

## RECOMENDACIÓN UIT-R TF.1153-1

**UTILIZACIÓN OPERATIVA DE LA TRANSFERENCIA BIDIRECCIONAL  
POR SATÉLITE DE SEÑALES HORARIAS Y FRECUENCIAS  
UTILIZANDO CÓDIGOS DE SEUDORRUIDO**

(Cuestión UIT-R 201/7)

(1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) las posibilidades de transferencia con gran precisión de señales horarias y frecuencias que ofrece el método bidireccional por satélite (TWSTFT), tal como se expresa en la Cuestión UIT-R 201/7;
- b) la gran calidad demostrada de los sistemas TWSTFT que utilizan satélites de telecomunicaciones en las bandas de 14/11 y 14/12 GHz;
- c) que hay otras bandas de frecuencia que están adquiriendo importancia;
- d) los resultados probados de la calibración en el tiempo de los sistemas TWSTFT;
- e) que se cuenta con experiencia teórica para calcular las correcciones del efecto del retardo de la propagación a través de la troposfera y la ionosfera, la corrección del efecto Sagnac y otros factores de reciprocidad;
- f) que el número de participantes está aumentando;
- g) la necesidad de normalizar:
  - los procedimientos de medida,
  - el tratamiento de datos,
  - el formato para el intercambio de datos y la información pertinente entre pares de participantes,

*recomienda*

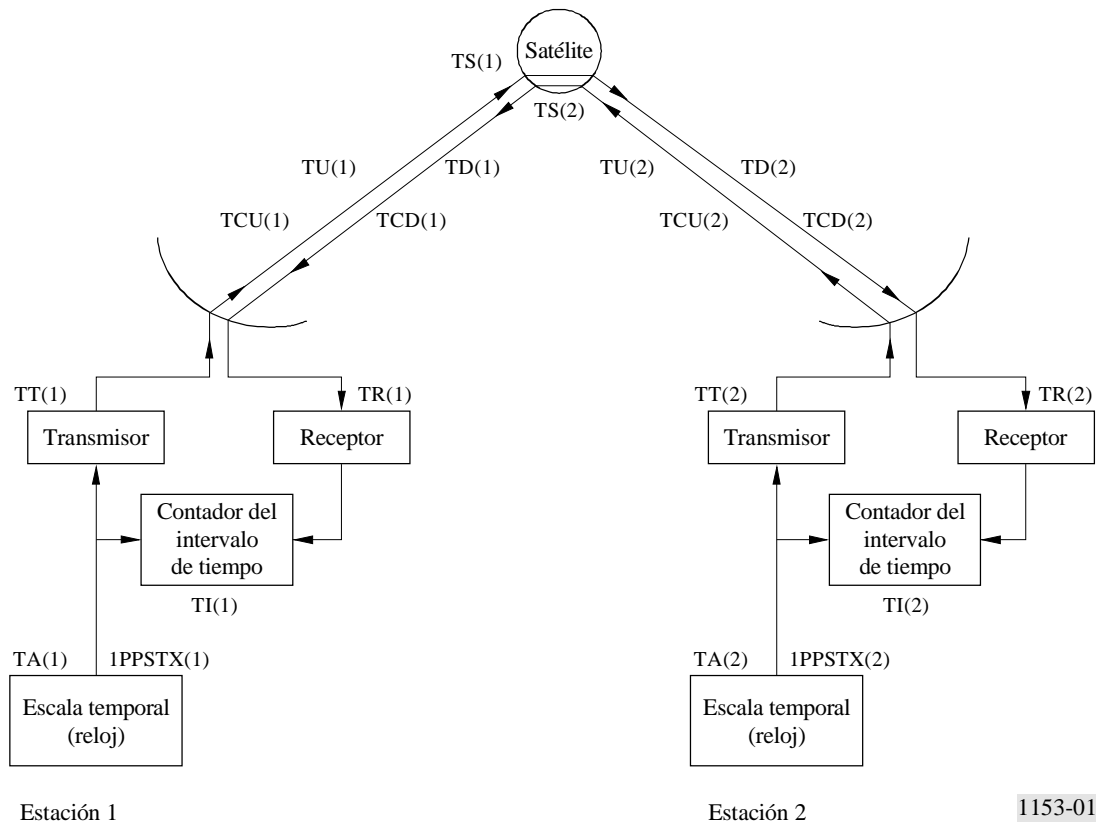
- 1 que se sigan los procedimientos de medición y tratamiento de datos para la transferencia precisa de señales horarias y frecuencias descrita en el Anexo 1;
- 2 que el formato para el intercambio de los datos pertinentes entre pares de participantes incluya la información que se describe en el Anexo 2.

