49 | 5.38 | 1.11 |
| OCTUBRE | 4.90 | 3.96 | 0.94 |
| NOVIEMBRE | 3.30 | 2.56 | 0.74 |
| DICIEMBRE | 2.33 | 1.75 | 0.58 |

Tabla 5. Valores mensuales de irradiación (global, directa y difusa) calculados por el Método CE en días despejados de máxima claridad.

media mañana quedando el día claro.

A modo de ilustración, en las figuras 12 y 13, se comparan los datos proporcionados por el modelo de días despejados y los medidos experimentalmente en las estaciones de meteorológicas (Igeldo, Mondragón, Vitoria y Briñas) de la red EM del EVE.

La figura 12 muestra las curvas de irradiación horaria medidas en las estaciones anteriores y los valores calculados por el modelo en días despejados para el día 22 de Abril de 1989. Se aprecia que hacia el mediodía todas la estaciones presentan valores cercanos al del modelo. Además, en Mondragón y Vitoria se pueden distinguir la influencia de las nieblas matinales y la presencia de obstáculos hacia la tarde (ver apéndice 1).

Los efectos de estancamiento de la átmosfera por las mañanas hacen que el valor de la irradiación diaria calculado por el modelo sea siempre superior, entre un 3% y un 4%, a los medidos experimentalmente. Si se presentan nieblas, el factor de reducción aumenta considerablemente y es función de la duración de las nieblas.

La figura 13 muestra la comparación entre los valores experimentales y los calculados por el modelo de la irradiación horaria en Mondragón en superficies orientadas a 45° Sur, 90° Sur y 90° Oeste para el día 22-abril-1989. De forma global se observa que las predicciones del modelo están próximas a los resultados experimentales en la curva. También se aprecia que las diferencias son algo mayores en las superficies a 90° Sur y a 90° Oeste. Ello se debe a las propias características del emplazamiento de la estación de Mondragón: en la orientación 90° Sur influye la reflexión del suelo de la terraza, y en la orientación de 90° Oeste la irradiación medida queda alterada por la influencia de un edificio situado al Oeste del emplazamiento, el cual refleja la radiación a la mañana y obstruye el paso del Sol a la tarde.

En el apartado Tablas I se incluyen los valores horarios de irradiación solar global y difusa en días despejados de máxima claridad.

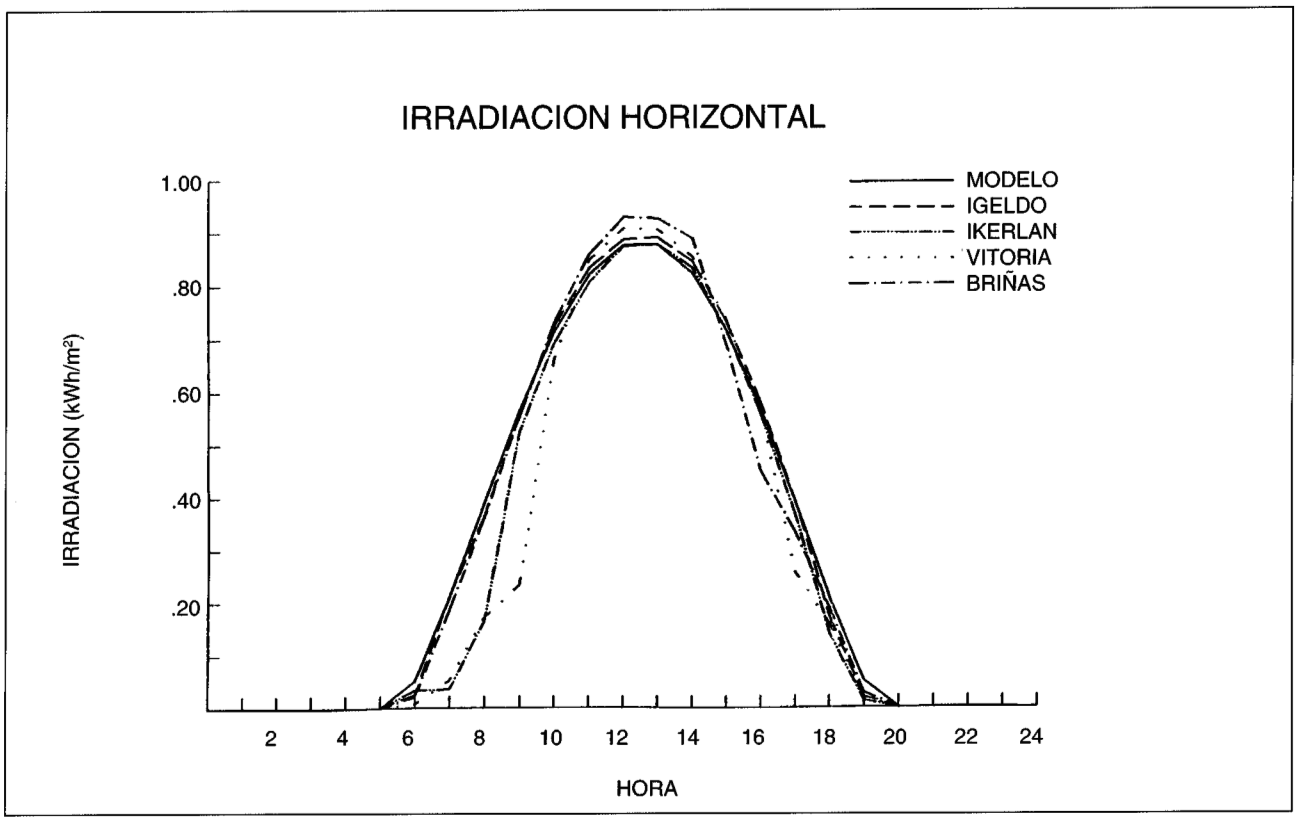



Figura 12. Valores de irradiación global registrados en diferentes estaciones el día 22 de Abril de 1989.

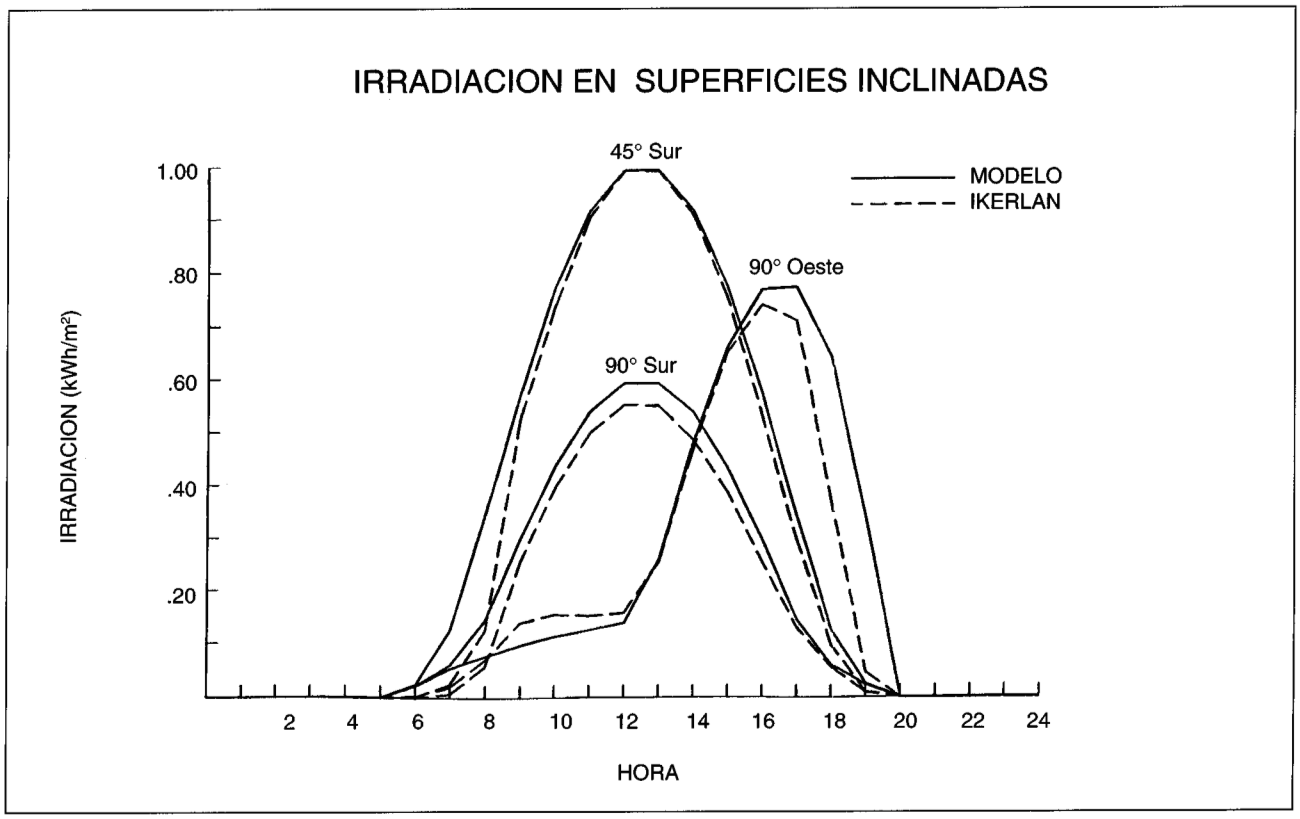



Figura 13. Valores de irradiación global registrados el 22 de Abril de 1989 en superficies orientadas a 45,5 m; 90,5 m; y, 90° Oeste.

## 5. IRRADIACION MEDIA MENSUAL

La irradiación media mensual (global, directa, o difusa, en cada caso) se define como el valor medio, en una serie de años, de los valores de irradiación diaria (global, directa y difusa) promediados mes a mes. Este parámetro indica, para cada mes, la energía solar media diaria que incide en una superficie determinada.

Como las variaciones de la irradiación mensual pueden ser grandes de un año a otro, se considera que son necesarios datos de irradiación en 20 o 25 años para obtener valores medios correctos. Sin embargo, tal como se ha mencionado al comentar las variaciones interanuales de la insolación, el período de años para obtener valores medios puede ser superior al anteriormente citado en las zonas cercanas al litoral.

Hasta el momento presente no se cuenta con datos de irradiación experimentales durante un número suficiente de años como para disponer de datos medios fiables. Por este motivo, el cálculo se realiza mediante modelos teóricos que, en general, utilizan la insolación como dato de partida.

En la publicación «Condiciones de Sol en la Comunidad Autónoma Vasca» (2), se empleó el modelo de Angström-Page para calcular los valores de la irradiación global media mensual sobre superficie horizontal. Los resultados de este modelo se presentan en la primera columna de la tabla 8.

El método de la CE, anteriormente citado, realiza el cálculo de valores medios de irradiación de una forma diferente a la anterior. El modelo distingue tres tipos de días: despejados, cubiertos y parcialmente cubiertos, y calcula los valores horarios de la irradiancia sobre la superficie horizontal e inclinadas para cada tipo de día.

En los días despejados utiliza el modelo explicado en el apartado 4, pero en este caso se emplean unos valores diferentes del factor de turbiedad de Linke FTLM (tabla 6). La razón de esta modificación es que las condiciones de turbiedad medias en un conjunto de días claros son diferentes de las de los días despejados de máxima claridad.

En los días cubiertos utiliza una distribución de valores de irradiancia calculada a partir de los datos que se han registrado en diferentes obser-

| MES | SONDICA | IGELDO | VITORIA | LOGROÑO |
|---|---|---|---|---|
| ENERO | 2.48 | 2.38 | 2.51 | 2.55 |
| FEBRERO | 3.29 | 2.75 | 2.92 | 2.99 |
| MARZO | 4.15 | 2.82 | 2.68 | 2.90 |
| ABRIL | 3.80 | 3.68 | 3.51 | 3.26 |
| MAYO | 4.32 | 3.65 | 3.75 | 4.10 |
| JUNIO | 3.69 | 3.20 | 3.56 | 3.85 |
| JULIO | 4.29 | 3.80 | 4.45 | 3.96 |
| AGOSTO | 4.71 | 3.70 | 4.46 | 4.07 |
| SETIEMBRE | 3.56 | 3.85 | 3.26 | 3.51 |
| OCTUBRE | 3.02 | 3.20 | 3.21 | 2.81 |
| NOVIEMBRE | 2.38 | 3.05 | 2.94 | 2.66 |
| DICIEMBRE | 2.65 | 2.69 | 2.65 | 2.73 |

Tabla 6. Valores del factor de turbiedad de Linke (FTLM), para el modelo de valores medios mensuales de irradiación calculados en los observatorios de Sondica, Igeldo, Vitoria y Logroño.

vatorios en días cubiertos. El modelo no tiene en cuenta el tipo de nubosidad presente, por lo que proporciona únicamente valores medios de irradiancia.

Los días parcialmente cubiertos se modelizan como una combinación de los días despejados y los días cubiertos teniendo en cuenta las horas de sol mensuales.

El cálculo de la irradiación media horaria se realiza en un día determinado para cada mes. Los día seleccionados, que figuran en la tabla 7, son aquellos en los que el valor de la irradiación extraterrestre es igual al valor medio de la irradiación extraterrestre diaria en el mes.

| MES | DIA |
|---|---|
| ENERO | 17 |
| FEBRERO | 15 |
| MARZO | 16 |
| ABRIL | 15 |
| MAYO | 15 |
| JUNIO | 11 |
| JULIO | 17 |
| AGOSTO | 16 |
| SETIEMBRE | 16 |
| OCTUBRE | 16 |
| NOVIEMBRE | 15 |
| DICIEMBRE | 11 |

**Tabla 7. Días fijados para el cálculo de la irradiación media mensual**

Los valores de la insolación media mensual, que se han utilizado como dato de entrada para el cálculo de los valores medios de irradiación, son los correspondientes al período 1930-1988, que se han presentado en la tabla 2.

La tabla 8, columna 2, recoge los valores medios mensuales de la irradiación global sobre la superficie horizontal para los observatorios de Sondica, Igeldo, Vitoria y Logroño, calculados por el método de la CE. En la misma tabla los compara con los valores calculados por otros procedimientos como son los de Angström-Page (columna 1) y los presentados en el Atlas de la Radiación Solar en España (columna 3). De la comparación entre lo distintos valores se deduce que:

1. El método de la CE predice valores algo inferiores a los calculados por el modelo de Angström-Page en los meses de invierno.
2. El método de la CE obtiene valores apreciablemente inferiores a los del modelo de Angström-Page en los meses de verano en Vitoria, y durante todo el año en Logroño. Llama la atención que estas desviaciones se presentan en los meses o zonas de alta insolación.

En términos generales, al comparar los valores anteriores con los datos experimentales de irradiación que se disponen, resaltan los aspectos siguientes:

1. Los valores que predice el modelo de Angström-Page resultan ser algo superiores a los experimentales en los meses de invierno y se ajustan bien en el resto del año, y este comportamiento es similar en todas las estaciones.
2. El modelo de la CE predice bien los valores de las estaciones de Igeldo y Sondica a lo largo de todo el año. En Vitoria este modelo proporciona valores inferiores a los experimentales durante los meses de verano. En Logroño los valores calculados se sitúan por debajo de los experimentales a lo largo de todo el año, siendo precisamente los valores registrados en Logroño los más fiables, puesto que las medidas de irradiación se extienden a lo largo de 15 años.

Sin embargo, el mayor detalle con el que el método de la CE calcula la irradiación difusa y su transformación a superficies inclinadas aconseja utilizar este modelo. El problema anterior se puede solucionar utilizando unos factores de

| MES | SONDICA | | | IGELDO | | | VITORIA | | | LOGROÑO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| ENERO | 1.43 | 1.33 | 1.20 | 1.52 | 1.46 | 1.30 | 1.40 | 1.35 | 1.20 | 1.77 | 1.59 | 1.70 |
| FEBRERO | 2.10 | 1.99 | 1.90 | 2.19 | 2.17 | 2.00 | 2.20 | 2.15 | 2.10 | 2.64 | 2.40 | 2.65 |
| MARZO | 3.00 | 2.85 | 3.00 | 3.18 | 3.25 | 3.30 | 3.22 | 3.26 | 3.20 | 3.73 | 3.47 | 4.00 |
| ABRIL | 3.88 | 3.87 | 3.80 | 4.05 | 4.08 | 4.20 | 4.16 | 4.14 | 4.00 | 4.86 | 4.51 | 5.20 |
| MAYO | 4.77 | 4.71 | 4.50 | 4.91 | 5.02 | 4.90 | 5.11 | 5.03 | 5.00 | 5.87 | 5.32 | 5.90 |
| JUNIO | 5.10 | 5.21 | 5.40 | 5.35 | 5.57 | 5.70 | 5.72 | 5.56 | 5.90 | 6.66 | 6.05 | 6.70 |
| JULIO | 5.12 | 5.04 | 5.40 | 5.27 | 5.33 | 6.20 | 6.15 | 5.52 | 6.30 | 7.05 | 6.35 | 7.10 |
| AGOSTO | 4.55 | 4.35 | 4.80 | 4.79 | 4.76 | 5.40 | 5.52 | 4.81 | 5.40 | 6.24 | 5.57 | 5.80 |
| SETIEMBRE | 3.59 | 3.52 | 3.90 | 3.71 | 3.62 | 4.10 | 4.16 | 3.88 | 4.50 | 4.57 | 4.09 | 4.70 |
| OCTUBRE | 2.55 | 2.50 | 2.60 | 2.65 | 2.59 | 2.70 | 2.71 | 2.58 | 2.90 | 3.06 | 2.83 | 3.10 |
| NOVIEMBRE | 1.64 | 1.62 | 1.80 | 1.74 | 1.67 | 1.70 | 1.63 | 1.59 | 1.70 | 2.01 | 1.86 | 2.00 |
| DICIEMBRE | 1.24 | 1.11 | 1.20 | 1.33 | 1.21 | 1.20 | 1.14 | 1.08 | 1.20 | 1.53 | 1.35 | 1.50 |

Tabla 8. Datos de irradiación global media mensual calculados por los diferentes modelos.

1. Modelo Angström-Page.
2. Método de la CE.
3. Atlas Solar de la Radiación Solar en España.

corrección (tabla 9) para modificar los valores de la irradiancia solar sobre superficie horizontal, calculados por el método de la CE, a los valores de irradiancia que se consideran correctos. De esta forma, los valores de la irradiancia en superficies inclinadas se calculan a partir de los valores corregidos de la irradiancia horizontal.

La tabla 10 muestra los valores de insolación e irradiación global directa y difusa horizontal media mensual característicos de cada zona solar.

En el apartado Tablas II se recogen las tablas de irradiación global media mensual sobre la horizontal y sobre superficies con diferentes inclinaciones y orientaciones.

La figura 14 muestra la probable distribución de isolíneas mensuales de irradiación solar.

En el apartado 3 se han diferenciado una serie de zonas solares, mientras que en este apartado se han calculado los valores de la irradiación media mensual en distintas estaciones de la Comunidad Autónoma. A continuación se realizan una serie de comentarios sobre la forma de extrapolar los datos de las estaciones de referencia a otros emplazamientos de la misma zona solar.

| MES | En | Fb | Mz | Ab | My | Jn | Jl | Ag | St | Oc | Nv | Dc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SONDICA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 1.01 | 1.06 | 1.02 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| IGELDO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.02 | 1.00 | 1.00 |
| VITORIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.14 | 1.08 | 1.05 | 1.03 | 1.01 |
| LOGROÑO | 1.03 | 1.11 | 1.14 | 1.09 | 1.11 | 1.11 | 1.12 | 1.08 | 1.13 | 1.09 | 1.03 | 1.13 |

Tabla 9. Factores de corrección utilizados en el Método de la CE para corregir el valor de la irradiación horizontal.

— En la **zona costera** no hay excesivas variaciones de irradiación entre unos puntos y otros, y los datos de Sondica se pueden considerar como característicos de la zona. En muchos puntos del litoral los valores de irradiación son algo superiores a los de Sondica (aproximadamente en un 4%). En estos casos la irradiación en las superficies inclinadas se puede calcular multiplicando por este factor los valores correspondientes a la zona costera que se presentan en el apartado Tablas II.
— La **zona intermedia** se caracteriza por el rápido aumento de la irradiación al pasar del Norte al Sur.

Los valores que se presentan en la Tablas II corresponden a Vitoria. En otros lugares de la zona se pueden utilizar valores de irradiación interpolados entre los de Vitoria y los de las otras dos zonas dependiendo de la posición geográfica del emplazamiento.
— La **zona de la Rioja Alavesa** se caracteriza por los datos de Logroño. A lo largo de esta zona no existen variaciones resaltables de los valores de la irradiación.

Por último se aprecia que el valor de la irradiación media mensual registrado en un año particular puede variar hasta en un 20-25%, por arriba y por abajo, de los valores que se presentan en la tabla 10.

Unidades: NSol = horas
G = kWh/m²

| MES | ZONA COSTERA | | | | | ZONA INTERMEDIA | | | | | LA RIOJA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N Sol | $G_{Global}$ | $G_{directa}$ | $G_{difusa}$ | KT | N Sol | $G_{Global}$ | $G_{directa}$ | $G_{difusa}$ | KT | N Sol | $G_{Global}$ | $G_{directa}$ | $G_{difusa}$ | KT |
| Enero | 73 | 1.33 | 0.53 | 0.80 | 0.37 | 70 | 1.36 | 0.53 | 1.83 | 0.37 | 104 | 1.64 | 0.77 | 0.87 | 0.44 |
| Febrero | 88 | 1.99 | 0.79 | 1.20 | 0.39 | 95 | 2.15 | 0.93 | 1.22 | 0.42 | 126 | 2.66 | 1.32 | 1.34 | 0.52 |
| Marzo | 117 | 2.85 | 1.07 | 1.78 | 0.39 | 130 | 3.26 | 1.53 | 1.73 | 0.45 | 161 | 3.97 | 2.02 | 1.95 | 0.55 |
| Abril | 126 | 3.88 | 1.54 | 2.34 | 0.41 | 140 | 4.14 | 1.78 | 2.36 | 0.44 | 178 | 4.91 | 2.46 | 2.45 | 0.52 |
| Mayo | 163 | 4.71 | 1.89 | 2.82 | 0.43 | 177 | 5.03 | 2.25 | 2.78 | 0.46 | 218 | 5.92 | 2.88 | 3.04 | 0.54 |
| Junio | 170 | 5.10 | 2.21 | 2.89 | 0.44 | 197 | 5.56 | 2.68 | 2.88 | 0.48 | 253 | 6.74 | 3.74 | 3.00 | 0.58 |
| Julio | 188 | 5.09 | 2.18 | 2.91 | 0.45 | 236 | 6.22 | 3.05 | 3.17 | 0.55 | 300 | 7.10 | 4.40 | 2.70 | 0.63 |
| Agosto | 177 | 4.59 | 1.88 | 2.71 | 0.46 | 217 | 5.49 | 2.64 | 2.85 | 0.55 | 279 | 6.04 | 3.67 | 2.37 | 0.61 |
| Setiembre | 147 | 3.59 | 1.60 | 1.99 | 0.45 | 176 | 4.18 | 2.16 | 2.02 | 0.53 | 202 | 4.61 | 2.53 | 2.08 | 0.58 |
| Octubre | 127 | 2.50 | 1.15 | 1.35 | 0.43 | 133 | 2.72 | 1.26 | 1.46 | 0.47 | 157 | 3.08 | 1.64 | 1.44 | 0.53 |
| Noviembre | 87 | 1.62 | 0.71 | 0.91 | 0.40 | 84 | 1.64 | 0.66 | 0.98 | 0.41 | 117 | 1.92 | 0.95 | 0.97 | 0.48 |
| Diciembre | 66 | 1.11 | 0.42 | 0.69 | 0.34 | 57 | 1.09 | 0.38 | 0.71 | 0.33 | 94 | 1.53 | 0.67 | 0.86 | 0.46 |

Tabla 10. Valores mensuales características de insolación (N Sol), irradiación (G) e índice de claridad (KT) en las diferentes zonas solares de la CAPV.

