

RECOMENDACIÓN UIT-R P.371-7

ELECCIÓN DE ÍNDICES PARA LAS PREDICCIONES IONOSFÉRICAS A LARGO PLAZO

(1963-1970-1974-1978-1982-1986-1990-1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

recomienda

- 1 que para todas las predicciones ionosféricas para más de doce meses después de la fecha del último valor observado de R_{12} se adopte como índice el valor medio tras 12 meses seguidos de observación del número de manchas solares R_{12} ;
- 2 que para la predicción de los valores intermedias mensuales de foF2 y de M(3000)F2 con seis meses de antelación y, a veces, con hasta doce meses, contados desde la fecha de los últimos valores observados, se adopte como índice R_{12} o el valor medio tras un periodo de observación de 12 meses del flujo de ruido radioeléctrico solar a 2800 MHz (es decir, Φ_{12}); utilizando cualquiera de estos índices deben obtenerse resultados sustancialmente equivalentes;
- 3 que se adopte Φ_{12} como índice para la predicción de los valores intermedios mensuales de foE y foF1 con seis meses de antelación e inclusive hasta doce meses contados desde la fecha del último valor observado;
- 4 que los índices recomendados se empleen con precaución en latitudes magnéticas elevadas, donde las predicciones ionosféricas pueden no ser suficientemente exactas.

ANEXO 1

1 Introducción

El concepto de índices para las predicciones ionosféricas a largo plazo se basa en el supuesto de que las características importantes de la ionosfera, tales como las frecuencias críticas de las diversas capas y el factor de MUF, M(3000)F2, dependen sistemáticamente de ciertas magnitudes mensurables en relación con la radiación solar. Sin embargo, debe señalarse que la correlación entre estos índices y las características ionosféricas reales no implica necesariamente una relación causal, sino que es más bien un indicio de fenómenos conexos. Los cambios de la actividad solar contienen, en general, tres componentes:

- un componente bastante regular cuyo periodo es de unos 11 años, que corresponde al ciclo bien conocido de actividad solar;
- un componente con un cuasi-periodo de un año aproximadamente o algo menos;
- fluctuaciones erráticas con periodos inferiores a un mes.

2 Número de manchas solares

En los estudios sobre el componente principal del ciclo solar se utiliza la media móvil durante doce meses del número de manchas solares, R_{12} , porque el redondeo resultante de esta media reduce considerablemente los componentes de variación complicada y rápida, sin enmascarar por ello el componente de variación lenta.

La definición de R_{12} es:

$$R_{12} = \frac{1}{12} \left[\sum_{k=n-5}^{n+5} R_k + \frac{1}{2} (R_{n+6} + R_{n-6}) \right] \quad (1)$$

donde R_k es la media de los números diarios de manchas solares para el mes k , y R_{12} es el índice redondeado para el mes representado por $k = n$.

Los dos principales inconvenientes de utilizar R_{12} son:

- que el valor más reciente disponible se refiere forzosamente a un periodo cuyo mes central es, por lo menos, seis meses anterior al momento actual;
- que no puede utilizarse para prever las variaciones a más corto plazo de la actividad solar.

Sin embargo, R_{12} parece ser el parámetro más útil para los estudios y las previsiones a largo plazo, en lo relativo a la capa F2.

3 Índice Φ

Laboratorios canadienses, japoneses y de otros países han realizado una serie razonablemente larga de observaciones del flujo de ruido radioeléctrico solar en longitudes de onda de unos 10 cm. La media mensual, Φ , de los valores diarios observados en Ottawa, expresados en unidades de $10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$, debe considerarse como dato de referencia para este índice. Φ guarda una correlación más estrecha con la frecuencia crítica de la capa E que los valores del flujo de ruido en otras longitudes de onda. Dado que se cuenta con observaciones de flujo solar sólo desde 1947, el número de manchas solares sigue siendo una de las series de observaciones más largas de un fenómeno natural, por lo que deben seguirse recogiendo y registrando observaciones de las manchas solares.

4 Otros índices

Se ha desarrollado un índice I_{F2} basado en mediciones de foF2 efectuadas al mediodía en observatorios ionosféricos establecidos desde hace tiempo. En 1964, el informe de un estudio demostró que I_{F2} guardaba una correlación más estrecha con foF2 que con cualquier otro índice disponible en aquella época. Un índice IG , variante del índice I_{F2} , fué desarrollado (actualmente en suspenso) para ser utilizado con los mapas del UIT-R para foF2 que están incluidos en la Recomendación UIT-R P.434. Un nuevo índice, T , desarrollado en Australia, utiliza datos obtenidos en 30 estaciones, y se basa en la media de los valores intermedios mensuales de foF2 en cada hora. Aparte de la utilización de datos correspondientes a todas las horas, la obtención de este índice es similar a la del índice I_{F2} .

5 Correlación entre diversos índices

Las siguientes figuras y ecuaciones muestran la dependencia de Φ y Φ_{12} respecto de R_{12} .