## ANEXO 1

**Procedimientos TWSTFT****1 Introducción**

Los enlaces radioeléctricos pueden utilizarse para transmitir señales horarias desde un reloj a otro. No obstante, en los enlaces radioeléctricos los retardos de la señal cambian con la distancia, la ionosfera, la troposfera, la temperatura, la conductividad de la tierra y otros factores. Para cancelar estas influencias de primer orden se ha introducido un esquema bidireccional: en ambos emplazamientos de los relojes las señales se transmiten en el mismo instante y en ambos lados se recibe y se mide la señal del otro reloj. Tras el intercambio de datos medidos, se calcula la diferencia entre los dos relojes. Los retardos se cancelan, en primer orden, debido a la reciprocidad completa de los trayectos de señal. La precisión del resultado depende del conocimiento de las desviaciones respecto a la hipótesis de reciprocidad completa y de la capacidad de corrección de éstas.

FIGURA 1  
Principio TWSTFT



1153-01

A partir de la Fig. 1 puede verse cómo se determina la diferencia entre los relojes 1 y 2.

TA(k): escala de tiempo del punto de referencia 1PPSTX en la estación k, donde k es 1 para la estación 1 y 2 para la estación 2

TI(k): indicación del intervalo de tiempo

TT(k): retardo del transmisor, incluyendo el retardo del módem

TR(k): retardo del receptor, incluyendo el retardo del módem

TU(k): retardo de propagación en el enlace ascendente

TD(k): retardo de propagación en el enlace descendente

TS(k): retardo en el satélite

TCU(k): corrección de Sagnac en el enlace ascendente

TCD(k): corrección de Sagnac en el enlace descendente.

La diferencia de la escala de tiempo (1PPSTX) en la estación 2 respecto a la escala de tiempo (1PPSTX) en la estación 1 que se expresa como  $TA(1) - TA(2)$  se determina de la forma indicada a continuación.

La indicación del contador del intervalo de tiempo (TIC) en la estación 1 es:

$$TI(1) = TA(1) - TA(2) + TT(2) + TU(2) + TCU(2) + TS(2) + TD(1) + TCD(1) + TR(1)$$

La indicación del TIC en la estación 2 es:

$$TI(2) = TA(2) - TA(1) + TT(1) + TU(1) + TCU(1) + TS(1) + TD(2) + TCD(2) + TR(2)$$

Sustrayendo la expresión de la estación 2 de la de la estación 1, se obtiene:

$$TI(1) - TI(2) = 2 \cdot TA(1) - 2 \cdot TA(2) + TT(2) - TT(1) + TU(2) - TU(1) + TS(2) - TS(1) + TD(1) - TD(2) + TR(1) - TR(2) + TCD(1) - TCU(1) - TCD(2) + TCU(2)$$

La diferencia de las escalas de tiempo viene dada por:

$$\begin{aligned}
 TA(1) - TA(2) = & 1/2[TI(1)] && (= \text{lectura TIC en la estación 1}) \\
 & -1/2[TI(2)] && (= \text{lectura TIC en la estación 2}) \\
 & +1/2[TS(1) - TS(2)] && (= \text{diferencia de los retardos en el satélite}) \\
 & +1/2[TU(1) - TD(1)] && (= \text{diferencia ascendente/descendente en la estación 1}) \\
 & -1/2[TU(2) - TD(2)] && (= \text{diferencia ascendente/descendente en la estación 2}) \\
 & +1/2[TT(1) - TR(1)] && (= \text{diferencia transmisión/recepción en la estación 1}) \\
 & -1/2[TT(2) - TR(2)] && (= \text{diferencia transmisión/recepción en la estación 2}) \\
 & -1/2[TCD(1) - TCU(1)] && (= \text{corrección Sagnac para la estación 1, incluyendo la corrección} \\
 & && \text{del movimiento del satélite}) \\
 & +1/2[TCD(2) - TCU(2)] && (= \text{corrección Sagnac para la estación 2, incluyendo la corrección} \\
 & && \text{del movimiento del satélite}).
 \end{aligned}$$

Los últimos siete términos son las correcciones de no reciprocidad. Dichas correcciones pueden determinarse y agruparse en correcciones por estación. Cada estación intercambia con la otra estación los datos TI(k) junto con la evaluación de sus propias correcciones.

En los puntos siguientes se examinan con más detalle los factores de no reciprocidad.

## 2 No reciprocidad debida a retardos en el equipo del satélite

Si en el satélite se utiliza la misma frecuencia, la misma antena de recepción y los mismos canales de transpondedor y antena transmisora, los retardos son  $TS(1) = TS(2)$ .

No es éste el caso cuando se utilizan frecuencias, transpondedores o haces puntuales diferentes para la recepción y/o las transmisiones desde cada estación, por ejemplo, con los satélites Intelsat transatlánticos. En este caso, hay que medir  $TS(1)$  y  $TS(2)$ , o al menos la diferencia  $TS(1) - TS(2)$  antes del lanzamiento del satélite o utilizar otro método preciso de transferencia de señales horarias.