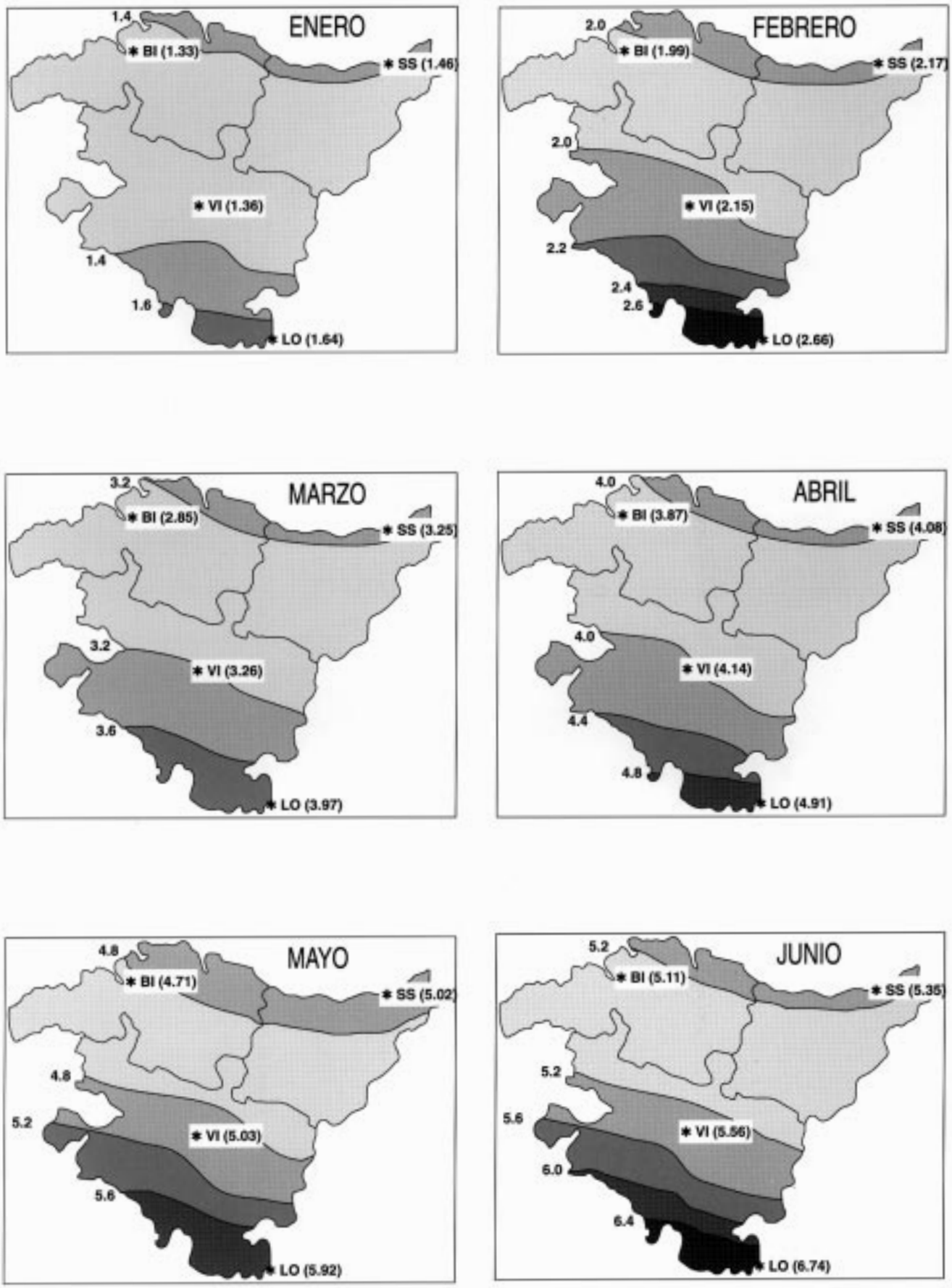



Figura 14. Isolineas de irradiación media diaria en cada mes del año. (Unidades: kWh/m$^2$)

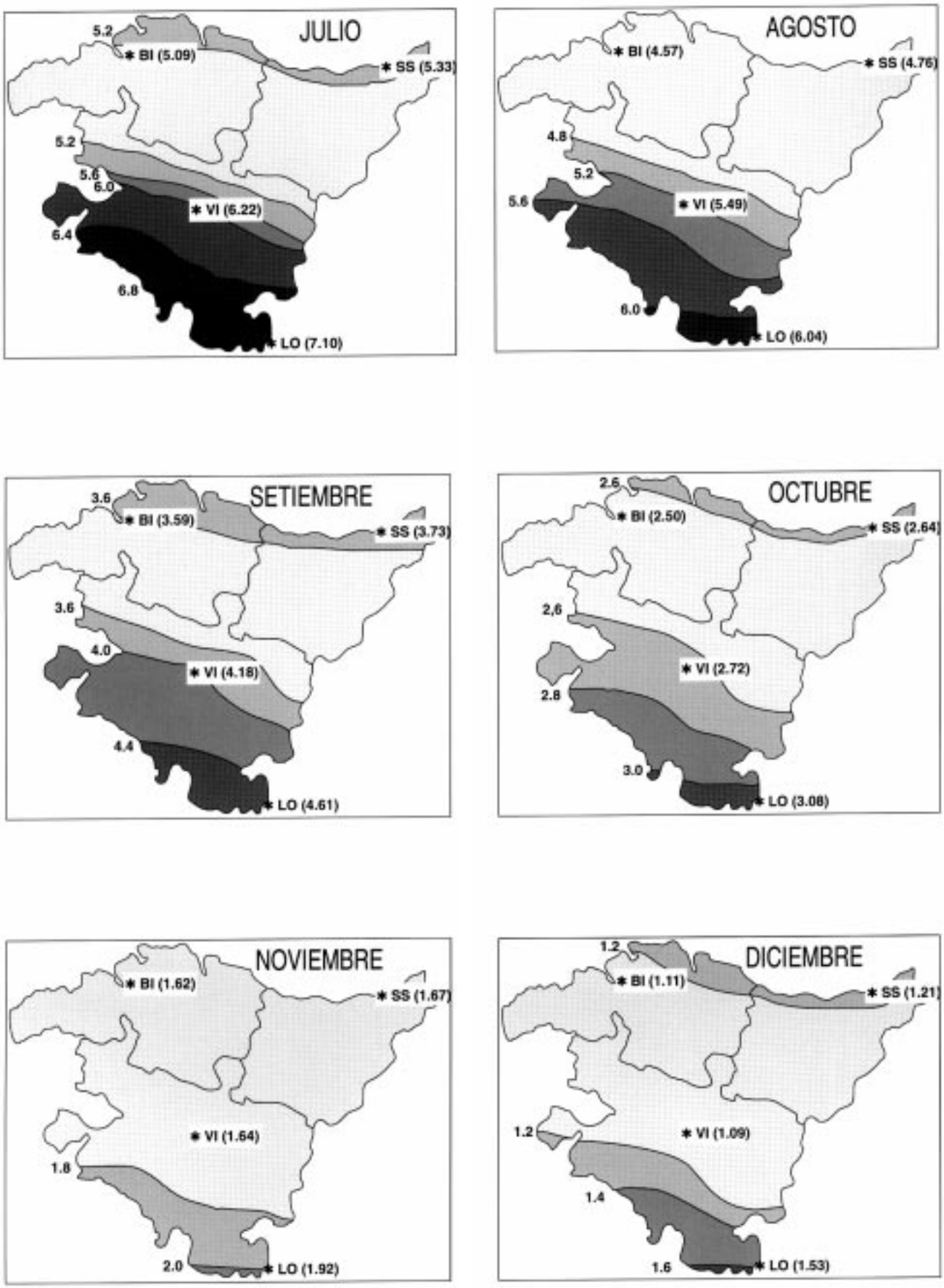



Figura 14. Isolineas de irradiación media diaria en cada mes del año. (Unidades: kWh/m$^2$)

# TABLAS I

## VALORES MENSUALES DE IRRADIACION HORARIA GLOBAL Y DIFUSA SOBRE SUPERFICIES HORIZONTALES E INCLINADAS PARA DIAS DESPEJADOS

Las tablas adjuntas presentan los valores horarios de la irradiación solar global y difusa en días despejados de máxima claridad. El valor de la irradiación a una hora determinada, por ejemplo las 11 de la mañana, representa la irradiación acumulada entre las 10 y 11 respectivamente, y se ha calculado a partir del valor de la irradiancia a las 10:30 (se ha realizado la integración de la irradiación en pasos de 1 hora).

La irradiancia en un día despejado es simétrica con respecto a la dirección Sur (mediodía solar). Asi, por ejemplo, para una superficie orientada hacia el Sur la irradiancia a las 10 de la mañana es igual a la de las 2 de la tarde. También se cumple que la irradiancia en una superficie orientada al Este a las 10 de la mañana es igual a la que incide sobre una superficie orientada al Oeste a las 2 de la tarde.

Por esta razón, las tablas horarias de irradiación se han preparado para que puedan ser leídas de dos formas diferentes:

a) Con el encabezamiento superior y la columna de horas situada a la izquierda se leen los valores de irradiación global (primera línea) y difusa (segunda línea) sobre la superficie horizontal (HORZ) y sobre superficies orientadas al SUR, SUROESTE, OESTE, NOROESTE y NORTE.
b) Con el encabezamiento situado en la parte inferior de la página y la columna de horas situada en la parte derecha se leen los valores de irradiación global y difusa sobre la superficie horizontal y sobre superficies orientadas al SUR, SURESTE, ESTE, NORESTE y NORTE.

Lógicamente en la superficie horizontal y en las superficies orientadas al Sur y al Norte, ambas formas de entrar en las tablas proporcionan los mismos valores.

Cada orientación tiene dos columnas: una para las superficies inclinadas a 45 grados y la otra para superficies inclinadas a 90 grados.

Finalmente, los valores situados dentro del encabezamiento DIA corresponden a la irradiación global y difusa diaria en cada orientación e inclinación.

Así, por ejemplo, los valores de la irradiación global, directa y difusa recibidos por una pared vertical orientada al Sudeste en un día hacia finales de Enero y entre las 10 y las 11 de la mañana, serían respectivamente 0.815, 0.663 y 0.152 kWh/m$^2$. El valor de la irradiación directa (0.663) se calcula por diferencia entre el valor de la irradiancia global (0.815) y la irradiancia difusa (0.152). Estos valores de irradiación serían numéricamente iguales al valor de la irradiancia global directa y difusa a las 10.30 horas. Si se deseara calcular los valores de la irradiancia global, directa y difusa a las 11 de la mañana, se podría realizar tomando el valor medio entre la irradiancia a las 10:30 y a las 11:30.

Así, la irradiancia global a las 11 es 0.772 kW/m$^2$, o sea, la semisuma de 0.815 y 0.728.

Igualmente, la irradiancia difusa a las 11 es la semisuma de 0.152 y 0.151, y, por último, la irradiancia directa a las 11 es la semisuma de 0.663 y 0.577.

El valor de la irradiación diaria global, directa y difusa que se recibiría en dicha pared en un día despejado hacia finales de Enero sería 4.52, 3.51 y 1.01 kWh/m$^2$ respectivamente.

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL ENERO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 18 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 8 | .038 | .143 | .172 | .020 | .018 | .021 | .017 | .021 | .018 | .020 | .018 | 17 |
| | .023 | .035 | .034 | .020 | .018 | .021 | .017 | .021 | .018 | .020 | .018 | |
| 9 | .179 | .416 | .435 | .104 | .056 | .052 | .050 | .052 | .050 | .052 | .050 | 16 |
| | .060 | .085 | .084 | .057 | .056 | .052 | .050 | .052 | .050 | .052 | .050 | |
| 10 | .320 | .662 | .653 | .315 | .169 | .066 | .070 | .066 | .069 | .066 | .070 | 15 |
| | .078 | .118 | .125 | .086 | .086 | .066 | .070 | .066 | .069 | .066 | .070 | |
| 11 | .428 | .838 | .802 | .533 | .373 | .114 | .087 | .074 | .083 | .074 | .083 | 14 |
| | .089 | .139 | .151 | .112 | .115 | .077 | .087 | .074 | .083 | .074 | .083 | |
| 12 | .485 | .930 | .878 | .712 | .571 | .298 | .100 | .078 | .090 | .077 | .089 | 13 |
| | .094 | .148 | .164 | .130 | .137 | .093 | .100 | .078 | .090 | .077 | .089 | |
| 13 | .485 | .930 | .878 | .824 | .728 | .455 | .213 | .078 | .091 | .077 | .089 | 12 |
| | .094 | .148 | .164 | .139 | .151 | .106 | .111 | .078 | .091 | .077 | .089 | |
| 14 | .428 | .838 | .802 | .848 | .815 | .555 | .403 | .136 | .088 | .074 | .083 | 11 |
| | .089 | .139 | .151 | .139 | .152 | .114 | .117 | .079 | .088 | .074 | .083 | |
| 15 | .320 | .662 | .653 | .769 | .803 | .572 | .525 | .188 | .078 | .066 | .070 | 10 |
| | .078 | .118 | .125 | .128 | .138 | .110 | .113 | .076 | .078 | .066 | .070 | |
| 16 | .179 | .416 | .435 | .571 | .654 | .474 | .517 | .185 | .113 | .052 | .050 | 9 |
| | .060 | .085 | .084 | .100 | .106 | .091 | .092 | .064 | .061 | .052 | .050 | |
| 17 | .038 | .143 | .172 | .256 | .332 | .237 | .305 | .099 | .111 | .020 | .018 | 8 |
| | .023 | .035 | .034 | .050 | .056 | .047 | .052 | .030 | .029 | .020 | .018 | |
| 18 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 7 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 2.90 | 5.98 | 5.88 | 4.95 | 4.52 | 2.84 | 2.29 | .98 | .79 | .58 | .62 | |
| | .69 | 1.05 | 1.12 | .96 | 1.01 | .78 | .81 | .62 | .66 | .58 | .62 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL FEBRERO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 18 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 8 | .133 | .246 | .237 | .045 | .043 | .045 | .042 | .045 | .042 | .045 | .043 | 17 |
| | .052 | .063 | .059 | .045 | .043 | .045 | .042 | .045 | .042 | .045 | .043 | |
| 9 | .297 | .506 | .453 | .141 | .073 | .064 | .067 | .064 | .066 | .065 | .068 | 16 |
| | .077 | .104 | .106 | .071 | .073 | .064 | .067 | .064 | .066 | .065 | .068 | |
| 10 | .448 | .734 | .636 | .367 | .127 | .076 | .086 | .075 | .084 | .076 | .086 | 15 |
| | .092 | .133 | .141 | .098 | .101 | .076 | .086 | .075 | .084 | .076 | .086 | |
| 11 | .559 | .900 | .767 | .593 | .336 | .195 | .102 | .081 | .098 | .082 | .098 | 14 |
| | .101 | .150 | .164 | .123 | .128 | .090 | .102 | .081 | .098 | .082 | .098 | |
| 12 | .618 | .986 | .834 | .778 | .539 | .391 | .116 | .085 | .105 | .084 | .104 | 13 |
| | .105 | .158 | .175 | .140 | .150 | .106 | .116 | .085 | .105 | .084 | .104 | |
| 13 | .618 | .986 | .834 | .896 | .707 | .559 | .236 | .178 | .107 | .084 | .104 | 12 |
| | .105 | .158 | .175 | .150 | .164 | .120 | .128 | .091 | .107 | .084 | .104 | |
| 14 | .559 | .900 | .767 | .932 | .813 | .672 | .445 | .272 | .105 | .082 | .098 | 11 |
| | .101 | .150 | .164 | .153 | .168 | .130 | .137 | .095 | .105 | .082 | .098 | |
| 15 | .448 | .734 | .636 | .873 | .833 | .706 | .596 | .327 | .098 | .076 | .086 | 10 |
| | .092 | .133 | .141 | .145 | .159 | .130 | .138 | .094 | .098 | .076 | .086 | |
| 16 | .297 | .506 | .453 | .713 | .746 | .640 | .642 | .329 | .207 | .065 | .068 | 9 |
| | .077 | .104 | .106 | .124 | .134 | .117 | .124 | .087 | .086 | .065 | .068 | |
| 17 | .133 | .246 | .237 | .448 | .521 | .449 | .523 | .249 | .241 | .045 | .043 | 8 |
| | .052 | .063 | .059 | .084 | .087 | .084 | .087 | .063 | .059 | .045 | .043 | |
| 18 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 7 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 4.11 | 6.74 | 5.85 | 5.79 | 4.74 | 3.80 | 2.86 | 1.71 | 1.15 | .70 | .80 | |
| | .86 | 1.22 | 1.29 | 1.13 | 1.21 | .96 | 1.02 | .78 | .85 | .70 | .80 | |

## DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS

GENERAL MARZO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .098 | .095 | .059 | .039 | .035 | .039 | .035 | .039 | .035 | .067 | .039 | 18 |
| | .045 | .045 | .041 | .039 | .035 | .039 | .035 | .039 | .035 | .042 | .039 | |
| 8 | .265 | .312 | .212 | .062 | .064 | .062 | .062 | .062 | 0.63 | .110 | .068 | 17 |
| | .074 | .085 | .083 | .062 | .064 | .062 | .062 | .062 | .063 | .066 | .068 | |
| 9 | .438 | .548 | .383 | .177 | .090 | .075 | .084 | .075 | .084 | .138 | .088 | 16 |
| | .093 | .118 | .120 | .083 | .090 | .075 | .084 | .075 | .084 | .080 | .088 | |
| 10 | .587 | .754 | .535 | .404 | .114 | .090 | .102 | .082 | .100 | .156 | .103 | 15 |
| | .105 | .140 | .148 | .106 | .114 | .084 | .102 | .082 | .100 | .088 | .103 | |
| 11 | .694 | .903 | .645 | .623 | .253 | .292 | .115 | .105 | .112 | .167 | .113 | 14 |
| | .110 | .153 | .167 | .127 | .136 | .100 | .115 | .087 | .112 | .092 | .113 | |
| 12 | .750 | .981 | .702 | .803 | .450 | .489 | .128 | .230 | .119 | .171 | .118 | 13 |
| | .113 | .158 | .176 | .143 | .154 | .114 | .128 | .097 | .119 | .093 | .118 | |
| 13 | .750 | .981 | .702 | .921 | .618 | .657 | .248 | .347 | .121 | .171 | .118 | 12 |
| | .113 | .158 | .176 | .153 | .168 | .129 | .140 | .105 | .121 | .093 | .118 | |
| 14 | .694 | .903 | .645 | .966 | .733 | .775 | .463 | .441 | .123 | .167 | .113 | 11 |
| | .110 | .153 | .167 | .158 | .175 | .141 | .151 | .111 | .123 | .092 | .113 | |
| 15 | .587 | .754 | .535 | .926 | .778 | .821 | .630 | .499 | .182 | .156 | .103 | 10 |
| | .105 | .140 | .148 | .156 | .171 | .146 | .157 | .115 | .121 | .088 | .103 | |
| 16 | .438 | .548 | .383 | .800 | .738 | .783 | .714 | .507 | .327 | .138 | .088 | 9 |
| | .093 | .118 | .120 | .142 | .153 | .140 | .151 | .113 | .115 | .080 | .088 | |
| 17 | .265 | .312 | .212 | .589 | .600 | .644 | .678 | .445 | .396 | .110 | .068 | 8 |
| | .074 | .085 | .083 | .114 | .119 | .119 | .127 | .099 | .098 | .066 | .068 | |
| 18 | .098 | .095 | .059 | .306 | .351 | .386 | .465 | .286 | .323 | .067 | .039 | 7 |
| | .045 | .045 | .041 | .066 | .065 | .075 | .078 | .063 | .062 | .042 | .039 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 5.67 | 7.19 | 5.07 | 6.61 | 4.82 | 5.11 | 3.72 | 3.12 | 1.98 | 1.62 | 1.06 | |
| | 1.08 | 1.40 | 1.47 | 1.35 | 1.44 | 1.22 | 1.33 | 1.05 | 1.15 | .92 | 1.06 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL ABRIL UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .050 | .025 | .023 | .026 | .022 | .026 | .022 | .025 | .022 | .104 | .109 | 19 |
| | .029 | .025 | .023 | .026 | .022 | .026 | .022 | .025 | .022 | .034 | .031 | |
| 7 | .207 | .126 | .061 | .055 | .054 | .055 | .054 | .055 | .054 | .205 | .117 | 18 |
| | .065 | .062 | .061 | .055 | .054 | .055 | .054 | .055 | .054 | .069 | .066 | |
| 8 | .390 | .344 | .146 | .071 | .078 | .070 | .077 | .071 | .078 | .264 | .089 | 17 |
| | .086 | .093 | .094 | .071 | .078 | .070 | .077 | .071 | .078 | .086 | .089 | |
| 9 | .567 | .572 | .299 | .207 | .102 | .080 | .098 | .081 | .098 | .303 | .106 | 16 |
| | .101 | .120 | .126 | .090 | .102 | .080 | .098 | .081 | .098 | .097 | .106 | |
| 10 | .716 | .770 | .436 | .436 | .123 | .173 | .114 | .128 | .113 | .327 | .117 | 15 |
| | .109 | .138 | .149 | .109 | .123 | .091 | .114 | .088 | .113 | .102 | .117 | |
| 11 | .823 | .913 | .538 | .653 | .178 | .382 | .126 | .253 | .124 | .343 | .126 | 14 |
| | .113 | .148 | .165 | .125 | .141 | .106 | .126 | .098 | .124 | .104 | .126 | |
| 12 | .878 | .989 | .591 | .834 | .373 | .581 | .138 | .383 | .132 | .350 | .131 | 13 |
| | .114 | .152 | .173 | .140 | .156 | .119 | .138 | .107 | .132 | .105 | .131 | |
| 13 | .878 | .989 | .591 | .955 | .544 | .752 | .260 | .501 | .134 | .350 | .131 | 12 |
| | .114 | .152 | .173 | .149 | .169 | .132 | .148 | .114 | .134 | .105 | .131 | |
| 14 | .823 | .913 | .538 | .1.004 | .665 | .873 | .481 | .596 | .137 | .343 | .126 | 11 |
| | .113 | .148 | .165 | .155 | .175 | .145 | .160 | .120 | .137 | .104 | .126 | |
| 15 | .716 | .770 | .436 | .973 | .723 | .927 | .658 | .659 | .282 | .327 | .117 | 10 |
| | .109 | .138 | .149 | .156 | .173 | .152 | .168 | .128 | .138 | .102 | .117 | |
| 16 | .567 | .572 | .299 | .862 | .706 | .903 | .763 | .671 | .436 | .303 | .106 | 9 |
| | .101 | .120 | .126 | .147 | .160 | .151 | .165 | .130 | .136 | .097 | .106 | |
| 17 | .390 | .344 | .146 | .676 | .607 | .789 | .768 | .619 | .528 | .264 | .089 | 8 |
| | .086 | .093 | .094 | .126 | .133 | .137 | .148 | .121 | .125 | .086 | .089 | |
| 18 | .207 | .126 | .061 | .429 | .427 | .579 | .639 | .486 | .507 | .205 | .117 | 7 |
| | .065 | .062 | .061 | .091 | .091 | .107 | .113 | .097 | .099 | .069 | .066 | |
| 19 | .050 | .025 | .023 | .155 | .180 | .266 | .336 | .244 | .305 | .104 | .109 | 6 |
| | .029 | .025 | .023 | .039 | .037 | .053 | .056 | .050 | .052 | .034 | .031 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 7.26 | 7.48 | 4.19 | 7.34 | 4.78 | 6.46 | 4.53 | 4.77 | 2.95 | 3.79 | 1.59 | |
| | 1.23 | 1.48 | 1.58 | 1.48 | 1.61 | 1.42 | 1.59 | 1.28 | 1.44 | 1.19 | 1.33 | |

## DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS

GENERAL MAYO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .118 | .042 | .040 | .042 | .038 | .042 | .038 | .042 | .040 | .215 | .205 | 19 |
| | .048 | .042 | .040 | .042 | .038 | .042 | .038 | .042 | .040 | .058 | .053 | |
| 7 | .283 | .135 | .070 | .062 | .064 | .062 | .064 | .062 | .065 | .314 | .198 | 18 |
| | .074 | .068 | .070 | .062 | .064 | .062 | .064 | .062 | .065 | .084 | .083 | |
| 8 | .464 | .344 | .099 | .075 | .087 | .074 | .085 | .075 | .087 | .374 | .121 | 17 |
| | .093 | .095 | .099 | .075 | .087 | .074 | .085 | .075 | .087 | .098 | .102 | |
| 9 | .635 | .559 | .219 | .219 | .106 | .082 | .104 | .120 | .105 | .415 | .116 | 16 |
| | .104 | .118 | .126 | .091 | .106 | .082 | .104 | .085 | .105 | .105 | .116 | |
| 10 | .777 | .744 | .342 | .440 | .125 | .229 | .120 | .230 | .120 | .441 | .125 | 15 |
| | .110 | .133 | .146 | .109 | .125 | .095 | .120 | .095 | .120 | .109 | .125 | |
| 11 | .879 | .879 | .435 | .646 | .141 | .432 | .132 | .353 | .130 | .458 | .132 | 14 |
| | .112 | .142 | .159 | .121 | .141 | .109 | .132 | .104 | .130 | .111 | .132 | |
| 12 | .932 | .950 | .485 | .820 | .302 | .624 | .142 | .479 | .137 | .466 | .137 | 13 |
| | .113 | .146 | .167 | .135 | .153 | .120 | .142 | .112 | .137 | .111 | .137 | |
| 13 | .932 | .950 | .485 | .937 | .466 | .788 | .258 | .593 | .140 | .466 | .137 | .12 |
| | .113 | .146 | .167 | .145 | .166 | .133 | .150 | .119 | .140 | .111 | .137 | |
| 14 | .879 | .879 | .435 | .985 | .585 | .906 | .473 | .684 | .168 | .458 | .132 | 11 |
| | .112 | .142 | .159 | .150 | .171 | .144 | .162 | .124 | .143 | .111 | .132 | |
| 15 | .777 | .744 | .342 | .960 | .646 | .961 | .647 | .745 | .344 | .441 | .125 | 10 |
| | .110 | .133 | .146 | .152 | .170 | .152 | .170 | .134 | .146 | .109 | .125 | |
| 16 | .635 | .559 | .219 | .861 | .640 | .943 | .757 | .759 | .497 | .415 | .116 | 9 |
| | .104 | .118 | .126 | .146 | .159 | .153 | .169 | .137 | .147 | .105 | .116 | |
| 17 | .464 | .344 | .099 | .694 | .563 | .847 | .780 | .715 | .594 | .374 | .121 | 8 |
| | .093 | .095 | .099 | .129 | .136 | .143 | .156 | .131 | .139 | .098 | .102 | |
| 18 | .283 | .135 | .070 | .474 | .420 | .668 | .694 | .601 | .600 | .314 | .198 | 7 |
| | .074 | .068 | .070 | .100 | .101 | 120 | 128 | .113 | .119 | .084 | .083 | |
| 19 | .118 | .042 | .040 | .231 | .228 | .408 | .478 | .401 | .468 | .215 | .205 | 6 |
| | .048 | .042 | .040 | .059 | .055 | .078 | .081 | .077 | .080 | .058 | .053 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 8.18 | 7.30 | 3.38 | 7.45 | 4.41 | 7.07 | 4.77 | 5.86 | 3.49 | 5.37 | 2.07 | |
| | 1.31 | 1.49 | 1.62 | 1.52 | 1.67 | 1.51 | 1.70 | 1.41 | 1.60 | 1.35 | 1.50 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL JUNIO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .009 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .092 | .124 | 20 |
| | .006 | .006 | .005 | 006 | .005 | .006 | .005 | .006 | .005 | .022 | .027 | |
| 6 | .136 | .045 | .044 | .046 | .042 | .046 | .042 | .045 | .044 | .243 | .229 | 19 |
| | .053 | .045 | .044 | .046 | .042 | .046 | .042 | .045 | .044 | .064 | .060 | |
| 7 | .305 | .137 | .072 | .063 | .066 | .063 | .066 | .064 | .068 | .344 | .220 | 18 |
| | .076 | .069 | .072 | .063 | .066 | .063 | .066 | .064 | .068 | .088 | .087 | |
| 8 | .486 | .346 | .101 | .076 | .089 | .075 | .087 | .076 | .089 | .405 | .144 | 17 |
| | .093 | .095 | .101 | .076 | .089 | .075 | .087 | .076 | .089 | .101 | .105 | |
| 9 | .657 | .560 | .200 | .223 | .108 | .082 | .106 | .145 | .107 | .446 | .119 | 16 |
| | .105 | .117 | .127 | .092 | .108 | .082 | .106 | .087 | .107 | .107 | .119 | |
| 10 | .800 | .745 | .322 | .445 | .127 | .245 | .122 | .257 | .122 | .473 | .128 | 15 |
| | .110 | .132 | .146 | .109 | .127 | .096 | .122 | .097 | .122 | .110 | 128 | |
| 11 | .902 | .879 | .414 | .651 | .142 | .448 | .134 | .381 | .133 | .491 | .134 | 14 |
| | .112 | .140 | .159 | .121 | .142 | .110 | .134 | .105 | .133 | .112 | .134 | |
| 12 | .955 | .950 | .463 | .825 | .287 | .640 | .143 | .508 | .140 | .500 | .140 | 13 |
| | .112 | .144 | .167 | .134 | .153 | .120 | .143 | .114 | .140 | .113 | .140 | |
| 13 | .955 | .950 | .463 | .942 | .452 | .805 | .260 | .621 | .143 | .500 | .140 | 12 |
| | .112 | .144 | .167 | .144 | .166 | .133 | .152 | .120 | .143 | .113 | .140 | |
| 14 | .902 | .879 | .414 | .991 | .571 | .923 | .475 | .713 | .185 | .491 | .134 | 11 |
| | .112 | .140 | .159 | .149 | .171 | .144 | .164 | .126 | .145 | .112 | .134 | |
| 15 | .800 | .745 | .322 | .966 | .633 | .978 | .650 | .774 | .363 | .473 | .128 | 10 |
| | .110 | .132 | .146 | .150 | .170 | .151 | .171 | .135 | .148 | .110 | .128 | |
| 16 | .657 | .560 | .200 | .868 | .629 | .962 | .762 | .788 | .516 | .446 | .119 | 9 |
| | .105 | .117 | .127 | .145 | .159 | .153 | .170 | .138 | .150 | .107 | .119 | |
| 17 | .486 | .346 | .101 | .703 | .556 | .868 | .789 | .745 | .615 | .405 | .144 | 8 |
| | .093 | .095 | .101 | .129 | .137 | .144 | .158 | .133 | .142 | .101 | .105 | |
| 18 | .305 | .137 | .072 | .487 | .419 | .693 | .711 | .634 | .627 | .344 | .220 | 7 |
| | .076 | .069 | .072 | .102 | .103 | .122 | .131 | .116 | .123 | .088 | .087 | |
| 19 | .136 | .045 | .044 | .246 | .233 | .437 | .502 | .435 | .500 | .243 | .229 | 6 |
| | .053 | .045 | .044 | .064 | .060 | .085 | .088 | .084 | .087 | .064 | .060 | |
| 20 | .009 | .006 | .005 | .045 | .058 | .143 | .195 | .163 | .224 | .092 | .124 | 5 |
| | .006 | .006 | .005 | .014 | .017 | .031 | .040 | .035 | .046 | .022 | .027 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 8.50 | 7.34 | 3.24 | 7.58 | 4.42 | 7.41 | 5.05 | 6.35 | 3.88 | 5.99 | 2.47 | |
| | 1.33 | 1.50 | 1.64 | 1.54 | 1.71 | 1.56 | 1.78 | 1.48 | 1.69 | 1.43 | 1.60 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL JULIO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .005 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 | .003 | .083 | .114 | 20 |
| | .003 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 | .002 | .003 | .003 | .019 | .025 | |
| 6 | .130 | .045 | .043 | .045 | .041 | .045 | .041 | .045 | .042 | .232 | .220 | 19 |
| | .051 | .045 | .043 | .045 | .041 | .045 | .041 | .045 | .042 | .062 | .058 | |
| 7 | .296 | .136 | .071 | .063 | .065 | .062 | .065 | .063 | .067 | .333 | .212 | 18 |
| | .075 | .069 | .071 | .063 | .065 | .062 | .065 | .063 | .067 | .087 | .085 | |
| 8 | .477 | .344 | .100 | .075 | .088 | .074 | .086 | .075 | .088 | .394 | .136 | 17 |
| | .093 | .095 | .100 | .075 | .088 | .074 | .086 | .075 | .088 | .099 | .104 | |
| 9 | .647 | .557 | .205 | .221 | .107 | .082 | .105 | .136 | .106 | .434 | .118 | 16 |
| | .104 | .117 | .126 | .091 | .107 | .082 | .105 | .086 | .106 | .106 | .118 | |
| 10 | .788 | .741 | .327 | .441 | .126 | .239 | .120 | .247 | .121 | .461 | .127 | 15 |
| | .110 | .132 | .145 | .108 | .126 | .095 | .120 | .096 | .121 | .109 | .127 | |
| 11 | .890 | .875 | .418 | .646 | .141 | .441 | .132 | .370 | .131 | .478 | .133 | 14 |
| | .112 | .140 | .158 | .121 | .141 | .109 | .132 | .104 | .131 | .111 | .133 | |
| 12 | .943 | .945 | .468 | .819 | .290 | .632 | .142 | .496 | .138 | .487 | .138 | 13 |
| | .112 | .144 | .166 | .134 | .153 | .120 | .142 | .113 | .138 | .112 | .138 | |
| 13 | .943 | .945 | .468 | .936 | .454 | .796 | .258 | .609 | .141 | .487 | .138 | 12 |
| | .112 | .144 | .166 | .143 | .165 | .132 | .151 | .119 | .141 | .112 | .138 | |
| 14 | .890 | .875 | .418 | .984 | .573 | .912 | .472 | .700 | .179 | .478 | .133 | 11 |
| | .112 | .140 | .158 | .149 | .170 | .143 | .163 | .125 | .144 | .111 | .133 | |
| 15 | .788 | .741 | .327 | .959 | .634 | .968 | .646 | .761 | .355 | .461 | .127 | 10 |
| | .110 | .132 | .145 | .150 | .169 | .151 | .170 | .134 | .147 | .109 | .127 | |
| 16 | .647 | .557 | .205 | .861 | .630 | .951 | .757 | .775 | .508 | .434 | .118 | 9 |
| | .104 | .117 | .126 | .145 | .159 | .152 | .169 | .137 | .148 | .106 | .118 | |
| 17 | .477 | .344 | .100 | .697 | .556 | .857 | .782 | .732 | .606 | .394 | .136 | 8 |
| | .093 | .095 | .100 | .129 | .136 | .143 | .157 | .132 | .141 | .099 | .104 | |
| 18 | .296 | .136 | .071 | .480 | .417 | .682 | .702 | .621 | .616 | .333 | .212 | 7 |
| | .075 | .069 | .071 | .101 | .102 | .121 | .130 | .115 | .121 | .087 | .085 | |
| 19 | .130 | .045 | .043 | .239 | .230 | .424 | .489 | .421 | .485 | .232 | .220 | 6 |
| | .051 | .045 | .043 | .063 | .059 | .083 | .086 | .083 | .085 | .062 | .058 | |
| 20 | .005 | .003 | .002 | .040 | .055 | .132 | .184 | .151 | .210 | .083 | .114 | 5 |
| | .003 | .003 | .002 | .011 | .015 | .029 | .039 | .033 | .044 | .019 | .025 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 8.35 | 7.29 | 3.27 | 7.51 | 4.41 | 7.30 | 4.98 | 6.21 | 3.79 | 5.80 | 2.39 | |
| | 1.32 | 1.49 | 1.62 | 1.53 | 1.70 | 1.55 | 1.76 | 1.46 | 1.67 | 1.41 | 1.57 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL AGOSTO UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .077 | .033 | .031 | .033 | .029 | .033 | .029 | .033 | .030 | .148 | .147 | 19 |
| | .038 | .033 | .031 | .033 | .029 | .033 | .029 | .033 | .030 | .044 | .040 | |
| 7 | .240 | .131 | .064 | .058 | .058 | .058 | .058 | .058 | .058 | .250 | .149 | 18 |
| | .068 | .064 | .064 | .058 | .058 | .058 | .058 | .058 | .058 | .075 | .072 | |
| 8 | .425 | .348 | .120 | .072 | .082 | .071 | .080 | .072 | .082 | .311 | .094 | 17 |
| | .088 | .093 | .096 | .072 | .082 | .071 | .080 | .072 | .082 | .090 | .094 | |
| 9 | .602 | .574 | .269 | .213 | .104 | .081 | .100 | .081 | .101 | .352 | .110 | 16 |
| | .102 | .119 | .126 | .090 | .104 | .081 | .100 | .081 | .101 | .100 | .110 | |
| 10 | .750 | .769 | .403 | .442 | .124 | .197 | .117 | .170 | .116 | .377 | .121 | 15 |
| | .109 | .136 | .148 | .108 | .124 | .093 | .117 | .091 | .116 | .104 | .121 | |
| 11 | .856 | .911 | .502 | .658 | .154 | .407 | .129 | .296 | .127 | .394 | .129 | 14 |
| | .111 | .145 | .163 | .122 | .141 | .107 | .129 | .100 | .127 | .106 | 129 | |
| 12 | .912 | .986 | .555 | .839 | .348 | .605 | .140 | .427 | .135 | .401 | .134 | 13 |
| | .112 | .149 | .171 | .137 | .155 | .119 | .140 | .109 | .135 | .107 | .134 | |
| 13 | .912 | .986 | .555 | .960 | .518 | .776 | .261 | .545 | .137 | .401 | .134 | 12 |
| | .112 | .149 | .171 | .147 | .168 | .132 | .150 | .115 | .137 | .107 | .134 | |
| 14 | .856 | .911 | .502 | .1.009 | .641 | .898 | .483 | .639 | .140 | .394 | .129 | 11 |
| | .111 | .145 | .163 | .152 | .174 | .144 | .162 | .121 | .140 | .106 | .129 | |
| 15 | .750 | .769 | .403 | .980 | .701 | .953 | .662 | .702 | .310 | .377 | .121 | 10 |
| | .109 | .136 | .148 | .153 | .172 | .151 | .169 | .130 | .142 | .104 | .121 | |
| 16 | .602 | .574 | .269 | .873 | .688 | .931 | .771 | .716 | .466 | .352 | .110 | 9 |
| | .102 | .119 | .126 | .146 | .160 | .151 | .167 | .132 | .141 | .100 | .110 | |
| 17 | .425 | .348 | .120 | .692 | .598 | .824 | .784 | .667 | .562 | .311 | .094 | 8 |
| | .088 | .093 | .096 | .127 | .134 | .139 | .151 | .124 | .131 | .090 | .094 | |
| 18 | .240 | .131 | .064 | .454 | .433 | .625 | .673 | .540 | .553 | .250 | .149 | 7 |
| | .068 | .064 | .064 | .095 | .095 | .112 | .119 | .103 | .107 | .075 | .072 | |
| 19 | .077 | .033 | .031 | .191 | .207 | .330 | .404 | .312 | .378 | .148 | .147 | 6 |
| | .038 | .033 | .031 | .047 | .044 | .063 | .065 | .061 | .062 | .044 | .040 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 7.72 | 7.50 | 3.89 | 7.48 | 4.68 | 6.79 | 4.69 | 5.26 | 3.20 | 4.47 | 1.77 | |
| | 1.26 | 1.48 | 1.60 | 1.49 | 1.64 | 1.45 | 1.64 | 1.33 | 1.51 | 1.25 | 1.40 | |

## DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS

GENERAL SETIEMBRE UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .138 | .111 | .049 | .046 | .042 | .046 | .043 | .046 | .042 | .113 | .050 | 18 |
| | .053 | .052 | .049 | .046 | .042 | .046 | .043 | .046 | .042 | .053 | .049 | |
| 8 | .322 | .341 | .201 | .065 | .070 | .065 | .068 | .065 | .069 | .166 | .076 | 17 |
| | .078 | .088 | .088 | .065 | .070 | .065 | .068 | .065 | .069 | .073 | .076 | |
| 9 | .507 | .587 | .374 | .194 | .096 | .077 | .091 | .077 | .091 | .200 | .096 | 16 |
| | .095 | .118 | .124 | .085 | .096 | .077 | .091 | .077 | .091 | .086 | .096 | |
| 10 | .665 | .802 | .529 | .436 | .120 | .120 | .108 | .083 | .107 | .221 | .110 | 15 |
| | .105 | .139 | .151 | .107 | .120 | .086 | .108 | .083 | .107 | .093 | .110 | |
| 11 | .778 | .958 | .642 | .667 | .237 | .338 | .122 | .160 | .119 | .235 | .120 | 14 |
| | .110 | .151 | .169 | .126 | .140 | .103 | .122 | .091 | .119 | .096 | .120 | |
| 12 | .838 | 1.039 | .701 | .858 | .446 | .547 | .135 | .294 | .127 | .241 | .126 | 13 |
| | .112 | .156 | .178 | .142 | .158 | .116 | .135 | .101 | .127 | .097 | .126 | |
| 13 | .838 | 1.039 | .701 | .985 | .625 | .727 | .263 | .418 | .129 | .241 | .126 | 12 |
| | .112 | .156 | .178 | .151 | .172 | .130 | .146 | .108 | .129 | .097 | .126 | |
| 14 | .778 | .958 | .642 | .1.034 | .750 | .853 | .493 | .518 | .131 | .235 | .120 | 11 |
| | .110 | .151 | .169 | .157 | .178 | .142 | .157 | .114 | .131 | .096 | .120 | |
| 15 | .665 | .802 | .529 | .995 | .802 | .905 | .675 | .582 | .225 | .221 | .110 | 10 |
| | .105 | .139 | .151 | .155 | .174 | .148 | .163 | .120 | .130 | .093 | .110 | |
| 16 | .507 | .587 | .374 | .867 | .769 | .870 | .773 | .592 | .382 | .200 | .096 | 9 |
| | .095 | .118 | .124 | .143 | .157 | 143 | .157 | .119 | .124 | .086 | .096 | |
| 17 | .322 | .341 | .201 | .655 | .641 | .734 | .752 | .531 | .465 | .166 | .076 | 8 |
| | .078 | .088 | .088 | .118 | .125 | .125 | .135 | .106 | .109 | .073 | .076 | |
| 18 | .138 | .111 | .049 | .368 | .404 | .477 | .558 | .370 | .406 | .113 | .050 | 7 |
| | .053 | .052 | .049 | .076 | .076 | .088 | .092 | .077 | .076 | .053 | .049 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 6.49 | 7.67 | 4.99 | 7.17 | 5.00 | 5.76 | 4.08 | 3.74 | 2.29 | 2.35 | 1.16 | |
| | 1.11 | 1.41 | 1.52 | 1.37 | 1.51 | 1.27 | 1.42 | 1.11 | 1.25 | .99 | 1.15 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL OCTUBRE UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .029 | .056 | .059 | .017 | .014 | .017 | .014 | .017 | .014 | .016 | .015 | 18 |
| | .018 | .023 | .022 | .017 | .014 | .017 | .014 | .017 | .014 | .016 | .015 | |
| 8 | .188 | .288 | .246 | .053 | .052 | .053 | .051 | .053 | .051 | .053 | .053 | 17 |
| | .061 | .073 | .070 | .053 | .052 | .053 | .051 | .053 | .051 | .053 | .053 | |
| 9 | .366 | .551 | 453 | .160 | .081 | .069 | .075 | .068 | .074 | .069 | .076 | 16 |
| | .082 | .110 | .113 | .076 | .081 | .069 | .075 | .068 | .074 | .069 | .076 | |
| 10 | .524 | .781 | .630 | .399 | .108 | .079 | .094 | .078 | .092 | .079 | .094 | 15 |
| | .096 | .136 | .146 | .101 | .108 | .079 | .094 | .078 | .092 | .079 | .094 | |
| 11 | .640 | .948 | .758 | .634 | .318 | .241 | .110 | .084 | .106 | .084 | 106 | 14 |
| | .104 | .151 | .168 | .125 | .134 | .094 | .110 | .084 | .106 | .084 | .106 | |
| 12 | .701 | 1.035 | .825 | .827 | .530 | .448 | .124 | .128 | .113 | .086 | .112 | 13 |
| | .108 | .158 | .178 | .142 | .155 | .109 | .124 | .089 | .113 | .086 | .112 | |
| 13 | .701 | 1.035 | .825 | .952 | .708 | .625 | .251 | .251 | .115 | .086 | .112 | 12 |
| | .108 | .158 | .178 | .152 | .169 | .124 | .136 | .096 | .115 | .086 | .112 | |
| 14 | .640 | .948 | .758 | .994 | .824 | .746 | .474 | .350 | .114 | .084 | .106 | 11 |
| | .104 | .151 | .168 | .155 | .173 | .135 | .145 | .102 | .114 | .084 | .106 | |
| 15 | .524 | .781 | .630 | .941 | .857 | .788 | .641 | .409 | .115 | .079 | .094 | 10 |
| | .096 | .136 | .146 | .150 | .166 | .136 | .147 | .102 | .109 | .079 | .094 | |
| 16 | .366 | .551 | .453 | .788 | .788 | .731 | .708 | .414 | .262 | .069 | .076 | 9 |
| | .082 | .110 | .113 | .131 | .143 | .126 | .136 | .097 | .098 | .069 | .076 | |
| 17 | .188 | .288 | .246 | .532 | .590 | 553 | .619 | .336 | .314 | .053 | .053 | 8 |
| | .061 | .073 | .070 | .097 | .101 | .099 | .104 | .078 | .075 | .053 | .053 | |
| 18 | .029 | .056 | .059 | .192 | .249 | .232 | .305 | .149 | .188 | .016 | .015 | 7 |
| | .018 | .023 | .022 | .040 | .045 | .046 | .054 | .034 | .036 | .016 | .015 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 4.90 | 7.32 | 5.94 | 6.49 | 5.12 | 4.58 | 3.46 | 2.34 | 1.56 | .77 | .91 | |
| | .94 | 1.30 | 1.40 | 1.24 | 1.34 | 1.09 | 1.19 | .90 | 1.00 | .77 | .91 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL NOVIEMBRE UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 18 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 8 | .065 | .177 | .198 | .030 | .027 | .030 | .026 | .030 | .026 | .030 | .027 | 17 |
| | .034 | .042 | .039 | .030 | .027 | .030 | .026 | .030 | .026 | .030 | .027 | |
| 9 | .215 | .451 | .450 | .116 | .061 | .056 | .055 | .056 | .055 | .056 | .055 | 16 |
| | .065 | .091 | .091 | .061 | .061 | .056 | .055 | .056 | .055 | .056 | .055 | |
| 10 | .360 | .691 | .656 | .334 | .158 | .069 | .075 | .068 | .074 | .069 | .075 | 15 |
| | .082 | .122 | .130 | .090 | .091 | .069 | .075 | .068 | .074 | .069 | .075 | |
| 11 | .470 | .864 | .799 | .556 | .365 | .138 | .091 | .076 | .087 | .076 | .087 | 14 |
| | .093 | .142 | .155 | .115 | .119 | .081 | .091 | .076 | .087 | .076 | .087 | |
| 12 | .529 | .955 | .873 | .738 | .566 | .328 | .105 | .080 | .095 | .079 | .094 | 13 |
| | .097 | .151 | .167 | .132 | .141 | .097 | .105 | .080 | .095 | .079 | .094 | |
| 13 | .529 | .955 | .873 | .852 | .728 | .489 | .221 | .085 | .096 | .079 | .094 | 12 |
| | .097 | .151 | .167 | .142 | .155 | .110 | .116 | .080 | .096 | .079 | .094 | |
| 14 | .470 | .864 | .799 | .881 | .822 | .595 | .419 | .177 | .093 | .076 | .087 | 11 |
| | .093 | .142 | .155 | .143 | .157 | .118 | .123 | .083 | .093 | .076 | .087 | |
| 15 | .360 | .691 | .656 | .808 | .822 | .617 | .552 | .230 | .084 | .069 | .075 | 10 |
| | .082 | .122 | .130 | .133 | .145 | .116 | .121 | .081 | .084 | .069 | .075 | |
| 16 | .215 | .451 | .450 | .624 | .695 | .531 | .564 | .228 | .141 | .056 | .055 | 9 |
| | .065 | .091 | .091 | .108 | .115 | .099 | .102 | .071 | .068 | .056 | .055 | |
| 17 | .065 | .177 | .198 | .319 | .397 | .303 | .376 | .141 | .148 | .030 | .027 | 8 |
| | .034 | .042 | .039 | .058 | .060 | .056 | .058 | .039 | .036 | .030 | .027 | |
| 18 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 7 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 3.28 | 6.28 | 5.95 | 5.26 | 4.64 | 3.16 | 2.48 | 1.17 | .90 | .62 | .67 | |
| | .74 | 1.10 | 1.17 | 1.01 | 1.07 | .83 | .87 | .66 | .71 | .62 | .67 | |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - DIAS CLAROS**

GENERAL DICIEMBRE UNIDADES: kWh/m²

| HORA | HORZ 0 | SUR 45 | SUR 90 | SUROESTE 45 | SUROESTE 90 | OESTE 45 | OESTE 90 | NOROESTE 45 | NOROESTE 90 | NORTE 45 | NORTE 90 | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 20 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 6 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 19 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 7 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 18 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 8 | .001 | .089 | .126 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 17 |
| | .000 | .017 | 024 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 9 | .126 | .359 | .401 | .083 | .045 | .043 | .040 | .044 | .040 | .043 | .040 | 16 |
| | .049 | .070 | .069 | .047 | .045 | .043 | .040 | .044 | .040 | .043 | .040 | |
| 10 | .258 | .610 | .636 | .283 | .179 | .060 | .062 | .060 | .061 | .060 | .061 | 15 |
| | .070 | .108 | .113 | .078 | .077 | .060 | .062 | .060 | .061 | .060 | .061 | |
| 11 | .362 | .792 | .797 | .495 | .378 | .077 | .078 | .069 | .074 | .069 | .074 | 14 |
| | .082 | .129 | .141 | .104 | .105 | .070 | .078 | .069 | .074 | .069 | .074 | |
| 12 | .418 | .886 | .878 | .669 | .571 | .251 | .091 | .073 | .082 | .072 | .081 | 13 |
| | .087 | .140 | .154 | .121 | .128 | .086 | .091 | .073 | .082 | .072 | .081 | |
| 13 | .418 | .886 | .878 | .775 | .721 | .400 | .198 | .073 | .083 | .072 | .081 | 12 |
| | .087 | .140 | .154 | .130 | .141 | .098 | .101 | .073 | .083 | .072 | .081 | |
| 14 | .362 | .792 | .797 | .791 | .796 | .493 | .375 | .075 | .078 | .069 | .074 | 11 |
| | .082 | .129 | .141 | .129 | .149 | .103 | .105 | .070 | .078 | .069 | .074 | |
| 15 | .258 | .610 | .636 | .699 | .762 | 498 | .477 | .126 | .067 | .060 | .061 | 10 |
| | .070 | .108 | .113 | .116 | .124 | .097 | .099 | .066 | .067 | .060 | .061 | |
| 16 | .126 | .359 | .401 | .487 | .582 | .388 | .442 | .123 | .073 | .043 | .040 | 9 |
| | .049 | .070 | .069 | .083 | .087 | .073 | .073 | .051 | .047 | .043 | .040 | |
| 17 | .001 | .089 | .126 | .166 | .234 | .146 | .206 | .043 | .061 | .000 | .000 | 8 |
| | .000 | .017 | .024 | .032 | .045 | .028 | .040 | .010 | .015 | .000 | .000 | |
| 18 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 7 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 19 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 6 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| 20 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | 5 |
| | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| HORA | 0 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | HORA |
| | HORZ | SUR | | SURESTE | | ESTE | | NORESTE | | NORTE | | |
| DIA | 2.33 | 5.47 | 5.67 | 4.45 | 4.27 | 2.36 | 1.97 | .69 | .62 | .49 | .51 | |
| | .58 | .93 | 1.00 | .84 | .89 | .66 | .69 | .51 | .55 | .49 | .51 | |

# TABLAS II

## VALORES MEDIOS MENSUALES DE LA IRRADIACION GLOBAL Y DIFUSA PARA LAS DIFERENTES ZONAS SOLARES DEL PAIS VASCO

Estas tablas recogen los valores de irradiación global (1ª fila) y difusa (2ª fila) media diaria para los diferentes meses del año y en diferentes orientaciones e inclinaciones. El valor de la irradiación directa se calcula por diferencia entre el valor de la irradiación global y de la difusa.

Como ejemplo de utilización de estas tablas se plantea el ejercicio de calcular los aportes energéticos mensuales y el grado de cobertura de las necesidades de agua caliente de una familia de 4 miembros utilizando un calentador solar de 4 $m^2$ de superficie de paneles, en cada una de las zonas solares del País Vasco. Los paneles solares están instalados con una inclinación de 60°. Se supone que el rendimiento promedio del calentador para transformar la energía solar en energía térmica es del 22%. Las necesidades de agua caliente de la familia se calculan suponiendo unas necesidades medias de 40 litros de agua a 40°C por persona y día, y una temperatura media de agua de red de 12 grados. La energía que se necesita diariamente para calentar el agua es por lo tanto:

$$4 \text{ personas} \cdot 40 \frac{l}{\text{persona.d}} \cdot (40\text{-}12°C).1 \frac{Kcal}{°Cl} =$$

$$=4480 \frac{Kcal}{d} \text{ o lo que lo mismo, } 5.2 \frac{kWh}{d}$$

Luego el consumo energético diario en agua caliente es de 5.20 kWh.

La tabla 11 presenta los resultados del cálculo. En cada zona solar, la primera columna muestra la irradiación diaria media mensual en una superficie orientada al Sur y con una inclinación de 60 grados. La segunda columna indica el aporte de energía que se obtiene del calentador solar de agua y la tercera el grado de cobertura (%) de la carga energética en agua caliente.

Los resultados muestran que el grado de cobertura anual pasa de 54% en la zona costera a un 73% en la zona de la Rioja. Otro aspecto a resaltar es que el grado de cobertura de los meses de invierno es aproximadamente la mitad de la de los meses de verano.

| MES | ZONA COSTERA (SONDICA) | | | ZONA INTERMEDIA (VITORIA) | | | ZONA DE LA RIOJA (LOGROÑO) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Irradación media. Sur 60° kWh/m² | Aporte Solar (kWh) | Cobertura carga térmica (%) | Irradación media. Sur 60° kWh/m² | Aporte Solar (kWh) | Cobertura carga térmica (%) | Irradación media. Sur 60° kWh/m² | Aporte Solar (kWh) | Cobertura carga térmica (%) |
| ENERO | 2.13 | 1.87 | 36 | 2.11 | 1.87 | 36 | 2.85 | 2.51 | 48 |
| FEBRERO | 2.63 | 2.31 | 44 | 2.91 | 2.56 | 49 | 3.83 | 3.37 | 65 |
| MARZO | 3.07 | 2.70 | 52 | 3.61 | 3.18 | 61 | 4.54 | 4.0 | 77 |
| ABRIL | 3.50 | 3.08 | 59 | 3.74 | 3.29 | 63 | 4.53 | 4.0 | 77 |
| MAYO | 3.77 | 3.32 | 64 | 3.99 | 3.51 | 68 | 4.75 | 4.18 | 80 |
| JUNIO | 3.82 | 3.36 | 65 | 4.13 | 3.63 | 70 | 5.03 | 4.43 | 85 |
| JULIO | 3.96 | 3.49 | 67 | 4.85 | 4.27 | 82 | 5.51 | 4.84 | 93 |
| AGOSTO | 4.00 | 3.52 | 68 | 4.85 | 4.27 | 82 | 5.45 | 4.80 | 92 |
| SETIEMBRE | 3.71 | 3.26 | 63 | 4.44 | 3.91 | 75 | 5.00 | 4.4 | 85 |
| OCTUBRE | 3.21 | 2.83 | 54 | 3.48 | 3.06 | 59 | 4.13 | 3.63 | 70 |
| NOVIEMBRE | 2.56 | 2.25 | 43 | 2.46 | 2.16 | 42 | 3.22 | 2.83 | 54 |
| DICIEMBRE | 1.78 | 1.57 | 30 | 1.65 | 1.45 | 28 | 2.68 | 2.36 | 45 |
| **AÑO** | **1160** | **1021** | **54** | **1305** | **1148** | **60** | **1568** | **1379** | **73** |

(1) Aporte solar = Irradiación x Rendimiento x Area de paneles solares.

$$\text{Cobertura de carga térmica} = \frac{\text{Aporte Solar x 100}}{\text{Consumo energético en agua caliente}}$$

Tabla 11. Aporte energético y grado de cobertura de la carga térmica que proporciona en las diferentes zonas solares, un calentador solar de agua con las características arriba citadas.