La Figura 1 muestra la relación entre R_{12} y Φ , determinada a base de los datos para los años 1947-1966. Esto corresponde a la expresión:

$$\Phi = R_{12} + 46 - 23 e^{-0,05 R_{12}} \quad (2)$$

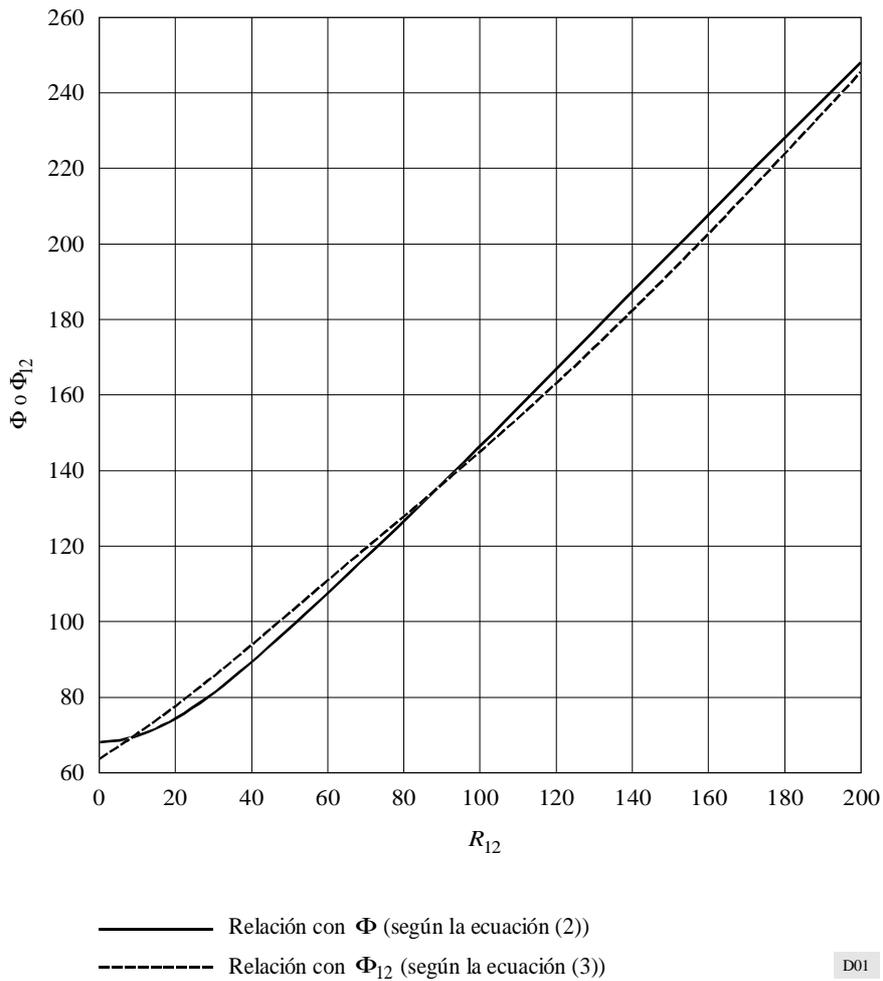
La relación recomendada entre R_{12} y Φ_{12} , también evaluada en la Fig. 1 es:

$$\Phi_{12} = 63,7 + 0,728 R_{12} + 8,9 \times 10^{-4} R_{12}^2 \quad (3)$$

6 Predicción de índices

Todavía no existe ningún método que permita prever con precisión los índices del próximo ciclo de actividad solar o, de manera más general, de un ciclo que todavía no haya comenzado. Los índices calculados mediante el análisis armónico o a base de leyes empíricas o estadísticas aplicadas a las observaciones efectuadas en ciclos anteriores, e incluso en los recientes, no han resultado útiles para prever los de un nuevo ciclo. Después de haberse observado un mínimo de actividad solar la evolución ulterior del ciclo puede extrapolarse en cierta medida, aunque las desviaciones observadas son más bien extremas.

FIGURA 1
Relación entre R_{12} y Φ o Φ_{12}



En los Estados Unidos de América, R_{12} se predice utilizando un método objetivo perfeccionado del método McNish-Lincoln. Se empieza por calcular un ciclo medio a base de todos los valores anteriores de R_{12} , ordenados a partir del mínimo número de manchas solares de cada ciclo, a lo largo de un periodo de once años. Para la previsión de un valor particular del ciclo en curso, se toma como primera aproximación el valor del ciclo medio en el momento especificado después del mínimo. Esta evaluación se mejora aplicando un factor de corrección proporcional a la diferencia entre el último valor observado del ciclo en curso y el valor del ciclo medio. Los actuales programas de computador permiten hacer una nueva previsión para cada mes del resto del ciclo, tan pronto como se dispone de un nuevo valor observado. La incertidumbre estadística de la previsión es bastante pequeña para los primeros meses que siguen al último valor observado, pero adquiere grandes proporciones en el caso de previsiones hechas con una antelación de doce meses o más. Tan pronto como se identifica un mínimo, pueden calcularse nuevos factores de corrección, teniendo en cuenta, para aplicarlos al nuevo ciclo, los valores observados para el ciclo precedente.

El Centro Mundial de Datos para los Índices de la Actividad Solar (SIDC), de Bruselas, también realiza predicciones de R_{12} con un año de antelación. En la Fig. 2 se muestran sus predicciones para el ciclo solar 22, que pueden ser comparadas con los valores observados suavizados.

Las predicciones de Φ_{12} , basadas en el método McNish-Lincoln, las realiza la Oficina de Radiocomunicaciones (BR).

Los valores medidos y previstos de R y Φ y sus valores medios tras un periodo de observación de 12 meses (R_{12} y Φ_{12}) se publican en las circulares mensuales de índices básicos para la propagación ionosférica del BR.

El SIDC pone también a disposición, por correo electrónico, los valores previstos y medidos de R mediante el procedimiento anónimo del protocolo de transferencia de ficheros.

FIGURA 2
Números de manchas solares, R_{12} , previstos y observados