## 3 Corrección por efectos Sagnac

Debido al movimiento alrededor del eje de rotación de la Tierra de las estaciones terrenas y del satélite durante la propagación de una señal horaria al satélite y desde éste, hay que aplicar una corrección al tiempo de propagación de la señal. Para esta corrección de Sagnac se cuenta un trayecto entre el satélite s y la estación k:

$$TCD(k) = (\Omega / c^2) \times [Y(k) \times X(s) - X(k) \times Y(s)]$$

siendo:

$\Omega$ : velocidad de rotación de la Tierra =  $7,2921 \times 10^{-5}$  rad/s

$c$ : velocidad de la luz = 299 792 458 m/s

$X(k)$ : coordenada geocéntrica x de la estación (m)

$$= r \cos[LA(k)] \times \cos[LO(k)]$$

$X(s)$ : coordenada geocéntrica x del satélite (m)

$$= R \cos[LA(s)] \times \cos[LO(s)]$$

$Y(k)$ : coordenada geocéntrica y de la estación (m)

$$= r \cos[LA(k)] \times \sin[LO(k)]$$

$Y(s)$ : coordenada geocéntrica y del satélite (m)

$$= R \cos[LA(s)] \times \sin[LO(s)]$$

$r$ : radio de la Tierra = 6 378 140 m

$R$ : radio de la órbita del satélite = 42 164 000 m

LA: latitud

LO: longitud.

En los satélites geoestacionarios  $LA(s) = 0$ , por lo que  $TCD(k) = (\Omega/c^2) \times R \times r \times \cos[LA(k)] \times \sin[LO(k)] - LO(s)$ .

La corrección Sagnac total  $TC(12)$  del reloj en la estación 1 referida al reloj medido en la estación 2 es:

$$TC(12) = 1/2(TCU(1) + TCD(2) - [TCU(2) + TCD(1)])$$

Además, el signo de la corrección Sagnac para el enlace descendente es opuesto al signo de la corrección Sagnac para el enlace ascendente debido a los sentidos opuestos de las señales:  $TCU(k) = -TCD(k)$ , de forma que  $TC(12) = -TCD(1) + TCD(2)$ .

Ejemplo para un satélite a  $307^\circ$  E:

$LA(VSL) = 52^\circ$  N,  $LO(VSL) = 4^\circ$  E,  $LO(sat) = 307^\circ$  E, diferencia en  $LO = 57^\circ$ ,  $TCD(VSL) = +112,42$  ns

$LA(USNO) = 39^\circ$  N,  $LO(USNO) = 283^\circ$  E,  $LO(sat) = 307^\circ$  E, diferencia en  $LO = -24^\circ$ ,  $TCD(USNO) = -68,83$  ns

$TC(VSL \rightarrow USNO): -TCD(VSL) + TCD(USNO) = -181,25$  ns

$TC(USNO \rightarrow VSL): -TCD(USNO) + TCD(VSL) = +181,25$  ns

VSL: NMI Van Swinden Laboratory, Delft, Países Bajos

USNO: US Naval Observatory, Washington DC, Estados Unidos de América.

#### 4 Efectos de no reciprocidad debidos al movimiento del satélite respecto a una Tierra fija

Los trayectos bidireccionales entre estaciones terrenas a través del satélite no son recíprocos si el satélite se mueve respecto a la superficie de la Tierra y si las dos señales de llegada no pasan por el satélite en el mismo instante. Este efecto puede compensarse con un ligero ajuste ( $<17$  ms) de los tiempos de emisión. Sin dichos ajustes, los errores de sincronismo pueden alcanzar una parte significativa de 1 ns y exigen un cálculo para la corrección.

#### 5 Corrección ionosférica

Las señales del enlace ascendente y del enlace descendente de cada estación difieren en su frecuencia portadora y experimentan retardos ionosféricos distintos que son:

$$40,3 \text{ TEC } (1/c) (1/f_d^2 - 1/f_u^2)$$

siendo:

TEC: contenido electrónico total a lo largo del trayecto de la señal

$c$ : velocidad de la luz

$f_d$  y  $f_u$ : frecuencias en los enlaces descendente y ascendente.

*Ejemplo:* Para un TEC de  $1 \times 10^{18}$  electrones/m<sup>2</sup> y para  $f_u = 14,5$  y  $f_d = 12,5$  GHz, este retardo ionosférico es igual a  $0,859$  ns  $- 0,639$  ns =  $0,220$  ns. Así pues, la corrección para  $1/2[TU(k) - TD(k)]$  suele ser menor de  $-0,11$  ns.