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA COSTERA ORIENTACION SUR

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.333 | 1.985 | 2.848 | 3.876 | 4.711 | 5.099 | 5.093 | 4.589 | 3.592 | 2.503 | 1.622 | 1.107 |
| | .802 | 1.197 | 1.777 | 2.341 | 2.821 | 2.889 | 2.909 | 2.712 | 1.986 | 1.350 | .905 | .694 |
| 10 | 1.571 | 2.229 | 3.058 | 4.027 | 4.794 | 5.136 | 5.160 | 4.740 | 3.832 | 2.796 | 1.907 | 1.306 |
| | .815 | 1.222 | 1.813 | 2.366 | 2.843 | 2.905 | 2.932 | 2.750 | 2.022 | 1.380 | .921 | .706 |
| 20 | 1.773 | 2.422 | 3.199 | 4.090 | 4.770 | 5.059 | 5.111 | .4789 | 3.985 | 3.024 | 2.148 | 1.475 |
| | .815 | 1.228 | 1.818 | 2.352 | 2.818 | 2.873 | 2.907 | 2.745 | 2.027 | 1.387 | .922 | .706 |
| 30 | 1.933 | 2.560 | 3.270 | 4.064 | 4.653 | 4.880 | 4.961 | 4.737 | 4.047 | 3.182 | 2.337 | 1.610 |
| | .803 | 1.215 | 1.794 | 2.302 | 2.751 | 2.800 | 2.839 | 2.698 | 2.001 | 1.374 | .909 | .696 |
| 40 | 2.048 | 2.641 | 3.270 | 3.952 | 4.442 | 4.614 | 4.715 | 4.584 | 4.020 | 3.267 | 2.471 | 1.708 |
| | .780 | 1.185 | 1.744 | 2.219 | 2.646 | 2.689 | 2.734 | 2.613 | 1.948 | 1.343 | .885 | .676 |
| 50 | 2.115 | 2.662 | 3.201 | 3.759 | 4.144 | 4.256 | 4.376 | 4.337 | 3.906 | 3.276 | 2.547 | 1.766 |
| | .748 | 1.140 | 1.672 | 2.109 | 2.508 | 2.547 | 2.594 | 2.493 | 1.870 | 1.295 | .851 | .649 |
| 60 | 2.134 | 2.625 | 3.067 | 3.495 | 3.770 | 3.823 | 3.956 | 4.007 | 3.711 | 3.213 | 2.564 | 1.784 |
| | .709 | 1.083 | 1.581 | 1.977 | 2.344 | 2.379 | 2.428 | 2.346 | 1.773 | 1.234 | .808 | .614 |
| 70 | 2.105 | 2.532 | 2.873 | 3.170 | 3.347 | 3.359 | 3.494 | 3.605 | 3.441 | 3.079 | 2.521 | 1.762 |
| | .665 | 1.017 | 1.476 | 1.831 | 2.164 | 2.199 | 2.248 | 2.177 | 1.660 | 1.163 | .760 | .576 |
| 80 | 2.028 | 2.387 | 2.627 | 2.795 | 2.888 | 2.852 | 2.989 | 3.160 | 3.107 | 2.879 | 2.421 | 1.701 |
| | .617 | .944 | 1.361 | 1.675 | 1.976 | 2.010 | 2.057 | 1.999 | 1.538 | 1.085 | .708 | .534 |
| 90 | 1.907 | 2.193 | 2.338 | 2.394 | 2.399 | 2.342 | 2.462 | 2.677 | 2.720 | 2.621 | 2.267 | 1.603 |
| | .568 | .868 | 1.240 | 1.518 | 1.784 | 1.823 | 1.864 | 1.813 | 1.410 | 1.002 | .654 | .490 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA COSTERA ORIENTACION SURESTE-SUROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.333 | 1.985 | 2.848 | 3.876 | 4.711 | 5.099 | 5.093 | 4.589 | 3.592 | 2.503 | 1.622 | 1.107 |
| | .802 | 1.197 | 1.777 | 2.341 | 2.821 | 2.889 | 2.909 | 2.712 | 1.986 | 1.350 | .905 | .694 |
| 10 | 1.506 | 2.159 | 2.996 | 3.978 | 4.756 | 5.110 | 5.122 | 4.688 | 3.755 | 2.711 | 1.826 | 1.250 |
| | .816 | 1.221 | 1.805 | 2.357 | 2.829 | 2.892 | 2.917 | 2.735 | 2.013 | 1.377 | .922 | .707 |
| 20 | 1.646 | 2.286 | 3.083 | 4.000 | 4.709 | 5.028 | 5.059 | 4.690 | 3.850 | 2.857 | 1.994 | 1.365 |
| | .818 | 1.224 | 1.805 | 2.335 | 2.793 | 2.852 | 2.882 | 2.716 | 2.010 | 1.382 | .924 | .708 |
| 30 | 1.749 | 2.369 | 3.103 | 3.946 | 4.583 | 4.860 | 4.908 | 4.613 | 3.861 | 2.946 | 2.116 | 1.449 |
| | .806 | 1.210 | 1.775 | 2.279 | 2.718 | 2.772 | 2.806 | 2.659 | 1.977 | 1.367 | .912 | .698 |
| 40 | 1.811 | 2.399 | 3.071 | 3.821 | 4.373 | 4.608 | 4.669 | 4.448 | 3.806 | 2.974 | 2.188 | 1.500 |
| | .783 | 1.179 | 1.722 | 2.192 | 2.608 | 2.656 | 2.695 | 2.567 | 1.919 | 1.333 | .888 | .678 |
| 50 | 1.832 | 2.376 | 2.975 | 3.634 | 4.105 | 4.302 | 4.373 | 4.217 | 3.677 | 2.936 | 2.210 | 1.517 |
| | .751 | 1.132 | 1.647 | 2.081 | 2.470 | 2.515 | 2.557 | 2.446 | 1.839 | 1.284 | .853 | .649 |
| 60 | 1.812 | 2.304 | 2.822 | 3.385 | 3.775 | 3.933 | 4.010 | 3.915 | 3.476 | 2.834 | 2.182 | 1.501 |
| | .710 | 1.073 | 1.553 | 1.950 | 2.310 | 2.352 | 2.396 | 2.301 | 1.740 | 1.221 | .809 | .614 |
| 70 | 1.753 | 2.192 | 2.633 | 3.100 | 3.408 | 3.526 | 3.608 | 3.571 | 3.233 | 2.689 | 2.109 | 1.453 |
| | .664 | 1.005 | 1.448 | 1.807 | 2.136 | 2.177 | 2.221 | 2.141 | 1.630 | 1.148 | .759 | .573 |
| 80 | 1.663 | 2.041 | 2.399 | 2.771 | 3.014 | 3.101 | 3.182 | 3.183 | 2.932 | 2.492 | 1.996 | 1.378 |
| | .614 | .931 | 1.334 | 1.657 | 1.956 | 1.998 | 2.041 | 1.971 | 1.510 | 1.070 | .705 | .529 |
| 90 | 1.539 | 1.852 | 2.135 | 2.434 | 2.604 | 2.667 | 2.741 | 2.781 | 2.606 | 2.248 | 1.842 | 1.276 |
| | .563 | .853 | 1.217 | 1.508 | 1.777 | 1.820 | 1.860 | 1.799 | 1.388 | .987 | .649 | .484 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA COSTERA ORIENTACION ESTE-OESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.333 | 1.985 | 2.848 | 3.876 | 4.711 | 5.099 | 5.093 | 4.589 | 3.592 | 2.503 | 1.622 | 1.107 |
| | .802 | 1.197 | 1.777 | 2.341 | 2.821 | 2.889 | 2.909 | 2.712 | 1.986 | 1.350 | .905 | .694 |
| 10 | 1.344 | 1.985 | 2.842 | 3.859 | 4.680 | 5.069 | 5.056 | 4.566 | 3.579 | 2.494 | 1.634 | 1.108 |
| | .811 | 1.205 | 1.782 | 2.342 | 2.815 | 2.886 | 2.905 | 2.713 | 1.991 | 1.358 | .914 | .701 |
| 20 | 1.342 | 1.957 | 2.791 | 3.778 | 4.565 | 4.947 | 4.929 | 4.465 | 3.513 | 2.460 | 1.629 | 1.100 |
| | .807 | 1.195 | 1.761 | 2.307 | 2.768 | 2.839 | 2.858 | 2.674 | 1.970 | 1.349 | .910 | .698 |
| 30 | 1.322 | 1.914 | 2.702 | 3.647 | 4.385 | 4.756 | 4.734 | 4.302 | 3.406 | 2.402 | 1.603 | 1.079 |
| | .792 | 1.170 | 1.716 | 2.241 | 2.683 | 2.754 | 2.775 | 2.602 | 1.922 | 1.321 | .893 | .684 |
| 40 | 1.292 | 1.847 | 2.586 | 3.472 | 4.153 | 4.511 | 4.487 | 4.090 | 3.270 | 2.313 | 1.571 | 1.046 |
| | .765 | 1.129 | 1.650 | 2.147 | 2.568 | 2.638 | 2.660 | 2.500 | 1.854 | 1.277 | .865 | .661 |
| 50 | 1.242 | 1.758 | 2.447 | 3.259 | 3.887 | 4.222 | 4.197 | 3.836 | 3.097 | 2.209 | 1.510 | 1.001 |
| | .729 | 1.075 | 1.566 | 2.032 | 2.429 | 2.498 | 2.522 | 2.374 | 1.766 | 1.220 | .826 | .629 |
| 60 | 1.183 | 1.655 | 2.274 | 3.026 | 3.589 | 3.897 | 3.873 | 3.561 | 2.890 | 2.077 | 1.443 | .946 |
| | .686 | 1.011 | 1.468 | 1.902 | 2.271 | 2.339 | 2.365 | 2.232 | 1.665 | 1.153 | .779 | .591 |
| 70 | 1.104 | 1.534 | 2.098 | 2.770 | 3.263 | 3.545 | 3.521 | 3.255 | 2.672 | 1.930 | 1.350 | .876 |
| | .638 | .940 | 1.363 | 1.761 | 2.103 | 2.169 | 2.197 | 2.077 | 1.554 | 1.078 | .727 | .547 |
| 80 | 1.018 | 1.398 | 1.895 | 2.493 | 2.928 | 3.186 | 3.162 | 2.931 | 2.420 | 1.759 | 1.246 | .803 |
| | .586 | .866 | 1.251 | 1.616 | 1.931 | 1.997 | 2.024 | 1.916 | 1.438 | .999 | .671 | .502 |
| 90 | .926 | 1.262 | 1.701 | 2.225 | 2.598 | 2.827 | 2.806 | 2.615 | 2.178 | 1.590 | 1.136 | .725 |
| | .535 | .791 | 1.141 | 1.473 | 1.761 | 1.827 | 1.855 | 1.756 | 1.324 | .921 | .616 | .456 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA COSTERA ORIENTACION NORESTE-NOROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.333 | 1.985 | 2.848 | 3.876 | 4.711 | 5.099 | 5.093 | 4.589 | 3.592 | 2.503 | 1.622 | 1.107 |
| | .802 | 1.197 | 1.777 | 2.341 | 2.821 | 2.889 | 2.909 | 2.712 | 1.986 | 1.350 | .905 | .694 |
| 10 | 1.168 | 1.803 | 2.682 | 3.740 | 4.608 | 5.031 | 4.997 | 4.444 | 3.392 | 2.276 | 1.423 | .962 |
| | .797 | 1.185 | 1.759 | 2.330 | 2.810 | 2.887 | 2.902 | 2.694 | 1.971 | 1.339 | .900 | .688 |
| 20 | 1.016 | 1.610 | 2.473 | 3.528 | 4.407 | 4.852 | 4.790 | 4.207 | 3.139 | 2.031 | 1.232 | .829 |
| | .781 | 1.157 | 1.715 | 2.281 | 2.753 | 2.838 | 2.846 | 2.635 | 1.929 | 1.310 | .883 | .673 |
| 30 | .892 | 1.429 | 2.246 | 3.263 | 4.121 | 4.574 | 4.492 | 3.900 | 2.855 | 1.803 | 1.080 | .728 |
| | .756 | 1.116 | 1.650 | 2.201 | 2.656 | 2.747 | 2.751 | 2.539 | 1.863 | 1.267 | .856 | .650 |
| 40 | .805 | 1.279 | 2.025 | 2.975 | 3.782 | 4.222 | 4.123 | 3.553 | 2.579 | 1.606 | .965 | .660 |
| | .723 | 1.065 | 1.568 | 2.096 | 2.527 | 2.623 | 2.622 | 2.416 | .779 | 1.212 | .821 | .621 |
| 50 | .740 | 1.160 | 1.825 | 2.689 | 3.422 | 3.835 | 3.733 | 3.210 | 2.325 | 1.444 | .882 | .609 |
| | .684 | 1.005 | 1.475 | 1.972 | 2.377 | 2.474 | 2.471 | 2.276 | 1.682 | 1.149 | .778 | .587 |
| 60 | .684 | 1.055 | 1.648 | 2.419 | 3.073 | 3.456 | 3.349 | 2.886 | 2.099 | 1.309 | .813 | .561 |
| | .640 | .939 | 1.374 | 1.836 | 2.213 | 2.311 | 2.307 | 2.124 | 1.576 | 1.079 | .730 | .548 |
| 70 | .629 | .964 | I.490 | 2.173 | 2.752 | 3.094 | 2.993 | 2.590 | 1.896 | 1.188 | .744 | .517 |
| | .592 | .870 | 1.268 | 1.694 | 2.043 | 2.139 | 2.136 | 1.968 | 1.465 | 1.005 | .678 | .506 |
| 80 | .577 | .870 | 1.342 | 1,948 | 2,451 | 2.760 | 2.666 | 2.319 | 1.704 | 1.077 | .685 | .471 |
| | .543 | .798 | 1.161 | 1.552 | 1.872 | 1.967 | 1.966 | 1.811 | 1.352 | .929 | .626 | .463 |
| 90 | .524 | .790 | 1.199 | 1.737 | 2.170 | 2.453 | 2.366 | 2.067 | 1.534 | .972 | .626 | .426 |
| | .495 | .728 | 1.056 | 1.413 | 1.706 | 1.799 | 1.800 | 1.659 | 1.243 | .855 | .574 | .421 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA COSTERA ORIENTACION NORTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.333 | 1.985 | 2.848 | 3.876 | 4.711 | 5.099 | 5.093 | 4.589 | 3.592 | 2.503 | 1.622 | 1.107 |
| | .802 | 1.197 | 1.777 | 2.341 | 2.821 | 2.889 | 2.909 | 2.712 | 1.986 | 1.350 | .905 | .694 |
| 10 | 1.089 | 1.717 | 2.610 | 3.691 | 4.587 | 5.026 | 4.982 | 4.400 | 3.317 | 2.181 | 1.325 | .892 |
| | .787 | 1.171 | 1,746 | 2.327 | 2.815 | 2.897 | 2.909 | 2.693 | 1.963 | 1.327 | .890 | .679 |
| 20 | .846 | 1.422 | 2.317 | 3.426 | 4.363 | 4.841 | 4.760 | 4.116 | 2.970 | 1.813 | 1.023 | .693 |
| | .762 | 1.128 | 1.686 | 2.274 | 2.763 | 2.857 | 2.861 | 2.630 | 1.909 | 1.283 | .863 | .656 |
| 30 | 733 | 1.129 | 1.979 | 3.091 | 4.048 | 4.553 | 4.439 | 3.748 | 2.564 | 1.426 | .829 | .632 |
| | .733 | 1.073 | 1.601 | 2.188 | 2.668 | 2.775 | 2.770 | 2.528 | 1.828 | 1.223 | .829 | .632 |
| 40 | .699 | 1.020 | 1.612 | 2.701 | 3.655 | 4.173 | 4.029 | 3.308 | 2.113 | 1.159 | .793 | .602 |
| | .699 | 1.020 | 1.496 | 2.072 | 2.538 | 2.655 | 2.642 | 2.392 | 1.725 | 1.159 | .793 | .602 |
| 50 | .658 | .963 | 1.397 | 2.268 | 3.198 | 3.715 | 3.546 | 2.814 | 1.639 | 1.099 | .750 | .566 |
| | .658 | .963 | 1.397 | 1.933 | 2.377 | 2.504 | 2.483 | 2.229 | 1.604 | 1.099 | .750 | .566 |
| 60 | .613 | .898 | 1.304 | 1.872 | 2.695 | 3.198 | 3.007 | 2.282 | 1.510 | 1.032 | .701 | .527 |
| | .613 | .898 | 1.304 | 1.784 | 2.195 | 2.330 | 2.301 | 2.046 | 1.505 | 1.032 | .701 | .527 |
| 70 | .566 | .831 | 1.205 | 1.690 | 2.235 | 2.640 | 2.460 | 1.993 | 1.402 | .961 | .650 | .486 |
| | .566 | .831 | 1.205 | 1.647 | 2.007 | 2.140 | 2.107 | 1.888 | 1.402 | .961 | .650 | .486 |
| 80 | .518 | .762 | 1.104 | 1.545 | 1.988 | 2.290 | 2.154 | 1.807 | 1.298 | .889 | .599 | .444 |
| | .518 | .762 | 1.104 | 1.511 | 1.840 | 1.963 | 1.935 | 1.742 | 1.298 | .889 | .599 | .444 |
| 90 | .472 | .695 | 1.007 | 1.403 | 1.780 | 2.043 | 1.928 | 1.655 | 1.196 | .819 | .549 | .403 |
| | .472 | .695 | 1.007 | 1.379 | 1.680 | 1.797 | 1.776 | 1.604 | 1.196 | .819 | .549 | .403 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA INTERMEDIA ORIENTACION SUR

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.358 | 2.154 | 3.262 | 4.136 | 5.026 | 5.555 | 6.222 | 5.486 | 4.180 | 2.721 | 1.636 | 1.084 |
| | .828 | 1.217 | 1.734 | 2.357 | 2.781 | 2.881 | 3.174 | 2.850 | 2.018 | 1.463 | .977 | .706 |
| 10 | 1.588 | 2.434 | 3.530 | 4.302 | 5.110 | 5.593 | 6.313 | 5.685 | 4.490 | 3.038 | 1.896 | 1.259 |
| | .840 | 1.240 | 1.756 | 2.381 | 2.802 | 2.899 | 3.206 | 2.897 | 2.060 | 1.497 | .998 | .715 |
| 20 | 1.781 | 2.658 | 3.716 | 4.373 | 5.078 | 5.504 | 6.259 | 5.760 | 4.695 | 3.284 | 2.111 | 1.405 |
| | .838 | 1.242 | 1.750 | 2.368 | 2.777 | 2.872 | 3.189 | 2.901 | 2.070 | 1.507 | 1.002 | .712 |
| 30 | 1.933 | 2.820 | 3.817 | 4.348 | 4.950 | 5.305 | 6.082 | 5.712 | 4.792 | 3.453 | 2.278 | 1.520 |
| | .823 | 1.225 | 1.718 | 2.118 | 2.713 | 2.805 | 3.129 | 2.865 | 2.052 | 1.494 | .991 | .697 |
| 40 | 2.040 | 2.917 | 3.832 | 4.228 | 4.719 | 5.010 | 5.785 | 5.538 | 4.778 | 3.543 | 2.393 | 1.600 |
| | .797 | 1.193 | 1.664 | 2.237 | 2.613 | 2702 | 3.031 | 2.790 | 2.008 | 1.462 | .966 | .673 |
| 50 | 2.100 | 2.947 | 3.762 | 4.022 | 4.394 | 4.613 | 5.367 | 5.246 | 4.658 | 3.552 | 2.452 | 1.644 |
| | .763 | 1.146 | 1.591 | 2.128 | 2.481 | 2.568 | 2.896 | 2.681 | 1.940 | 1.412 | .930 | .642 |
| 60 | 2.113 | 2.912 | 3.611 | 3.737 | 3.986 | 4.131 | 4.846 | 4.847 | 4.435 | 3.482 | 2.456 | 1.652 |
| | .721 | 1.088 | 1.503 | 1.999 | 2.326 | 2.410 | 2.731 | 2.542 | 1.852 | 1.347 | .885 | .604 |
| 70 | 2.078 | 2.813 | 3.386 | 3.384 | 3.529 | 3.619 | 4.274 | 4.356 | 4.119 | 3.336 | 2.404 | 1.623 |
| | .674 | 1.021 | 1.405 | 1.855 | 2.155 | 2.240 | 2.551 | 2.381 | 1.750 | 1.271 | .832 | .563 |
| 80 | 1.998 | 2.653 | 3.096 | 2.977 | 3.032 | 3.056 | 3.641 | 3.812 | 3.721 | 3.118 | 2.301 | 1.561 |
| | .624 | .949 | 1.302 | 1.703 | 1.978 | 2.061 | 2.359 | 2.209 | 1.637 | 1.188 | .774 | .519 |
| 90 | 1.874 | 2.440 | 2.749 | 2.542 | 2.501 | 2.491 | 2.980 | 3.214 | 3.253 | 2.838 | 2.148 | 1.465 |
| | .572 | .874 | 1.196 | 1.550 | 1.798 | 1.883 | 2.162 | 2.029 | 1.519 | 1.099 | .714 | .474 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA INTERMEDIA ORIENTACION SURESTE-SUROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.358 | 2.154 | 3.262 | 4.136 | 5.026 | 5.555 | 6.222 | 5.486 | 4.180 | 2.721 | 1.636 | 1.084 |
| | .828 | 1.217 | 1.734 | 2.357 | 2.781 | 2.881 | 3.174 | 2.850 | 2.018 | 1.463 | .977 | .706 |
| 10 | 1.525 | 2.354 | 3.453 | 4.250 | 5.072 | 5.566 | 6.265 | 5.619 | 4.391 | 2.946 | 1.822 | 1.210 |
| | .842 | 1.239 | 1.754 | 2.373 | 2.789 | 2.887 | 3.188 | 2.880 | 2.049 | 1.493 | .997 | .717 |
| 20 | 1.659 | 2.500 | 3.577 | 4.278 | 5.023 | 5.478 | 6.196 | 5.637 | 4.525 | 3.102 | 1.972 | 1.309 |
| | .841 | 1.240 | 1.746 | 2.352 | 2.755 | 2.852 | 3.161 | 2.870 | 2.052 | 1.499 | 1.002 | .715 |
| 30 | 1.755 | 2.599 | 3.620 | 4.226 | 4.890 | 5.298 | 6.021 | 5.560 | 4.558 | 3.197 | 2.077 | 1.379 |
| | .828 | 1.224 | 1.712 | 2.296 | 2.683 | 2.778 | 3.093 | 2.823 | 2.027 | 1.484 | .991 | .702 |
| 40 | 1.810 | 2.639 | 3.605 | 4.098 | 4.668 | 5.025 | 5.736 | 5.377 | 4.514 | 3.226 | 2.135 | 1.418 |
| | .802 | 1.191 | 1.657 | 2.211 | 2.577 | 2.670 | 2.988 | 2.740 | 1.978 | 1.450 | .965 | .678 |
| 50 | 1.826 | 2.620 | 3.511 | 3.902 | 4.384 | 4.694 | 5.380 | 5.111 | 4.379 | 3.184 | 2.144 | 1.426 |
| | .767 | 1.143 | 1.583 | 2.102 | 2.445 | 2.538 | 2.855 | 2.629 | 1.907 | 1.397 | .928 | .646 |
| 60 | 1.801 | 2.544 | 3.346 | 3.640 | 4.033 | 4.293 | 4.940 | 4.757 | 4.155 | 3.072 | 2.107 | 1.403 |
| | .724 | 1.083 | 1.494 | 1.973 | 2.292 | 2.385 | 2.698 | 2.494 | 1.818 | 1.330 | .880 | .608 |
| 70 | 1.738 | 2.425 | 3.137 | 3.337 | 3.641 | 3.849 | 4.449 | 4.349 | 3.878 | 2.914 | 2.028 | 1.352 |
| | .675 | 1.014 | 1.397 | 1.834 | 2.127 | 2.220 | 2.526 | 2.343 | 1.718 | 1.253 | .825 | .564 |
| 80 | 1.644 | 2.261 | 2.870 | 2.985 | 3.219 | 3.384 | 3.927 | 3.883 | 3.527 | 2.699 | 1.911 | 1.276 |
| | .622 | .941 | 1.293 | 1.687 | 1.957 | 2.050 | 2.347 | 2.181 | 1.608 | 1.169 | .766 | .518 |
| 90 | 1.518 | 2.054 | 2.564 | 2.623 | 2.779 | 2.908 | 3.385 | 3.396 | 3.142 | 2.434 | 1.758 | 1.176 |
| | .569 | .865 | 1.189 | 1.541 | 1.788 | 1.882 | 2.167 | 2.016 | 1.497 | 1.080 | .704 | .471 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA INTERMEDIA ORIENTACION ESTE-OESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.358 | 2.154 | 3.262 | 4.136 | 5.026 | 5.555 | 6.222 | 5.486 | 4.180 | 2.721 | 1.636 | 1.084 |
| | .828 | 1.217 | 1.734 | 2.357 | 2.781 | 2.881 | 3.174 | 2.850 | 2.018 | 1.463 | .977 | .706 |
| 10 | 1.368 | 2.154 | 3.259 | 4.120 | 4.993 | 5.523 | 6.177 | 5.460 | 4.166 | 2.711 | 1.645 | 1.085 |
| | .837 | 1.226 | 1.741 | 2.359 | 2.778 | 2.881 | 3.174 | 2.855 | 2.027 | 1.472 | .987 | .713 |
| 20 | 1.363 | 2.125 | 3.213 | 4.037 | 4.873 | 5.396 | 6.023 | 5.343 | 4.094 | 2.673 | 1.634 | 1.075 |
| | .832 | 1.216 | 1.722 | 2.326 | 2.733 | 2.840 | 3.132 | 2.824 | 2.011 | 1.461 | .982 | .708 |
| 30 | 1.339 | 2.083 | 3.129 | 3.093 | 4.687 | 5.194 | 5.790 | 5.158 | 3.981 | 2.607 | 1.602 | 1.050 |
| | .815 | 1.190 | 1.679 | 2.261 | 2.653 | 2.762 | 3.054 | 2.759 | 1.970 | 1.432 | .963 | .693 |
| 40 | 1.305 | 2.014 | 3.016 | 3.273 | 4.447 | 4.935 | 5.495 | 4.914 | 3.835 | 2.510 | 1.562 | 1.014 |
| | .787 | 1.149 | 1.617 | 2.170 | 2.543 | 2.654 | 2.946 | 2.667 | 1.910 | 1.385 | .931 | .667 |
| 50 | 1.251 | 1.922 | 2.875 | 3.502 | 4.170 | 4.628 | 5.152 | 4.623 | 3.646 | 2.395 | 1.492 | .966 |
| | .748 | 1.095 | 1.538 | 2.057 | 2.410 | 2.523 | 2.813 | 2.551 | 1.832 | 1.324 | .888 | .633 |
| 60 | 1.188 | 1.813 | 2.693 | 3.260 | 3.858 | 4.282 | 4.766 | 4.307 | 3.418 | 2.251 | 1.419 | .909 |
| | .703 | 1.031 | 1.447 | 1.929 | 2.260 | 2.375 | 2.662 | 2.419 | 1.740 | 1.252 | .837 | .592 |
| 70 | 1.106 | 1.685 | 2.505 | 2.991 | 3.516 | 3.904 | 4.346 | 3.953 | 3.175 | 2.092 | 1.321 | .838 |
| | .651 | .961 | 1.349 | 1.791 | 2.100 | 2.216 | 2.499 | 2.274 | 1.640 | 1.173 | .779 | .546 |
| 80 | 1.017 | 1.539 | 2.280 | 2.698 | 3.162 | 3.518 | 3.916 | 3.574 | 2.889 | 1.906 | 1.214 | .765 |
| | .598 | .886 | 1.247 | 1.649 | 1.936 | 2.053 | 2.331 | 2.122 | 1.534 | 1.089 | .718 | .498 |
| 90 | .922 | 1.392 | 2.061 | 2.413 | 2.812 | 3.130 | 3.488 | 3.203 | 2.613 | 1.724 | 1.102 | .687 |
| | .544 | .812 | 1.146 | 1.510 | 1.776 | 1.894 | 2.164 | 1.971 | 1.430 | 1.005 | .657 | .450 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA INTERMEDIA ORIENTACION NORESTE-NOROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.358 | 2.154 | 3.262 | 4.136 | 5.026 | 5.555 | 6.222 | 5.486 | 4.180 | 2.721 | 1.636 | 1.084 |
| | .828 | 1.217 | 1.734 | 2.357 | 2.781 | 2.881 | 3.174 | 2.850 | 2.018 | 1.463 | .977 | .706 |
| 10 | 1.196 | 1.945 | 3.051 | 3.987 | 4.916 | 5.483 | 6.097 | 5.297 | 3.922 | 2.476 | 1.452 | .954 |
| | .823 | 1.208 | 1.728 | 2.348 | 2.774 | 2.882 | 3.168 | 2.834 | 2.006 | 1.450 | .969 | .701 |
| 20 | 1.044 | 1.727 | 2.797 | 3.757 | 4.699 | 5.287 | 5.833 | 4.998 | 3.608 | 2.208 | 1.269 | .832 |
| | .807 | 1.183 | 1.697 | 2.302 | 2.722 | 2.838 | 3.114 | 2.778 | 1.969 | 1.418 | .948 | .686 |
| 30 | .919 | 1.527 | 2.531 | 3.472 | 4.393 | 4.983 | 5.457 | 4.616 | 3.262 | 1.959 | 1.120 | .735 |
| | .781 | 1.144 | 1.643 | 2.225 | 2.632 | 2.754 | 3.018 | 2.687 | 1.909 | 1.371 | .916 | .663 |
| 40 | .829 | 1.360 | 2.279 | 3.164 | 4.031 | 4.598 | 4.995 | 4.189 | 2.933 | 1.744 | 1.005 | .668 |
| | .746 | 1.093 | 1.572 | 2.122 | 2.512 | 2.638 | 2.890 | 2.570 | 1.832 | 1.312 | .876 | .632 |
| 50 | .760 | 1.230 | 2.055 | 2.860 | 3.649 | 4.175 | 4.512 | 3.777 | 2.638 | 1.567 | .918 | .615 |
| | .705 | 1.034 | 1.488 | 2.001 | 2.370 | 2.498 | 2.740 | 2.437 | 1.744 | 1.244 | .829 | .595 |
| 60 | .702 | 1.118 | 1.861 | 2.575 | 3.278 | 3.764 | 4.043 | 3.394 | 2.381 | 1.420 | .845 | .565 |
| | .658 | .968 | 1.394 | 1.868 | 2.214 | 2.344 | 2.579 | 2.294 | 1.647 | 1.169 | .776 | .553 |
| 70 | .643 | 1.022 | .1690 | 2.316 | 2.938 | 3.374 | 3.614 | 3.050 | 2.156 | 1.288 | .772 | .518 |
| | .608 | .899 | 1.296 | 1.729 | 2.052 | 2.183 | 2.412 | 2.147 | 1.546 | 1.090 | .719 | .509 |
| 80 | .589 | .923 | 1.530 | 2.080 | 2.622 | 3.016 | 3.228 | 2.742 | 1.946 | 1.169 | .708 | .471 |
| | .556 | .827 | 1.196 | 1.590 | 1.890 | 2.021 | 2.247 | 2.000 | 1.444 | 1.010 | .661 | .464 |
| 90 | .534 | .840 | 1.375 | 1.859 | 2.326 | 2.689 | 2.880 | 2.457 | 1.764 | 1.055 | .645 | .424 |
| | .506 | .758 | 1.098 | 1.453 | 1.731 | 1.864 | 2.087 | 1.857 | 1.345 | .931 | .604 | .419 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA INTERMEDIA ORIENTACION NORTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.358 | 2.154 | 3.262 | 4.136 | 5.026 | 5.555 | 6.222 | 5.486 | 4.180 | 2.721 | 1.636 | 1.084 |
| | .828 | 1.217 | 1.734 | 2.357 | 2.781 | 2.881 | 3.174 | 2.850 | 2.018 | 1.463 | .977 | .706 |
| 10 | 1.119 | 1.847 | 2.954 | 3.932 | 4.893 | 5.476 | 6.073 | 5.237 | 3.826 | 2.374 | 1.363 | .893 |
| | .814 | 1.196 | 1.720 | 2.345 | 2.780 | 2.892 | 3.175 | 2.832 | 1.998 | 1.436 | .956 | .693 |
| 20 | .879 | 1.510 | 2.582 | 3.641 | 4.651 | 5.274 | 5.788 | 4.872 | 3.387 | 1.975 | 1.078 | .709 |
| | .789 | 1.157 | 1.678 | 2.296 | 2.733 | 2.858 | 3.129 | 2.772 | 1.948 | 1.387 | .923 | .670 |
| 30 | .758 | 1.180 | 2.158 | 3.276 | 4.310 | 4.956 | 5.378 | 4.405 | 2.878 | 1.555 | .883 | .644 |
| | .758 | 1.104 | 1.612 | 2.213 | 2.647 | 2.782 | 3.039 | 2.673 | 1.873 | 1.321 | .883 | .644 |
| 40 | .722 | 1.052 | 1.704 | 2.849 | 3.884 | 4.537 | 4.859 | 3.852 | 2.318 | 1.251 | .844 | .612 |
| | .722 | 1.052 | 1.528 | 2.101 | 2.525 | 2.671 | 2.910 | 2.541 | 1.776 | 1.251 | .844 | .612 |
| 50 | .679 | .994 | 1.439 | 2.377 | 3.388 | 4.030 | 4.248 | 3.232 | 1.725 | 1.187 | .796 | .575 |
| | .679 | .994 | 1.439 | 1.966 | 2.375 | 2.529 | 2.749 | 2.382 | 1.664 | 1.187 | .796 | .575 |
| 60 | .632 | .930 | 1.350 | 1.937 | 2.841 | 3.455 | 3.567 | 2.567 | 1.581 | 1.116 | .743 | .533 |
| | .632 | .930 | 1.350 | 1.820 | 2.205 | 2.364 | 2.563 | 2.204 | 1.573 | 1.116 | .743 | .533 |
| 70 | .582 | .862 | 1.255 | 1.747 | 2.334 | 2.832 | 2.866 | 2.215 | 1.480 | 1.040 | .687 | .489 |
| | .582 | .862 | 1.255 | 1.686 | 2.027 | 2.184 | 2.363 | 2.053 | 1.480 | 1.040 | .687 | .489 |
| 80 | .532 | .793 | 1.159 | 1.599 | 2.070 | 2.444 | 2.505 | 2.020 | 1.387 | .964 | .631 | .445 |
| | .532 | .793 | 1.159 | 1.552 | 1.866 | 2.017 | 2.197 | 1.918 | 1.387 | .964 | .631 | .445 |
| 90 | .484 | .727 | 1.065 | 1.458 | 1.854 | 2.185 | 2.263 | 1.874 | 1.296 | .890 | .576 | .403 |
| | .484 | .727 | 1.065 | 1.422 | 1.713 | 1.861 | 2.046 | 1.792 | 1.296 | .890 | .576 | .403 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA DE LA RIOJA ORIENTACION SUR

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.644 | 2.661 | 3.967 | 4.908 | 5.920 | 6.742 | 7.103 | 6.035 | 4.610 | 3.078 | 1.924 | 1.532 |
| | .874 | 1.344 | 1.951 | 2.453 | 3.041 | 3.007 | 2.703 | 2.356 | 2.077 | 1.440 | .966 | .855 |
| 10 | 1.985 | 3.057 | 4.325 | 5.130 | 6.033 | 6.799 | 7.219 | 6.295 | 4.976 | 3.479 | 2.301 | 1.851 |
| | .896 | 1.382 | 1.989 | 2.487 | 3.073 | 3.037 | 2.744 | 2.412 | 2.133 | 1.477 | .994 | .877 |
| 20 | 2.278 | 3.381 | 4.582 | 5.239 | 6.008 | 6.700 | 7.164 | 6.417 | 5.225 | 3.797 | 2.623 | 2.127 |
| | .904 | 1.399 | 1.997 | 2.485 | 3.058 | 3.023 | 2.750 | 2.439 | 2.159 | 1.491 | 1.007 | .885 |
| 30 | 2.517 | 3.625 | 4.733 | 5.229 | 5.868 | 6.466 | 6.966 | 6.393 | 5.352 | 4.025 | 2.882 | 2.352 |
| | .899 | 1.396 | 1.977 | 2.447 | 3.002 | 2.972 | 2.726 | 2.437 | 2.155 | 1.485 | 1.005 | .881 |
| 40 | 2.695 | 3.783 | 4.776 | 5.102 | 5.605 | 6.110 | 6.623 | 6.220 | 5.354 | 4.157 | 3.070 | 2.521 |
| | .882 | 1.374 | 1.932 | 2.377 | 2.908 | 2.887 | 2.674 | 2.406 | 2.124 | 1.461 | .990 | .865 |
| 50 | 2.807 | 3.852 | 4.710 | 4.866 | 5.226 | 5.625 | 6.132 | 5.903 | 5.233 | 4.190 | 3.184 | 2.630 |
| | .855 | 1.337 | 1.866 | 2.281 | 2.780 | 2.771 | 2.594 | 2.348 | 2.068 | 1.420 | .963 | .839 |
| 60 | 2.852 | 3.831 | 4.540 | 4.530 | 4.745 | 5.030 | 5.509 | 5.454 | 4.994 | 4.125 | 3.220 | 2.675 |
| | .820 | 1.286 | 1.782 | 2.162 | 2.624 | 2.630 | 2.491 | 2.265 | 1.991 | 1.365 | .927 | .804 |
| 70 | 2.828 | 3.721 | 4.274 | 4.106 | 4.203 | 4.395 | 4.828 | 4.888 | 4.647 | 3.966 | 3.179 | 2.658 |
| | .777 | 1.223 | 1.685 | 2.028 | 2.451 | 2.477 | 2.375 | 2.161 | 1.896 | 1.299 | .833 | .763 |
| 80 | 2.737 | 3.526 | 3.919 | 3.609 | 3.608 | 3.690 | 4.064 | 4.254 | 4.202 | 3.717 | 3.062 | 2.577 |
| | .730 | 1.153 | 1.579 | 1.884 | 2.268 | 2.311 | 2.247 | 2.047 | 1.787 | 1.225 | .833 | .717 |
| 90 | 2.582 | 3.254 | 3.489 | 3.076 | 2.967 | 2.982 | 3.263 | 3.544 | 3.675 | 3.388 | 2.873 | 2.438 |
| | .680 | 1.076 | 1.468 | 1.739 | 2.079 | 2.146 | 2.113 | 1.921 | 1.670 | 1.146 | .779 | .668 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA DE LA RIOJA ORIENTACION SURESTE-SUROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.644 | 2.661 | 3.967 | 4.908 | 5.920 | 6.742 | 7.103 | 6.035 | 4.610 | 3.078 | 1.924 | 1.532 |
| | .874 | 1.344 | 1.951 | 2.453 | 3.041 | 3.007 | 2.703 | 2.356 | 2.077 | 1.440 | .966 | .855 |
| 10 | 1.890 | 2.942 | 4.223 | 5.065 | 5.985 | 6.764 | 7.163 | 6.215 | 4.859 | 3.361 | 2.193 | 1.760 |
| | .896 | 1.378 | 1.983 | 2.478 | 3.057 | 3.023 | 2.729 | 2.397 | 2.119 | 1.473 | .992 | .876 |
| 20 | 2.096 | 3.155 | 4.397 | 5.121 | 5.937 | 6.669 | 7.098 | 6.265 | 5.022 | 3.565 | 2.418 | 1.948 |
| | .903 | 1.391 | 1.986 | 2.466 | 3.031 | 3.002 | 2.727 | 2.410 | 2.134 | 1.483 | 1.004 | .884 |
| 30 | 2.252 | 3.310 | 4.470 | 5.083 | 5.792 | 6.460 | 6.912 | 6.211 | 5.072 | 3.697 | 2.587 | 2.091 |
| | .898 | 1.386 | 1.962 | 2.422 | 2.966 | 2.946 | 2.697 | 2.398 | 2.120 | 1.475 | 1.001 | .879 |
| 40 | 2.354 | 3.389 | 4.473 | 4.952 | 5.539 | 6.136 | 6.594 | 6.031 | 5.035 | 3.753 | 2.694 | 2.184 |
| | .880 | 1.362 | 1.915 | 2.349 | 2.865 | 2.858 | 2.640 | 2.361 | 2.083 | 1.448 | .984 | .861 |
| 50 | 2.401 | 3.389 | 4.377 | 4.738 | 5.213 | 5.741 | 6.194 | 5.753 | 4.894 | 3.723 | 2.738 | 2.227 |
| | .852 | 1.322 | 1.846 | 2.251 | 2.737 | 2.746 | 2.563 | 2.302 | 2.022 | 1.404 | .956 | .833 |
| 60 | 2.392 | 3.313 | 4.188 | 4.438 | 4.804 | 5.256 | 5.689 | 5.367 | 4.652 | 3.608 | 2.717 | 2.219 |
| | .814 | 1.268 | 1.761 | 2.134 | 2.586 | 2.613 | 2.467 | 2.222 | 1.943 | 1.347 | .917 | .796 |
| 70 | 2.328 | 3.177 | 3.944 | 4.087 | 4.344 | 4.715 | 5.120 | 4.913 | 4.349 | 3.437 | 2.637 | 2.160 |
| | .769 | 1.203 | 1.664 | 2.005 | 2.421 | 2.467 | 2.359 | 2.129 | 1.851 | 1.281 | .871 | .752 |
| 80 | 2.220 | 2.978 | 3.623 | 3.670 | 3.847 | 4.149 | 4.511 | 4.386 | 3.958 | 3.195 | 2.505 | 2.058 |
| | .720 | 1.132 | 1.560 | 1.867 | 2.249 | 2.315 | 2.243 | 2.025 | 1.747 | 1.207 | .819 | .704 |
| 90 | 2.063 | 2.718 | 3.249 | 3.236 | 3.326 | 3.565 | 3.872 | 3.825 | 3.529 | 2.888 | 2.318 | 1.914 |
| | .668 | 1.055 | 1.452 | 1.730 | 2.075 | 2.161 | 2.124 | 1.914 | 1.639 | 1.128 | .763 | .653 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA DE LA RIOJA ORIENTACION NORTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.644 | 2.661 | 3.967 | 4.908 | 5.920 | 6.742 | 7.103 | 6.035 | 4.610 | 3.078 | 1.924 | 1.532 |
| | .874 | 1.344 | 1.951 | 2.453 | 3.041 | 3.007 | 2.703 | 2.356 | 2.077 | 1.440 | .966 | .855 |
| 10 | 1.301 | 2.234 | 3.565 | 4.639 | 5.750 | 6.630 | 6.902 | 5.705 | 4.197 | 2.641 | 1.535 | 1.193 |
| | .856 | 1.316 | 1.931 | 2.443 | 3.038 | 3.025 | 2.712 | 2.343 | 2.051 | 1.417 | .945 | .834 |
| 20 | .964 | 1.773 | 3.085 | 4.267 | 5.452 | 6.367 | 6.541 | 5.244 | 3.690 | 2.146 | 1.142 | .877 |
| | .827 | 1.269 | 1.882 | 2.397 | 2.990 | 3.000 | 2.688 | 2.301 | 1.996 | 1.373 | .913 | .803 |
| 30 | .797 | 1.328 | 2.543 | 3.806 | 5.037 | 5.962 | 6.032 | 4.667 | 3.107 | 1.630 | .877 | .776 |
| | .797 | 1.211 | 1.808 | 2.318 | 2.901 | 2.936 | 2.632 | 2.232 | 1.917 | 1.314 | .877 | .776 |
| 40 | .764 | 1.159 | 1.966 | 3.271 | 4.521 | 5.430 | 5.391 | 3.993 | 2.468 | 1.251 | .843 | .744 |
| | .764 | 1.159 | 1.715 | 2.211 | 2.774 | 2.837 | 2.549 | 2.140 | 1.817 | 1.251 | .843 | .744 |
| 50 | .725 | 1.105 | 1.623 | 2.683 | 3.922 | 4.789 | 4.641 | 3.243 | 1.793 | 1.196 | .803 | .705 |
| | .725 | 1.105 | 1.623 | 2.083 | 2.618 | 2.709 | 2.442 | 2.029 | 1.701 | 1.196 | .803 | .705 |
| 60 | .681 | 1.044 | 1.537 | 2.126 | 3.261 | 4.062 | 3.805 | 2.442 | 1.627 | 1.134 | .758 | .662 |
| | .681 | 1.044 | 1.537 | 1.943 | 2.439 | 2.556 | 2.316 | 1.903 | 1.618 | 1.134 | .758 | .662 |
| 70 | .635 | .980 | 1.445 | 1.922 | 2.644 | 3.273 | 2.936 | 2.043 | 1.536 | 1.069 | .710 | .617 |
| | .635 | .980 | 1.445 | 1.820 | 2.254 | 2.388 | 2.179 | 1.808 | 1.536 | 1.069 | .710 | .617 |
| 80 | .588 | .915 | 1.351 | 1.779 | 2.350 | 2.802 | 2.538 | 1.883 | 1.455 | 1.002 | .661 | .572 |
| | .588 | .915 | 1.351 | 1.700 | 2.098 | 2.240 | 2.077 | 1.734 | 1.455 | 1.002 | .661 | .572 |
| 90 | .543 | .851 | 1.260 | 1.644 | 2.123 | 2.529 | 2.320 | 1.788 | 1.374 | .938 | .613 | .527 |
| | .543 | .851 | 1.260 | 1.582 | 1.950 | 2.110 | 1.991 | 1.667 | 1.374 | .938 | .613 | .527 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA DE LA RIOJA ORIENTACION ESTE-OESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.644 | 2.661 | 3.967 | 4.908 | 5.920 | 6.742 | 7.103 | 6.035 | 4.610 | 3.078 | 1.924 | 1.532 |
| | .874 | 1.344 | 1.951 | 2.453 | 3.041 | 3.007 | 2.703 | 2.356 | 2.077 | 1.440 | .966 | .855 |
| 10 | 1.661 | 2.661 | 3.967 | 4.894 | 5.883 | 6.704 | 7.050 | 6.008 | 4.594 | 3.065 | 1.939 | 1.532 |
| | .886 | 1.356 | 1.963 | 2.461 | 3.042 | 3.016 | 2.716 | 2.371 | 1.090 | 1.452 | .978 | .865 |
| 20 | 1.665 | 2.632 | 3.917 | 4.808 | 5.745 | 6.551 | 6.877 | 5.884 | 4.514 | 3.026 | 1.937 | 1.523 |
| | .885 | 1.351 | 1.948 | 2.436 | 3.002 | 2.988 | 2.700 | 2.364 | 2.079 | 1.446 | .978 | .864 |
| 30 | 1.649 | 2.591 | 3.823 | 4.665 | 5.529 | 6.311 | 6.616 | 5.687 | 4.390 | 2.961 | 1.914 | 1.498 |
| | .872 | 1.330 | 1.910 | 2.381 | 2.926 | 2.928 | 2.661 | 2.335 | 2.046 | 1.422 | .964 | .850 |
| 40 | 1.625 | 2.518 | 3.697 | 4.471 | 5.253 | 6.003 | 6.290 | 5.429 | 4.231 | 2.859 | 1.885 | 1.461 |
| | .848 | 1.294 | 1.851 | 2.300 | 2.821 | 2.841 | 2.603 | 2.287 | 1.994 | 1.383 | .940 | .826 |
| 50 | 1.572 | 2.418 | 3.539 | 4.227 | 4.936 | 5.640 | 5.912 | 5.121 | 4.025 | 2.743 | 1.819 | 1.405 |
| | .814 | 1.245 | 1.776 | 2.199 | 2.692 | 2.732 | 2.527 | 2.223 | 1.924 | 1.331 | .905 | .792 |
| 60 | 1.512 | 2.297 | 3.328 | 3.958 | 4.577 | 5.231 | 5.486 | 4.789 | 3.777 | 2.589 | 1.751 | 1.339 |
| | .773 | 1.185 | 1.686 | 2.082 | 2.545 | 2.606 | 2.437 | 2.148 | 1.841 | 1.269 | .862 | .751 |
| 70 | 1.423 | 2.150 | 3.112 | 3.654 | 4.182 | 4.782 | 5.016 | 4.410 | 3.514 | 2.419 | 1.648 | 1.249 |
| | .725 | 1.117 | 1.589 | 1.955 | 2.387 | 2.469 | 2.338 | 2.061 | 1.749 | 1.200 | .812 | .704 |
| 80 | 1.322 | 1.977 | 2.846 | 3.319 | 3.773 | 4.324 | 4.535 | 4.000 | 3.200 | 2.214 | 1.529 | 1.153 |
| | .675 | 1.045 | 1.486 | 1.824 | 2.223 | 2.327 | 2.233 | 1.966 | 1.650 | 1.126 | .759 | .654 |
| 90 | 1.212 | 1.803 | 2.588 | 2.988 | 3.367 | 3.863 | 4.053 | 3.596 | 2.901 | 2.013 | 1.403 | 1.050 |
| | .623 | .972 | 1.385 | 1.694 | 2.062 | 2.186 | 2.128 | 1.871 | 1.552 | 1.052 | .705 | .603 |

**DATOS DE RADIACION SOLAR - SUPERFICIES INCLINADAS**

ZONA DE LA RIOJA ORIENTACION NORESTE-NOROESTE

IRRADIACION (kW/m²)

| INCL | EN | FB | MZ | AB | MY | JU | JL | AG | ST | OC | NV | DC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.644 | 2.661 | 3.967 | 4.908 | 5.920 | 6.742 | 7.103 | 6.035 | 4.610 | 3.078 | 1.924 | 1.532 |
| | .874 | 1.344 | 1.951 | 2.453 | 3.041 | 3.007 | 2.703 | 2.356 | 2.077 | 1.440 | .966 | .855 |
| 10 | 1.412 | 2.369 | 3.691 | 4.716 | 5.782 | 6.645 | 6.940 | 5.789 | 4.310 | 2.768 | 1.664 | 1.300 |
| | .867 | 1.331 | 1.942 | 2.447 | 3.033 | 3.016 | 2.709 | 2.347 | 2.062 | 1.430 | .958 | .845 |
| 20 | 1.203 | 2.076 | 3.366 | 4.428 | 5.518 | 6.395 | 6.614 | 5.420 | 3.947 | 2.441 | 1.417 | 1.095 |
| | .851 | 1.303 | 1.908 | 2.406 | 2.981 | 2.981 | 2.679 | 2.312 | 2.022 | 1.403 | .939 | .827 |
| 30 | 1.040 | 1.814 | 3.032 | 4.080 | 5.148 | 6.012 | 6.157 | 4.961 | 3.549 | 2.141 | 1.226 | .940 |
| | .826 | 1.263 | 1.852 | 2.335 | 2.888 | 2.909 | 2.620 | 2.254 | 1.963 | 1.362 | .912 | .801 |
| 40 | .926 | 1.601 | 2.722 | 3.711 | 4.713 | 5.529 | 5.601 | 4.457 | 3.174 | 1.891 | 1.086 | .843 |
| | .793 | 1.213 | 1.780 | 2.240 | 2.766 | 2.806 | 2.539 | 2.179 | 1.889 | 1.311 | .878 | .769 |
| 50 | .848 | 1.444 | 2.451 | 3.353 | 4.258 | 5.001 | 5.027 | 3.984 | 2.847 | 1.691 | .988 | .775 |
| | .755 | 1.156 | 1.695 | 2.128 | 2.622 | 2.682 | 2.445 | 2.096 | 1.805 | 1.251 | .837 | .732 |
| 60 | .788 | 1.316 | 2.224 | 3.025 | 3.820 | 4.499 | 4.485 | 3.561 | 2.561 | 1.531 | .912 | .714 |
| | .712 | 1.093 | 1.602 | 2.005 | 2.466 | 2.548 | 2.344 | 2.009 | 1.716 | 1.186 | .792 | .689 |
| 70 | .728 | 1.211 | 2.029 | 2.733 | 3.428 | 4.033 | 4.000 | 3.197 | 2.319 | 1.392 | .838 | .664 |
| | .665 | 1.027 | 1.504 | 1.877 | 2.306 | 2.408 | 2.241 | 1.920 | 1.623 | 1.117 | .743 | .644 |
| 80 | .675 | 1.103 | 1.848 | 2.471 | 3.067 | 3.614 | 3.579 | 2.881 | 2.097 | 1.270 | .778 | .612 |
| | .618 | .958 | 1.405 | 1.748 | 2.145 | 2.267 | 2.140 | 1.831 | 1.529 | 1.047 | .693 | .597 |
| 90 | .620 | 1.015 | 1.676 | 2.226 | 2.734 | 3.239 | 3.210 | 2.593 | 1.910 | 1.154 | .718 | .560 |
| | .570 | .892 | 1.308 | 1.623 | 1.989 | 2.131 | 2.042 | 1.744 | 1.438 | .979 | .644 | .551 |

## APENDICE I

### APLICACIONES RELACIONADAS CON LA SITUACION RELATIVA ENTRE EL SOL Y UNA SUPERFICIE DADA. CARTA SOLAR

En ciertos casos prácticos surge la necesidad de calcular la posición relativa del Sol respecto a una superficie con el objeto de evaluar la interferencia que puede causar un objeto determinado a la incidencia de los rayos del Sol. Ejemplos típicos de esta situación son:

— El cálculo de las sombras producidas por la línea del horizonte (árboles, casas o montes cercanos) sobre un edificio determinado.
— Cálculo de las horas en las cuales el Sol incide en una superficie.
— El diseño de aleros y pantallas para evitar que los rayos de Sol entren en un recinto en verano, pero permitiéndolo en invierno.