#### 6 Corrección troposférica

La troposfera imprime un retardo que depende del ángulo de elevación, del contenido acuoso del aire, de la densidad de éste y de la temperatura, pero hasta 20 GHz este retardo no depende de la frecuencia, por lo que su influencia en los retardos de propagación ascendente y descendente es igual y no se requieren correcciones.

#### 7 Medición del retardo de la estación terrena

La diferencia de las secciones de transmisión y recepción  $[TT(k) - TR(k)]$  que incluye los convertidores elevadores reductor, el modulador y demodulador (módem), los alimentadores, el cableado, etc., tienen que determinarse en cada estación. Los métodos para obtener este valor son:

- coemplazamiento de ambas estaciones, o
- coemplazamiento posterior de una tercera estación terrena (transportable) en ambas estaciones,
- utilización de un cable calibrado y un simulador del satélite.

El último método es el menos costoso y puede utilizarse frecuentemente. El método consiste en la calibración de un cable auxiliar, la medida de la suma de los retardos de transmisión y recepción y de la suma del retardo del cable auxiliar y del retardo de recepción, y el cálculo de retardo de recepción y de transmisión a partir de las mediciones.

También hay que determinar la diferencia entre los retardos internos de transmisión y recepción del módem, lo cual puede hacerse:

- situando en el mismo emplazamiento los módems y midiendo la suma del retardo de transmisión de uno y el retardo de recepción del otro;
- midiendo la suma del retardo de transmisión y de recepción conectando la señal de salida FI a la entrada FI de cada uno de los módems. El retardo de transmisión entre la señal transmitida de 1 pps y la inversión adecuada de fase en la salida modulada en fase FI del módem se mide, por ejemplo, con un osciloscopio. El retardo de recepción se obtiene sustrayendo el retardo de transmisión de la suma medida de los retardos.

## 8 Tratamiento de datos

Al determinar la diferencia entre los UTC(k) de los dos laboratorios participantes, se deben medir cuidadosamente y documentar los retardos que se producen en la cadena de temporización de cada laboratorio. En algunos laboratorios, el UTC(k) es una escala temporal matemática. Todos los laboratorios tienen un reloj principal (reloj(k)) que es la representación física de la escala temporal. Cada laboratorio calcula un cuadro de valores de las relaciones entre su reloj principal y su escala de tiempo [UTC(k) – reloj(k)]. El reloj(k) puede utilizarse como referencia de entrada(k) al módem que genera el código deseudoruido transmitido. Hay un retardo [reloj(k) – referencia(k)] debido al cable de la conexión entre el reloj(k) y el módem. El módem genera un valor de 1PPSTX relacionado con la señal transmitida que permite medir la diferencia [referencia(k) – 1PPSTX(k)] respecto a la referencia(k).

Para calcular la diferencia entre las escalas de tiempo UTC de los dos laboratorios a partir de [TA(1) – TA(2)] (véase el § 1), se aplica lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{UTC}(1) - \text{UTC}(2) &= \text{TA}(1) - \text{TA}(2) \\
 &- [\text{UTC}(1) - \text{reloj}(1)] \\
 &- [\text{reloj}(1) - \text{referencia}(1)] \\
 &- [\text{referencia}(1) - 1\text{PPSTX}(1)] \\
 &+ [\text{UTC}(2) - \text{reloj}(2)] \\
 &+ [\text{reloj}(2) - \text{referencia}(2)] \\
 &+ [\text{referencia}(2) - 1\text{PPSTX}(2)]
 \end{aligned}$$

## 9 Determinación de la precisión y estabilidad del resultado

Hay que aplicar las directrices generales de la Publicación de la Organización Internacional de Unificación de Normas (ISO) (1993) «Guide to the expression of uncertainty in measurement» junto con la caracterización de los procedimientos de calidad que se describen en la Recomendación UIT-R TF.538.

## 10 Características de calidad de la estación terrena

Hay dos niveles de calidad y funcionamiento de la estación terrena que deben considerarse para las transferencias bidireccionales de señales horarias. En el primer nivel se cumplen los requisitos básicos del módem para producir la fluctuación de fase de salida deseada. En el segundo nivel se cumplen las características de calidad de la estación terrena que exigen los organismos reglamentarios.

El cumplimiento de las características reglamentarias no garantiza por sí mismo un funcionamiento bidireccional satisfactorio. Sólo se obtienen resultados adecuados cuando se aplican al módem la relación  $C/N_0$  y el nivel de portadora  $C$  requeridos. Los parámetros de funcionamiento se determinan con el balance del enlace. A partir de éste se puede establecer el tamaño requerido de la antena, la potencia de transmisión necesaria y la temperatura de ruido requerida del sistema de recepción. El balance del enlace puede calcularse siguiendo las pautas y ejemplos del § 2.2 y del Anexo II del Manual del ex CCIR sobre Telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo por satélite), Ginebra, 1988.