Para resolver este tipo de problemas es necesario conocer la posición del Sol en el cielo y el ángulo de incidencia de la radiación solar con la superficie en cuestión.

La posición del Sol en el cielo viene caracterizada por dos ángulos (figura 15):

— La altura solar $\gamma$: Es el ángulo formado por la línea que une el punto del terreno con el centro del disco solar y la proyección del Sol en el plano horizontal.
— El acimut solar $\psi$: Es el ángulo que forma el plano vertical que contiene la dirección del Sol y el plano vertical que contiene la dirección Norte-Sur. Por convenio se consideran valores negativos hacia el Este y positivos hacia el Oeste.

La posición del Sol en el cielo cambia a lo largo del día debido al movimiento de rotación de la Tierra, mientras que la trayectoria del Sol en el cielo cambia a lo largo del año, situándose en la zona más baja en invierno y ganando altura en verano. La figura 16 muestra las trayectorias del Sol en el cielo en diferentes fechas del año.

El lector interesado puede encontrar en la referencia 5 las relaciones adecuadas para determinar analíticamente la altura y acimut solar en función de la fecha del año y la latitud del lugar. En el caso particular del País Vasco, la reducida extensión del territorio hace que la latitud no varíe mucho de un punto a otro, y en una primera aproximación se la puede considerar constante con un valor de 43 grados. En este caso el cálculo de la altura y acimut solares puede representarse gráficamente en la llamada «carta solar».

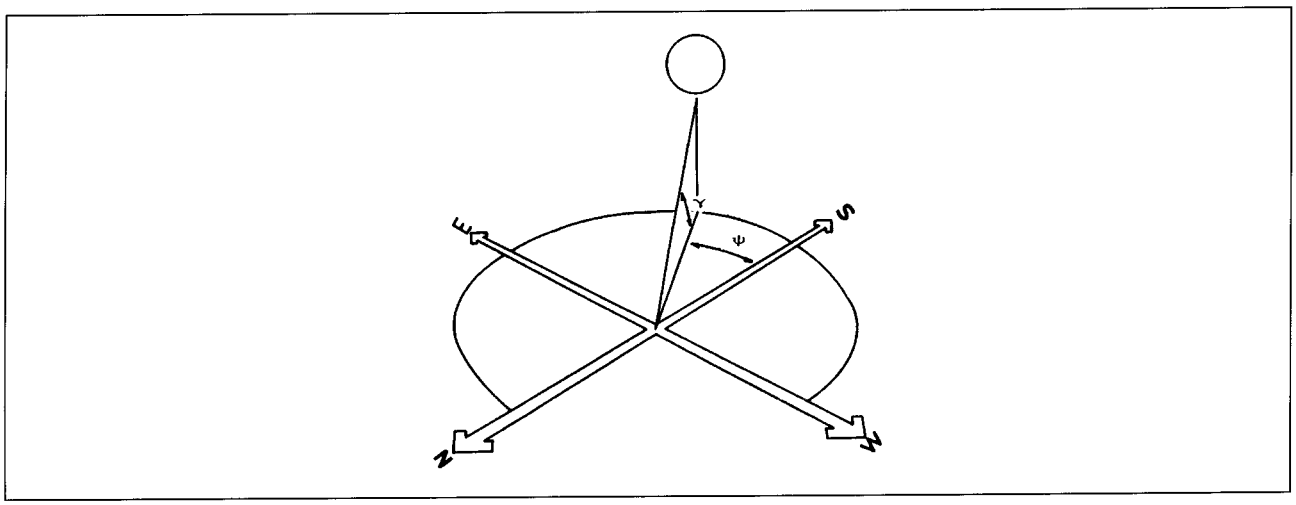



Figura 15. Representación de los ángulos de altura y acimut solares.

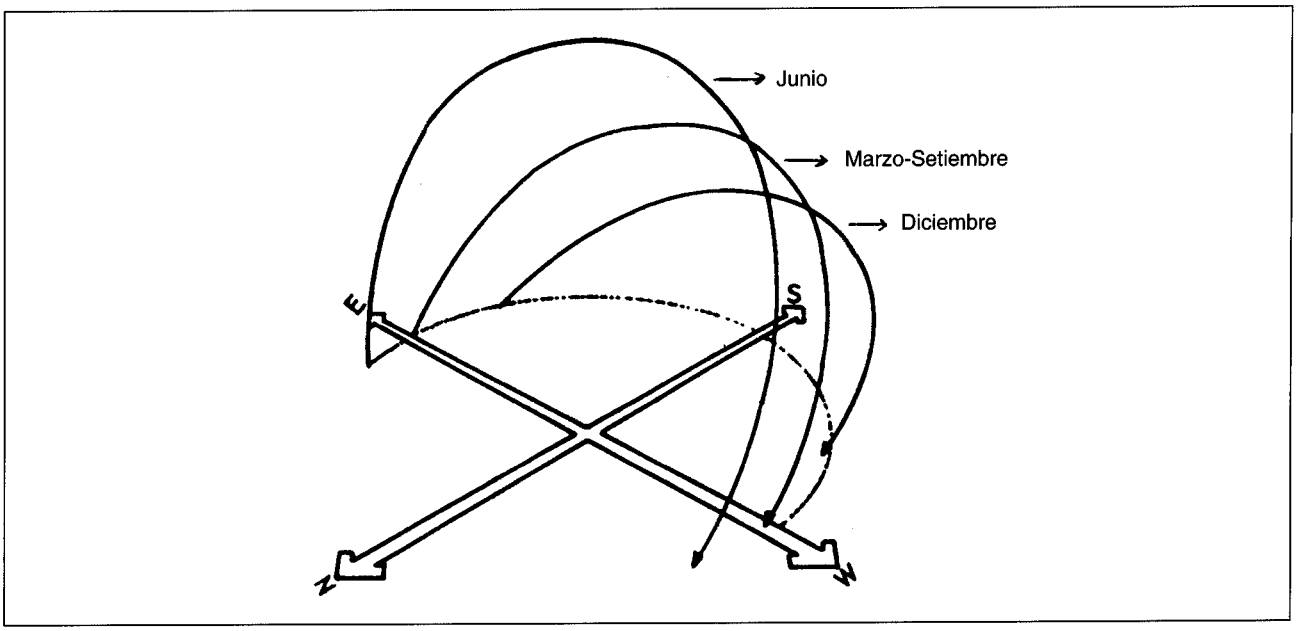



Figura 16. Trayectorias del Sol en el cielo durante diferentes épocas del año.

En la carta solar, figura 17, las diferentes curvas muestran la trayectoria del Sol en el cielo en un día dado para los distintos meses del año y la hora solar. En el eje x se puede leer el acimut solar y en el eje y la altura solar.

En los cálculos implicados en la determinación de la posición del Sol se utiliza siempre la hora solar (HS), mientras que en nuestra vida cotidiana la hora que marca el reloj (hora civil (HC)) es diferente de la hora solar. Es importante conocer la relación que existe entre la hora solar y la hora civil, y la forma de pasar de una a otra.

El cálculo de la hora solar a partir de la hora civil se realiza introduciendo en ésta última varias correcciones:

1. La hora civil está una hora por delante de la hora solar en invierno y dos en verano (llamémosle «adelanto solar» AS), por lo tanto en el cálculo habrá que restar esta cantidad de la hora civil.
2. La hora civil en España se fija respecto al meridiano de Greenwich, que pasa por las cercanías de Castellón. En cualquier otro meridiano hay que realizar la corrección correspondiente a la longitud del lugar (corrección por longitud CL), que viene dada por la expresión.

   CL = L/15 (en horas)

   Siendo L la longitud del lugar en grados. Las longitudes de San Sebastián, Vitoria, Bilbao son 2° 03'W, 2° 40'W, 2° 57'W respectivamente y la corrección a introducir en cada lugar es de -8.2 minutos en San Sebastián, -10.7 minutos en Vitoria y -11.8 minutos en Bilbao.
3. Ecuación del tiempo (ET), es una corrección debida a razones astronómicas y que varía a lo largo del año. Se determina mediante la figura 18.

Así, por ejemplo, la hora solar correspondiente a las 12 del mediodía (hora civil) en San Sebastián el día 21 de Junio se calcularía de la forma siguiente:

HS = HC+AS+CL+ET = 12-2-(8.2/60)-(2/60) = 9.80 horas

o sea, las 9 horas 50 minutos y las 12 horas solares corresponderían a 12+2+(8.2/60)+(2/60)=14.17 horas, o sea, las 2 y 10 minutos de la tarde.

CARTA SOLAR LATITUD 43 GRADOS

ALTURA DEL SOL (GRADOS)

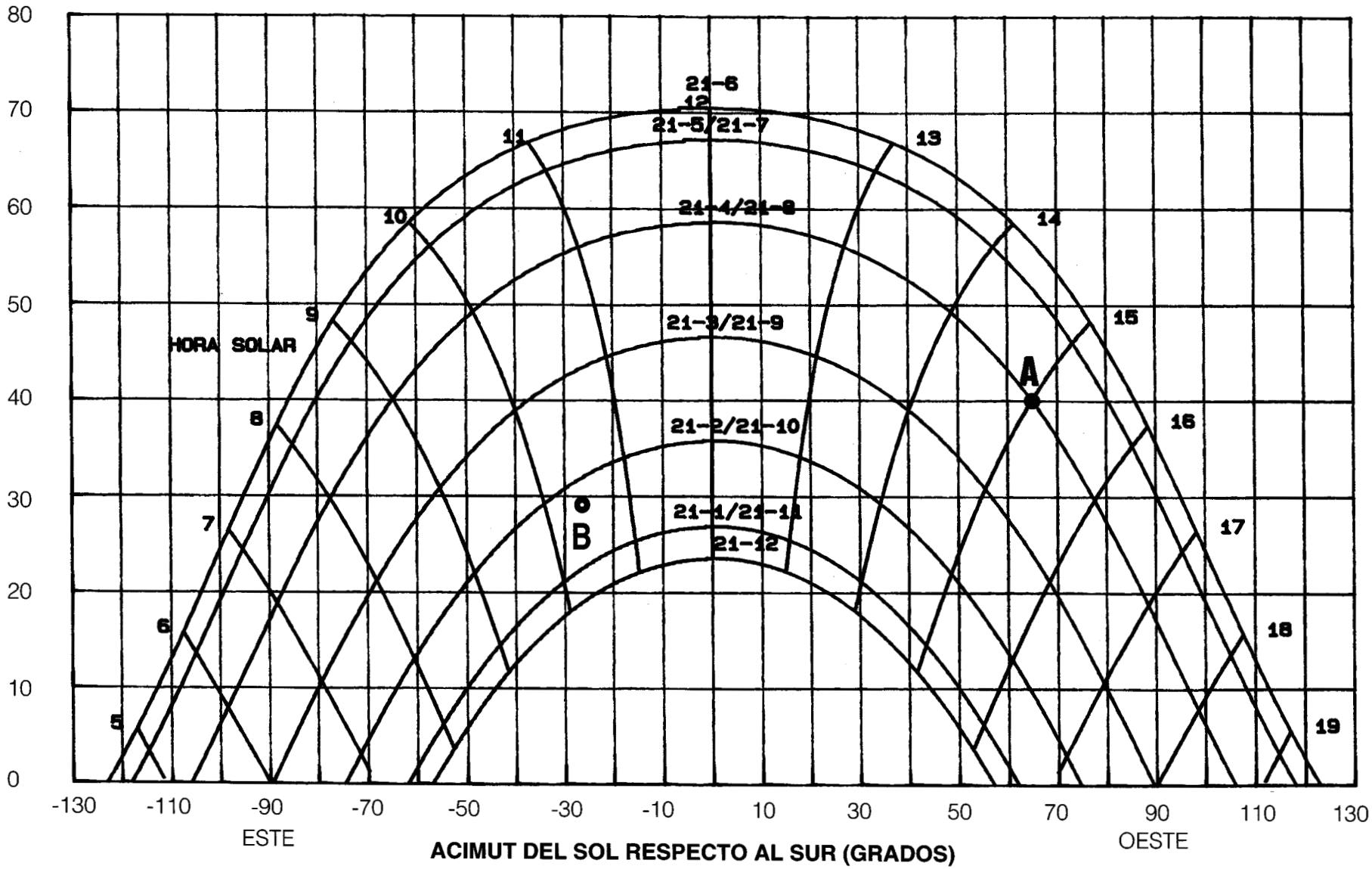



Figura 17. Carta Solar.

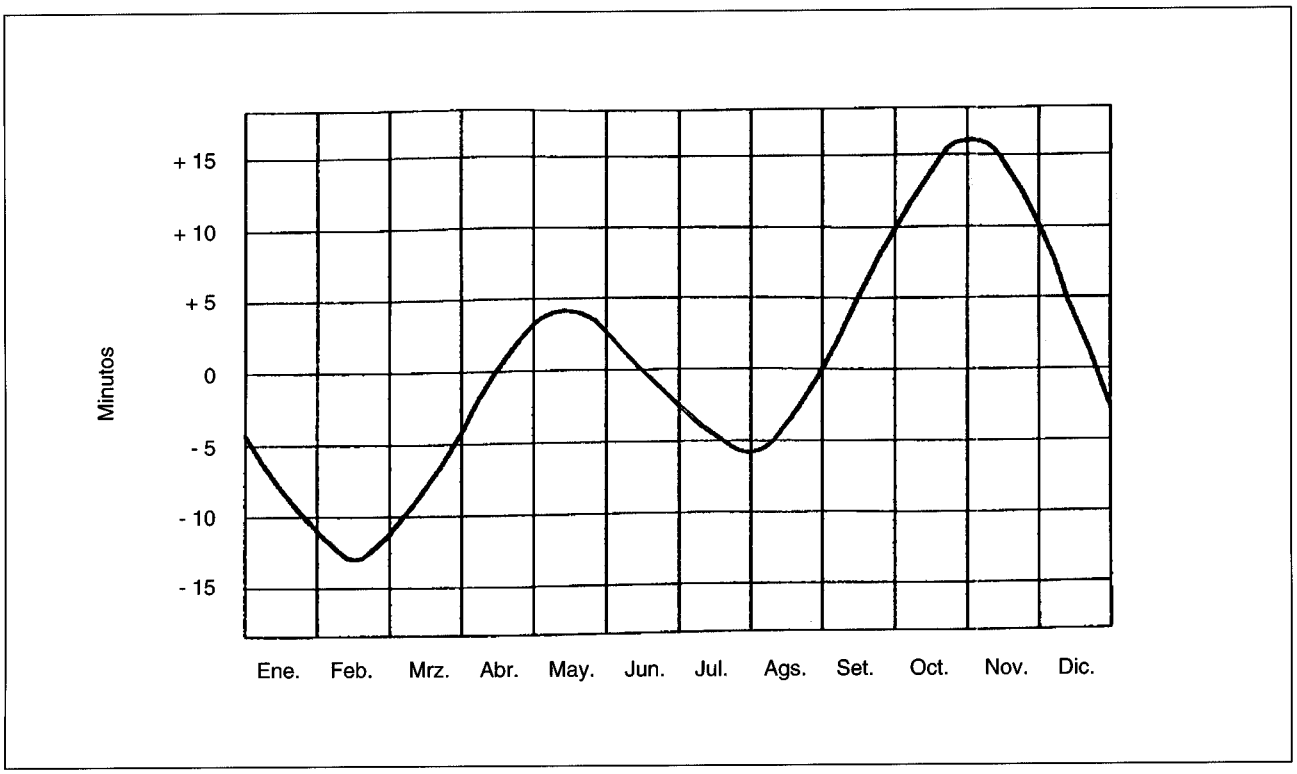



Figura 18. Corrección (ET) debido a la ecuación del tiempo.

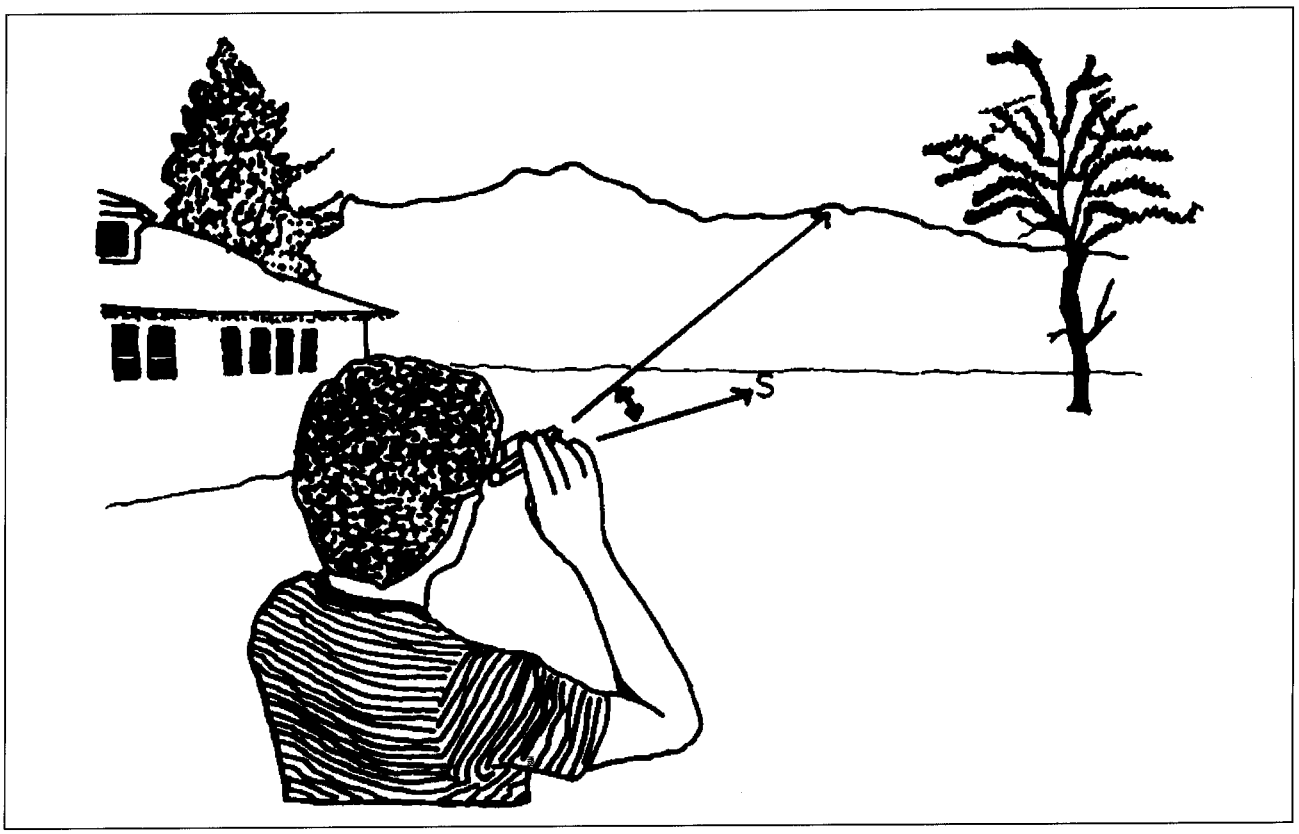



Figura 19. Modo de determinar la línea del horizonte de un emplazamiento.

La utilización de la carta solar es muy sencilla. La posición del Sol en una fecha determinada se localiza en el punto de intersección de las curvas de la trayectoria del Sol en el cielo y de la hora solar. Así, por ejemplo, la posición del Sol el día 21 de Abril a las 3 de la tarde hora solar vendrá dada por el punto A, y queda definida por una altura solar de 40 grados y un acimut solar de 65 grados. En las fechas que no están representadas en la carta, los ángulo solares se calculan por interpolación. Así, el día 15 de Febrero a las 10.30 horas solares la posición del Sol estará representada por el punto B, al cual corresponde una altura solar de 29 grados y un acimut de -26 grados.

Una aplicación directa de la carta solar es la determinación de las fechas y horas en las cuales el perfil de horizonte, que puede estar formado por los montes o árboles y casas cercanas, puede bloquear la incidencia del Sol en un punto dado.

Para ello hay que determinar primeramente la altura del perfil de horizonte. En esta operación se emplea una brújula que lleve incorporado un sistema para medir las pendientes hacia los objetos que se visualicen a través de ella (figura 19). Primeramente se fija la dirección del Sur y se determina la altura en grados de los obstáculos más altos en dicha dirección. Posteriormente se realiza la misma operación consecutivamente hacia el Este y hacia el Oeste en intervalos de 10 grados, hasta llegar a unos 130 grados de desviación con respecto al Sur en cada orientación. En cada medida se fija el acimut y la altura de un punto en la línea del horizonte. Los puntos así fijados se representan en la carta solar y se unen mediante rectas, quedando de esta forma representada la línea de horizonte del emplazamiento. Como ejemplo ilustrativo se presenta en la figura 20 la línea de horizonte determinada para la estación de la red EM de Mondragón. Se observa que durante todo el año las condiciones del terreno obstaculizan en parte la incidencia del Sol sobre el piranómetro y que este efecto se acentúa durante los meses de invierno.

A modo de ejemplo, si se presenta un día despejado alrededor del 21 de Enero, nos encontraremos que el horizonte obstaculiza el Sol entre las 7.30 y las 9.00 horas solares a la mañana y entre las 15 y 16.45 horas a la tarde. En consecuencia a partir de los datos de las TABLAS I y considerando que durante las horas en el que el horizonte interfiere la incidencia de los rayos de Sol el piranómetro sólo registra la irradiancia difusa, el valor de la irradiación diaria totalizado por el piranómetro será de 2.63 kWh/m$^2$, frente a los 2.90 kWh/m (tabla 12) que recibiría una superficie sin obstáculos. La diferencia entre ambos valores representa un 9% de la irradiación diaria.

| HORA | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Emplazamiento sin obstáculos | 0.038 | 0.179 | 0.320 | 0.428 | 0.485 | 0.485 | 0.428 | 0.320 | 0.179 | 0.038 | 2.90 |
| Emplazamiento red EM-Mondragón | 0.023* | 0.060* | 0.320 | 0.428 | 0.485 | 0.485 | 0.428 | 0.320 | 0.060* | 0.023* | 2.63 |

*** Horas en las que el piranómetro recibe radiación difusa por estar bloqueado por el perfil del horizonte.**

Tabla 12. Comparación entre la radiación que se registraría en un día despejado el día 21 de enero, para un emplazamiento sin obstáculos y para el emplazamiento de la estación de la red EM de Mondragón.