Los requisitos reglamentarios suelen proceder de las entidades administrativas responsables de la gestión general del espectro electromagnético a nivel nacional e internacional y de los operadores de satélite. Las normas y reglamentos dictan a menudo cuándo y dónde debe montarse una estación, la calidad de ésta, su propiedad y su explotación. Estas normas y reglamentos suelen estar pensados para garantizar que la estación terrena no generará interferencia en otras estaciones terrenas y en otros satélites adyacentes. Los puntos en cuestión incluyen generalmente los diagramas de antena y la ganancia de antena, la  $G/T$ , la p.i.r.e., los criterios de discriminación de polarización y la capacitación y concesión de licencia al personal de explotación. Gran parte de los aspectos técnicos referentes a la estación terrena pueden garantizarse adquiriendo los sistemas a fabricantes que hayan ya obtenido la calificación del equipo para su funcionamiento con sistemas de satélite y normas específicas.

Las normas de calidad eléctrica suelen definirse en una o más de las siguientes entidades: Recomendaciones UIT-R S.580 y UIT-R S.465; Reglamento 25-209 FCC del Code of Federal Regulations de Estados Unidos de América, Título 47, Partes 20-39; y los Documentos de Normas de estación terrena INTELSAT para las estaciones de Norma C (IESS-203), E (IESS-205), G (IESS-601) y Z (IESS-602). Otras regiones del mundo pueden tener otros requisitos en lo referente al sistema de satélite, el emplazamiento, la clasificación de usuario y otros criterios.

## ANEXO 2

### Información sobre el formato para el intercambio de datos

#### 1 Introducción

El fichero de datos comienza con un encabezamiento en el cual irán todos los datos que se consideran invariables durante la sesión de mediciones. Los renglones de datos posteriores contienen todos los datos que se prevé que cambiarán durante la sesión. Se consideran dos tipos de renglones de datos: experimentales y operacionales. Por ejemplo, se consideran, a efectos experimentales, datos de un segundo y, a efectos operacionales, los resultados de un ajuste por mínimos cuadrados a todas las mediciones individuales producidas durante la sesión.

#### 2 Información requerida

##### 2.1 Identificación y caracteres asignados de la estación, códigos y desviaciones de frecuencias

Debe facilitarse la identificación de las estaciones participantes mediante un carácter ASCII y deben asignarse códigos deseudoruido y una separación clara de las frecuencias portadoras.

Como ejemplo, véase el Cuadro 1.

CUADRO 1

Designación del laboratorio (carácter ASCII)	Código TX (MITREX)	Separación clara de portadoras (kHz respecto a la frecuencia central)
A	0	-20
B	1	0
C	2	+20
D	3	-40
E	4	+40
F	5	+60
G	6	+80
H	7	-80

## 2.2 Parámetros de la sesión

El plan de una sesión debe contener la información siguiente:

- identificación del satélite: nombre, longitud, parámetros orbitales, canal transpondedor, no reciprocidad del equipo de satélite;
- designaciones de estación;
- códigos TX y códigos RX;
- balance del enlace;
- frecuencias de estación terrena TX y RX;
- nombre del operador;
- fecha y hora de comienzo;
- tiempo de preparación de cada sesión (igual a la pausa entre sesiones sucesivas);
- duración de cada sesión;
- forma de intercambio de los ficheros de datos generados.

## 2.3 Parámetros de la estación terrena(k) local

Cada estación terrena debe mantener un fichero con la información siguiente:

- coordenadas de la antena (x, y, z en la referencia terrenal IERS);
- designador de la estación terrena;
- p.i.r.e. de transmisión (W);
- $G/T$  del receptor;
- módem: fabricante, modelo, tipo, número de serie;
- contador de intervalos de tiempo: fabricante, tipo, número de serie;
- antena: fabricante, tipo, diámetro, ganancia;
- calibración del retardo: fecha, método, resultados;
- facultativo: se registran durante las sesiones los retardos medidos TX-RX, la  $C/N_0$ , los parámetros ambientales en la antena (temperatura, humedad, presión barométrica, condiciones climatológicas).

Hay que informar de todo cambio de los parámetros y del equipo de la estación.

## 3 Formato de los datos

### 3.1 Generalidades

Las convenciones y símbolos que se indican a continuación se aplican íntegramente al formato de datos descrito en el § 3.2 y parcialmente al descrito en el § 3.3.

LAB:	identificación del laboratorio (por ejemplo, según el Convenio del Bureau international des poids et mesures (BIPM))
jjjjj:	fecha del calendario juliano modificado
hh:	hora UTC
mm:	minuto UTC
ss:	segundo UTC
L:	designación del laboratorio local mediante un carácter ASCII
R:	designación del laboratorio distante mediante un carácter ASCII
*	indicación del inicio de un renglón de texto
S:	indicación del signo del valor que sigue
[ ]:	designación de una opción
:	designación de una elección
0.nnnnnnnnnnn:	valor de un intervalo de tiempo (s) (12 decimales = resolución 1 ps).

DATA FILE NAME:

Ljjjjjhh.mmR

donde jjjjj, hh, mm da la fecha de inicio UTC NOMINAL de la sesión TWSTFT.

HEADER:

```
*      Ljjjjjhh.mmR
*      UTC (LAB) – CLOCK = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
*      CLOCK – 1PPSREF   = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
*      1PPSREF – 1PPSTX  = S0.nnnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
*      Cualquier otro parámetro con la forma: PARAMETER = valor [unidades] [jjjjj hhmmss]
*      DATA = [1PPSTX – 1PPSRX] | [1PPSREF – 1PPSRX] | [..]
```

donde jjjjj, hhmmss da facultativamente los datos del instante UTC en el que se toma el valor indicado.

### 3.2 Informe de las mediciones individuales de 1 s

DATA FILE FORMAT:

El HEADER seguido inmediatamente por el contenido de DATA.

DATA:

```
jjjjj  hhmmss  0.nnnnnnnnnnnn
jjjjj  hhmmss  0.nnnnnnnnnnnn
:      :      :
jjjjj  hhmmss  0.nnnnnnnnnnnn
```

donde jjjjj, hhmmss da la fecha UTC en la que se toman los datos.

EJEMPLO:

Fichero A4926610.56B (datos medidos en la estación A en una sesión TWSTFT con la estación B en MJD 49266, a las 1056 h UTC):

```
*      A4926610.56B
*      UTC (LAB A) – CLOCK = -0.000000123456 49266 101000
*      CLOCK – 1PPSREF   = 0.000000012345
*      1PPSREF – 1PPSTX  = +0.000000001234 49266 102059
*      DATA = 1PPSTX – 1PPSRX
49266  105616 0.270924666406
49266  105617 0.270924663805
49266  105618 0.270924660170
49266  105619 0.270924657628
49266  105620 0.270924654270
49266  105621 0.270924651106
```

### 3.3 Formato de fichero para informar de los resultados de un ajuste cuadrático

#### 3.3.1 Observaciones generales

El objeto de este formato es reducir el volumen de datos que han de intercambiarse y poder informar en una o más pistas de fichero de datos acerca de un laboratorio en el que intervienen diferentes estaciones asociadas y diferentes enlaces de satélite. Pueden consignarse en un fichero datos correspondientes a más de un día. Permite calcular las diferencias de forma fácil, utilizando la información indicada en el encabezamiento y las líneas de datos, sin necesidad de conocer las distintas configuraciones de medición utilizadas en los laboratorios participantes.

Hay dos tipos de líneas:

- líneas con un asterisco en la columna uno (encabezamiento de fichero, encabezamiento de línea de datos)
- líneas sin asterisco en la columna uno (líneas de datos).

En la descripción del formato, los caracteres en negritas son palabras clave en una cierta posición, y los caracteres en cursivas tienen que ser sustituidos por cadenas o valores reales, respectivamente. Las cadenas entre corchete son opcionales, y siempre que los datos deban ir precedidos de un signo, se indica mediante un «+». Los datos que falten deben ser sustituidos por series de 9 (nueves) (incluido un posible signo).





Una línea describe una estación terrena, pero pueden utilizarse tantas líneas ES como sea necesario.

REF-FRAME Designación de la trama de referencia de las coordenadas de antena bidireccional. Tantas columnas como sea necesario.

LINK Las líneas LINK caracterizan los enlaces de satélite:

- LL Identificación del enlace contenida en cada línea de datos (encabezamiento de línea de datos: LI, véase el § 3.3.4), que apunta a una línea LINK concreta del encabezamiento de fichero.
- SAT Identificación del satélite según la designación de la agencia operadora del satélite o de la comunidad espacial internacional.
- NLO Longitud nominal del satélite, sustituyendo *D* por *W* (Oeste) o *E* (Este).
- XPNDR Retardo de transpondedor diferencial (ns) (estación local a estación distante menos estación distante a estación local).
- SAT-NTX Frecuencia de transmisión nominal del satélite (MHz). Esta frecuencia corresponde a la frecuencia de recepción de la estación terrena local.
- SAT-NRX Frecuencia de recepción nominal del satélite (MHz). Esta frecuencia corresponde a la frecuencia de transmisión de la estación terrena local.

Dos líneas describen un enlace, pero pueden utilizarse tantas parejas de líneas LINK como sean necesarias.