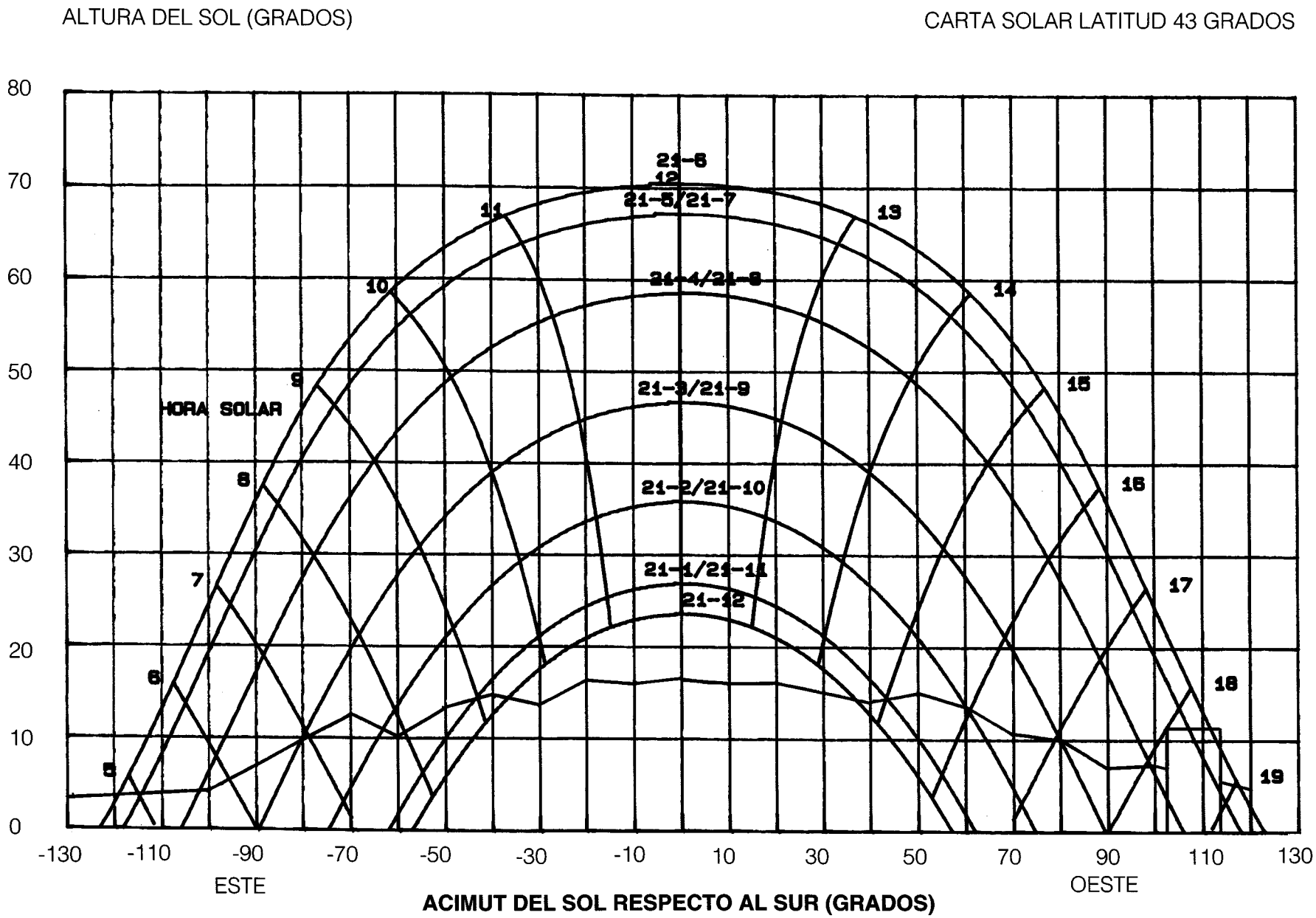



Figura 20. Línea de horizonte en la estación de IKERLAN.

Otra serie de aplicaciones tratan sobre la determinación de las horas en las cuales el Sol incide en una pared o superficie dada. Para ello es necesario conocer el ángulo de incidencia del Sol respecto a la pared.

El ángulo de incidencia del Sol respecto a una superficie se define como el ángulo formado por la dirección del centro del disco solar y la normal a la superficie, y viene expresado por la relación siguiente:

$\cos \upsilon = \cos \gamma \operatorname{sen} \beta \cos \alpha s + \operatorname{sen} \gamma \cos \beta$

Donde, $\upsilon$: Angulo de incidencia del Sol.

$\gamma$: Altura del sol, calculada mediante la tabla solar.

$\beta$: Es el ángulo de inclinación de la superficie, siendo de 0 grados en el caso de que sea horizontal y 90 grados para superficies verticales.

$\alpha s$: Es el ángulo de acimut pared-Sol que se define como el ángulo formado por el plano vertical que contiene la normal a la pared y el plano vertical que pasa por el centro del disco solar. En otras palabras, el acimut pared-Sol es el ángulo que forma el Sol con la pared. Si el valor numérico del ángulo de acimut pared-Sol resulta negativo, indica que el Sol se sitúa a la izquierda de la pared y si es positivo a la derecha. Se calcula mediante la expresión:

$\alpha s = \psi - \alpha$

Donde, $\psi$: Acimut solar, calculado a partir de la carta solar $\alpha$: Acimut de la superficie, o ángulo medido a partir de la dirección Sur entre el plano perpenticular que contiene a la normal de la pared y el plano vertical que contiene la dirección Norte-Sur. Hacia el Este es negativo y positivo hacia el Oeste.

La figura 21 muestra gráficamente estos ángulos.

En el caso de superficies horizontales o verticales la expresión del ángulo de incidencia de los rayos de Sol se simplifica notablemente.

Así para las superficies horizontales:

$\cos \upsilon = \operatorname{sen} \gamma$

Y para superficies verticales:

$\cos \upsilon = \cos \gamma \cos \alpha s$

Si el ángulo de incidencia calculado está comprendido entre -90 y +90 grados el Sol se sitúa por delante de la superficie y sus rayos inciden en ella. En el resto de los casos el Sol se sitúa por detrás de la superficie.

Como ejemplo de este tipo de cálculo se presenta el caso práctico de calcular el intervalo de horas en las que el Sol penetrará por una ventana situada en una pared vertical y orientada 45 grados hacia el Oeste el día 21 de Septiembre. La tabla 13 recoge los sucesivos pasos del cálculo.

| Hora Solar | Altura Solar $\gamma$ | Cos $\gamma$ | Acimut Solar $\psi$ | Acimut pared Sol $\alpha s$ | Cos $\alpha s$ | Cos $\upsilon$ | Angulo incidencia u |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 21 | 0.934 | -68 | -113 | -0.390 | -0.364 | 111 |
| 9 | 31 | 0.857 | -55 | -100 | -0.174 | -0.149 | 98.6 |
| 10 | 38 | 0.788 | -40 | -85 | 0.087 | 0.069 | 86.1 |
| 11 | 44 | 0.719 | -22 | -67 | 0.391 | 0.281 | 73.7 |
| 12 | 46 | 0.695 | 0 | -45 | 0.707 | 0.491 | 60.6 |
| 13 | 44 | 0.719 | 22 | -23 | 0.921 | 0.662 | 48.5 |
| 14 | 38 | 0.788 | 40 | -5 | 0.996 | 0.785 | 38.3 |
| 15 | 31 | 0.857 | 55 | 10 | 0.985 | 0.844 | 32.4 |
| 16 | 21 | 0.934 | 68 | 23 | 0.921 | 0.860 | 30.7 |
| 17 | 10.5 | 0.983 | 79 | 34 | 0.829 | 0.815 | 35.4 |
| 18 | 0 | 1 | 90 | 45 | 0.707 | 0.707 | 45.0 |

Tabla 13. Cálculo del ángulo de incidencia del Sol a diferentes horas del día en una superficie vertical orientada al Suroeste (a pared = + 45°), el día 21 de Setiembre.

Se observa que a partir de las 10 de la mañana el Sol incide en la pared, manteniéndose esta situación durante el resto del día. Además se puede apreciar que a las cuatro de la tarde el ángulo de incidencia toma el valor más bajo, o sea, que a esta hora los rayos de Sol inciden más cercanos a la perpenticular al plano.

Este tipo de cálculo está implícito en la tablas correspondientes a los valores de irradiación en días despejados de máxima claridad. Así las horas en las que el Sol se sitúa fuera de la vista de una pared determinada se manifiestan por el hecho de que la irradiación global y la difusa son iguales. En el caso concreto del ejemplo anterior, la tabla correspondiente al mes de Septiembre y en la columna de «Suroeste - 90», muestra hasta las 10 del mediodía la irradiación global y la difusa coinciden indicando que el Sol se sitúa detrás de la pared, y a partir de dicha hora y para el resto del día el Sol incide sobre la pared y el valor de la irradiación global es superior al de la difusa.

Una tercera aplicación de estos conceptos es la determinación de la sombra que produce un alero o un parasol sobre una ventana. Supongamos que se desea disminuir durante los meses de verano la cantidad de Sol que entra por una ventana de 1.5 m de altura (LV) situada en una pared vertical orientada al Sur. Para ello se plantea la realización de un alero y se necesita calcular la longitud de alero (LA) más adecuada. La figura 22 muestra un esquema del problema de cálculo de la sombra (LS) que produce el alero. La tabla 14 presenta los valores de longitud de sombra para aleros de 0.5 y 0.75 m y la porción de ventana que queda en sombra en diferentes fechas. El cálculo se realiza para el mediodía solar, en otras horas del día el procedimiento es similar al anterior pero teniendo en cuenta que en estos casos el Sol no se sitúa perpendicularmente a la ventana y la sombra que produce el alero queda desplazada respecto al eje de la ventana.

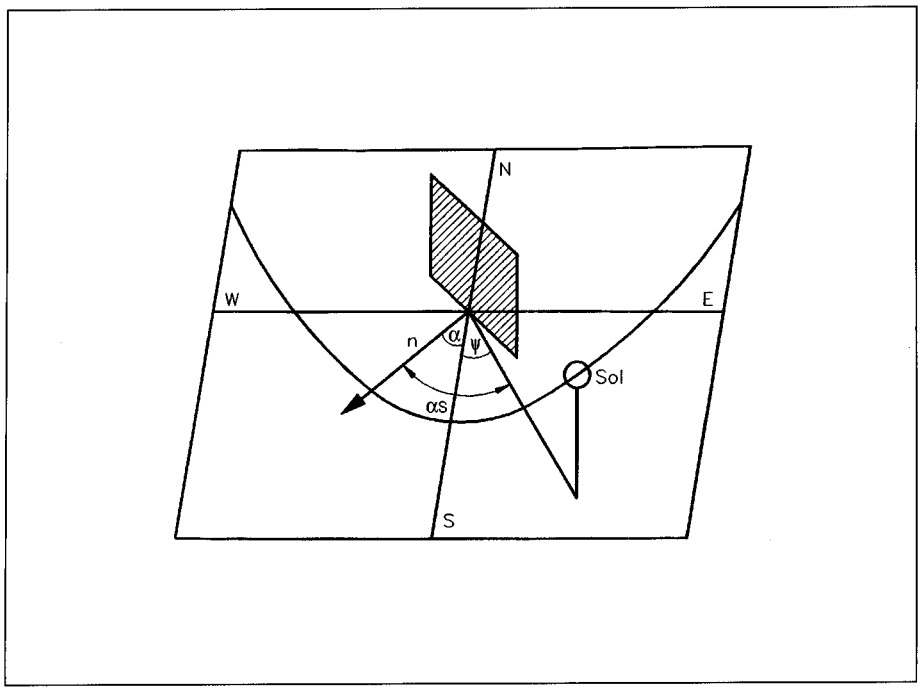
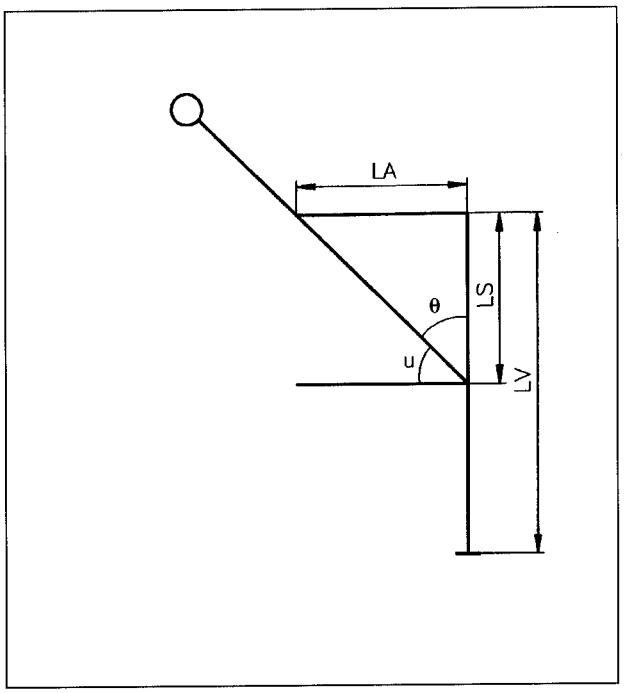



Figura 21. Representación de los ángulos de acimut de la pared (α), acimut solar (ψ) y acimut pared-sol (αs), ñ = normal a la pared.




$$tg\,\theta = \frac{LA}{LS} = tg(90\text{-}v)$$

$$LS = \frac{LA}{tg(90\text{-}u)}$$

Orentacón Sur y a medoda $\alpha s = 0$

$$\cos(u) = \cos(\gamma)$$

$$u = \gamma$$

$$LS = \frac{LA}{tg(90\text{-}\gamma)}$$

Figura 22. Método de cálculo de la longitud de la sombra producida por un alero cuando el Sol está situado perpendicularmente a la ventana.

| Mes | Día | Altura solar a 12 h. | Sombra proyectada alero 0.5 m. | Porcentaje cobertura ventana % | Sombra proyectada alero 0.75 m. | Porcentaje cobertura ventana |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 21 | 27 | 0.25 | 17 | 0.38 | 25 |
| Febrero | 21 | 36 | 0.36 | 24 | 0.54 | 36 |
| Marzo | 21 | 47 | 0.53 | 35 | 0.80 | 53 |
| Abril | 21 | 58 | 0.80 | 53 | 1.20 | 80 |
| Mayo | 21 | 67 | 1.18 | 79 | 1.77 | 100 |
| Junio | 21 | 71 | 1.45 | 97 | 2.18 | 100 |
| Julio | 21 | 67 | 1.18 | 79 | 1.77 | 100 |
| Agosto | 21 | 58 | 0.80 | 53 | 1.20 | 80 |
| Setiembre | 21 | 47 | 0.53 | 35 | 0.80 | 53 |
| Octubre | 21 | 36 | 0.36 | 24 | 0.54 | 36 |
| Noviembre | 21 | 27 | 0.25 | 17 | 0.38 | 25 |
| Diciembre | 21 | 24 | 0.22 | 15 | 0.38 | 22 |

Tabla 14. Cálculo de la longitud de la sombra proyectada por aleros de 0,50 m sobre una ventana de 1,5 m, a las 12 del mediodía hora solar.

## APENDICE II

## TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

Generalmente, en los métodos de diseño y cálculo de instalaciones solares interviene la temperatura ambiente.

Por lo tanto, como complemento de los datos de irradiación solar, se presentan los valores de las temperaturas medias mensuales en distintas localidades de la Comunidad Autónoma y zonas limítrofes. Las localidades se agrupan por zonas de grados-día.

La tabla 15 incluye los valores de temperaturas medias calculados en las localidades que se representan en la figura 23.

| | MES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | En | Fb | Mz | Ab | My | Jn | Jl | Ag | St | Oc | Nv | Dc |
| **ZONA COSTERA** | | | | | | | | | | | | |
| Sondica | 8.8 | 9.5 | 10.1 | 11.2 | 14.2 | 16.8 | 19.2 | 19.5 | 18.0 | 15.5 | 11.5 | 9.4 |
| Villabona | 7.8 | 8.8 | 9.4 | 11.2 | 14.6 | 17.5 | 20.1 | 20.0 | 18.3 | 15.4 | 10.7 | 8.5 |
| **ZONA INTERMEDIA** | | | | | | | | | | | | |
| Eibar | 7.4 | 8.5 | 9.4 | 11.2 | 14.5 | 17.7 | 20.0 | 20.3 | 18.3 | 14.8 | 10.2 | 7.9 |
| Amurrio | 7.0 | 8.1 | 9.0 | 10.9 | 14.1 | 17.1 | 19.4 | 19.4 | 17.1 | 13.9 | 9.7 | 7.7 |
| Abadiano | 6.2 | 7.1 | 8.0 | 9.7 | 13.4 | 16.7 | 19.1 | 19.3 | 17.2 | 13.8 | 8.9 | 6.7 |
| Legazpia | 5.6 | 6.9 | 8.2 | 10.3 | 14.0 | 17.6 | 19.9 | 19.2 | 17.2 | 13.1 | 8.0 | 5.8 |
| **ZONA INTERIOR DE ALAVA** | | | | | | | | | | | | |
| Vitoria | 4.9 | 5.7 | 7.0 | 9.0 | 12.2 | 15.6 | 18.3 | 18.5 | 16.1 | 12.6 | 7.6 | 5.3 |
| Urrunaga | 3.8 | 5.0 | 6.1 | 8.3 | 11.5 | 15.2 | 17.8 | 18.2 | 16.0 | 12.1 | 6.9 | 4.1 |
| **ZONA RIOJA** | | | | | | | | | | | | |
| Haro | 5.1 | 6.2 | 7.9 | 10.0 | 13.3 | 16.8 | 19.9 | 19.8 | 17.1 | 12.9 | 7.7 | 5.5 |
| Logroño | 6.0 | 7.4 | 8.9 | 11.1 | 14.4 | 18.2 | 21.7 | 21.4 | 18.7 | 14.3 | 8.9 | 6.3 |

NOTA: Estos datos corresponden a los valores medios en el período 1968-1981.

Tabla 15. Temperaturas medias mensuales (°C).

Figura 23. Distribución de zonas de temperaturas en la CAPV.

## BIBLIOGRAFIA

(1) Climatología de España y Portugal.
Inocencio Font Tullot.
Instituto Nacional de Meteorología.

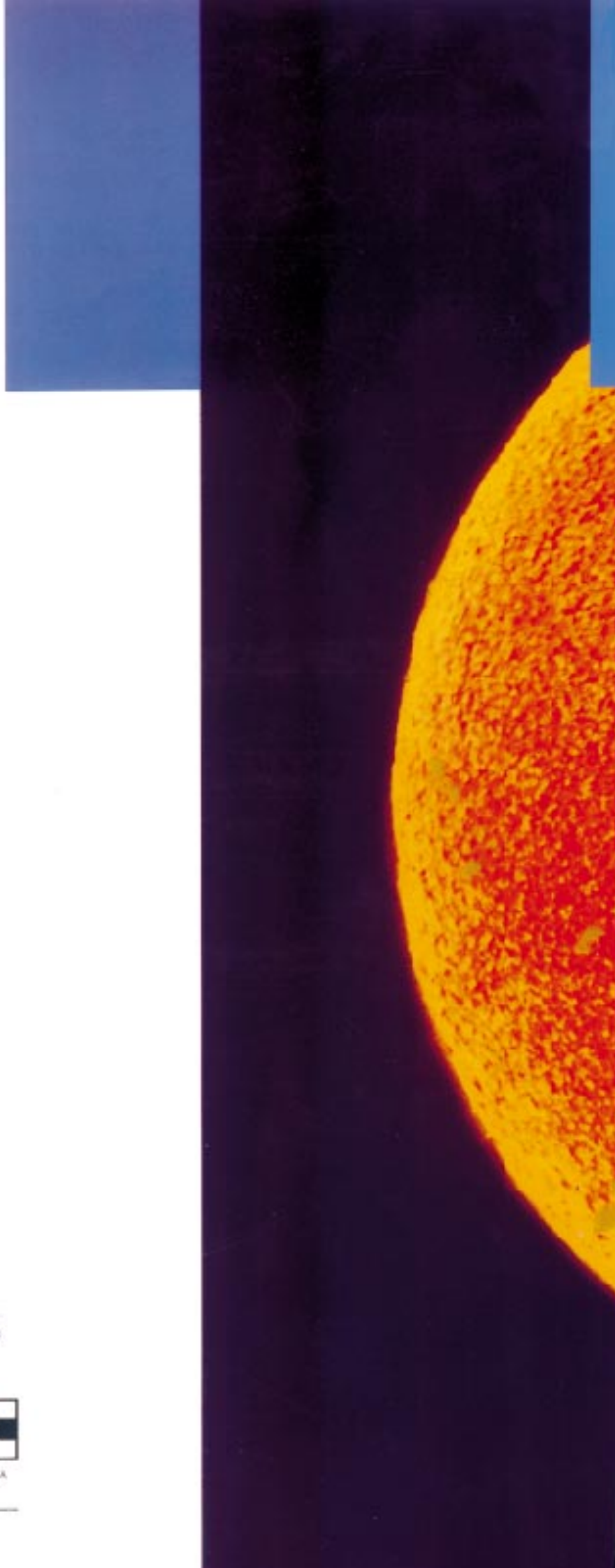
(2) Condiciones de Sol en el País Vasco.
Ente Vasco de la Energía (EVE) 1987.

(3) Atlas de la Radiación Solar en España.
Inocencio Font Tullot.
Instituto Nacional de Meteorología.

(4) Atlas Européen du Rayonnement Solaire.
Verlag Tü Rheinland.

(5) Prediction of Solar Radiation on Inclined Surfaces.
Solar Energy R&D in the European Community.
Series F: Solar Radiation Data Volume 3.
D. Reidel Publishing Company.

(6) Estudio Preliminar del Atlas Solar y Eólico de la CAPV.
Ente Vasco de la Energía (EVE) 1987.



EVE

Ente Vasco de la Energía

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA, AGRICULTURA Y PESCA

INDUSTRIA, NEKAZARITZA ETA ARRAINTZA SAILA