CAL Las líneas CAL dan el tipo de calibración, la fecha juliana modificada y la incertidumbre estimada de la calibración:

- CCC Identificación de calibración contenida en cada línea de datos (encabezamiento de línea de datos: CI, véase el § 3.3.4), que apunta a una línea CAL concreta del encabezamiento de fichero.
  - TYPE Tipo de técnica utilizada para un cierto enlace caracterizado por una de las siguientes palabras clave:
    - PORT ES REL Estación terrena portátil utilizada en modo relativo.
    - PORT ES ABS Estación terrena portátil utilizada en modo absoluto.
    - PORT SS REL Simulador de satélite portátil utilizado en modo relativo.
    - PORT SS ABS Simulador de satélite portátil utilizado en modo absoluto.
- La calibración por un sistema de transferencia de señales horarias independiente, por ejemplo:
- GPS Sistema mundial de determinación de posición (Global Positioning System).
  - PORT CLOCK Reloj portátil.

Pueden utilizarse diferentes tipos para el mismo enlace que den lugar a diferentes líneas de datos.

MJD Fecha juliana modificada de la calibración.

EST.UNCERT. Incertidumbre estimada de la calibración.

Una calibración se describe en una línea, pero pueden utilizarse tantas líneas CAL como sea necesario.

LOC-MON YES o NO tiene que utilizarse según la disponibilidad de un sistema de supervisión de retardo de una estación terrena local.

MODEM Tipo y número de serie del módem utilizado. Debe informarse de todos los módems utilizados durante el periodo de validez del fichero.

Pueden utilizarse tantas líneas y columnas como sea necesario.

COMMENTS Tantas líneas de comentarios como sea necesario.

La última línea del encabezamiento de fichero contiene un asterisco en la columna 1 solamente.

### 3.3.4 Línea de datos

El formato de una línea de datos puede verse en el Apéndice 1 al Anexo 2.

EARTH-STAT	Designación de la estación terrena local (LOC) y distante (REM) dada por el acrónimo del laboratorio respectivo (hasta 4 caracteres) y un número de identificación de estación (dos cifras), por ejemplo TUG01.
LI	<p>La identificación del enlace es un puntero al encabezamiento de fichero que da información sobre un enlace de satélite concreto.</p> <p>La asignación de las identificaciones de enlaces ha de coordinarse a escala internacional, por ejemplo por el Grupo de Trabajo CCDS sobre transferencia bidireccional de señales horarias por satélite (por ejemplo, véase el § 3.3.6).</p>
MJD STTIME	Fecha de comienzo nominal ((MJD) y tiempo (h, min y s)) con referencia al UTC.
NTL	Longitud de pista nominal (s) (fecha nominal de la última muestra menos la fecha nominal de la primera muestra).
TW	Resultado (s), de un ajuste cuadrático sobre los datos de una pista calculada para la fecha indicada por la fecha de comienzo nominal más la mitad de la longitud de pista nominal redondeada a segundos.
DRMS	Valor cuadrático medio de los residuos del ajuste cuadrático (ns).
SMP	Número de muestras utilizadas en el ajuste cuadrático.
ATL	Longitud de pista real (s) (fecha de la última muestra menos fecha de la primera muestra del ajuste cuadrático).
REFDELAY	Retardo de la referencia con respecto al UTC(LAB) (s). El cálculo de este término depende de la configuración de medición en cada laboratorio. Para la configuración de medición ordinariamente empleada (PPSTX comienza dos mediciones bidireccionales), el retardo de referencia es la suma $(UTC(LAB)-CLOCK) + (CLOCK-REF) + (REF-PPSTX)$ .
RSIG	Desviación típica de la media de REFDELAY (ns).
CI	<p>La identificación de calibración es un puntero al encabezamiento de fichero, que informa acerca del tipo de calibración, la fecha juliana modificada y la incertidumbre estimada de la calibración.</p> <p>La asignación de una identificación de calibración ha de coordinarse a escala internacional (por ejemplo, por el Grupo de Trabajo CCDS sobre transferencia bidireccional de señales horarias por satélite) para los laboratorios que intervienen en una campaña de calibración determinada. Utilizando un sistema de transferencia de señales horarias independientes (por ejemplo, GPS), las calibraciones sólo son posibles entre pares de laboratorios, por lo cual las identificaciones de calibración tienen que ser asignadas para pares de laboratorios (pueden verse ejemplos en el § 3.3.6).</p>
S	<p>Conmutador de calibración (o «0» o «1»). Indica qué términos de la ecuación bidireccional se incluyen en el resultado de calibración CALR y qué ecuación debe por tanto utilizarse para el cálculo de las diferencias de reloj (véase el § 3.3.5).</p> <p>S = 0 El resultado de calibración CALR da la diferencia entre el retardo de estación terrena diferencial (parte transmisión menos parte recepción) del laboratorio y el retardo de estación terrena diferencial del sistema calibrador (ubicación de estaciones terrenas, simulador de satélite).</p> <p>S = 1 El resultado de calibración CALR incluye todos los términos de la ecuación bidireccional, salvo las mediciones de transferencia de señales horarias TW y las mediciones de referencia REFDELAY de la estación local y distante, respectivamente. Así ocurre utilizando un sistema de transferencia de señales horarias independiente, por ejemplo, GPS.</p>
CALR	Resultado de calibración (ns).
ESDVAR	Variaciones de retardo de estación terrena diferencial supervisadas (ns) (con respecto al retardo de estación terrena diferencial observado en el momento de la calibración si hay disponible una calibración). Tienen que incluirse todos los cambios del retardo de la estación terrena y del módem.

ESIG	Desviación típica de la media de ESDVAR (ns).
TMP	Temperatura exterior (°C).
HUM	Humedad relativa exterior (%).
PRES	Presión del aire (mbar).

### 3.3.5 Cálculo de las diferencias de reloj

S = 0: UTC(LAB <sub>1</sub> ) – UTC(LAB <sub>2</sub> ) =	+0,5(TW <sub>1</sub> + ESDVAR <sub>1</sub> ) + REFDELAY <sub>1</sub>	Línea de datos lab 1
	–0,5(TW <sub>2</sub> + ESDVAR <sub>2</sub> ) + REFDELAY <sub>2</sub>	Línea de datos lab 2
	+0,5 EARTH ROT.CORR.	Líneas de encabezamiento lab 1 y lab 2
	+0,5 IONOSPHERIC CORR.	Líneas de encabezamiento lab 1 y lab 2
	+0,5 CALR <sub>1</sub>	Línea de datos lab 1
	–0,5 CALR <sub>2</sub>	Línea de datos lab 2
	+0,5 XPNDR	Línea de encabezamiento lab 1
S = 1: UTC(LAB <sub>1</sub> ) – UTC(LAB <sub>2</sub> ) =	+0,5(TW <sub>1</sub> + ESDVAR <sub>1</sub> ) + REFDELAY <sub>1</sub>	Línea de datos lab 1
	–0,5(TW <sub>2</sub> + ESDVAR <sub>2</sub> ) – REFDELAY <sub>2</sub>	Línea de datos lab 2
	+CALR	Línea de datos lab 1

El conocimiento de las posiciones de las estaciones terrenas y del satélite permite calcular EARTH ROT.CORR. (efecto Sagnac) y el conocimiento de las frecuencias de transmisión y recepción permite calcular el IONOSPHERIC CORR.

### 3.3.6 Ejemplos

(Véase el Apéndice 2 al Anexo 2.)

APÉNDICE 1  
AL ANEXO 2

1 LÍNEA DE DATOS

```

0      0      0      0      0      0      0      0      0      0      1      1      1      1
1      2      3      4      5      6      7      8      9      0      1      2      3
1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
* EARTH-STAT LI MJD STTIME NTL TW DRMS SMP ATL REFDELAY RSIG CI S CALR ESDVAR ESIG TMP HUM PRES
* LOC REM hhhmss s s ns s s ns ns ns ns ns ns degC % mbar
LLLLnn LLLLnn LL MMMM hhhmss nnn +0,nnnnnnnnnnnn n,nnn nnn nnn +0,nnnnnnnnnnnn n,nnn CCC i +nnnn,nnn +nnnn,nnn n,nnn +nn nnn nnnn

```

APÉNDICE 2  
AL ANEXO 2

EJEMPLOS

Los ejemplos contienen datos reales y ficticios (especialmente para calibración).

1 ARCHIVOS DE DATOS

```

* TWUSNO49.933
* FORMAT 01
* LAB USNO
* REV DATE 1995-07-10
* ES USNO01 LA: N 38 55 00.000 LO: W 77 04 00.000 HT: 51.30 m
* REF-FRAME WGS84
* LINK 04 SAT: IS706 NLO: W 53 00 00.000 XPNDR: 99999.999 ns
* SAT-NTX: 11922.3750 MHz SAT-NRX: 14221.6275 MHz
* CAL 002 TYPE: GPS MJD: 49639 EST. UNCERT.: 5.000 ns
* CAL 003 TYPE: GPS MJD: 49649 EST. UNCERT.: 5.000 ns
* LOC-MON NO
* MODEM MITREX 2500A
*
* EARTH-STAT LI MJD STTIME NTL TW DRMS SMP ATL REFDELAY RSIG CI S CALR ESDVAR ESIG TMP HUM PRES
* LOC REM hhhmss s s ns s s ns ns ns ns ns ns degC % mbar
USNO01 TUG01 04 49933 140200 299 0.263265762933 1.529 300 299 0.000001334100 9.999 002 1 296.350 99999.999 9.999 32 63 994
USNO01 NPL01 04 49933 141000 299 0.260419315503 0.613 300 299 0.000001334200 9.999 999 0 99999.999 99999.999 9.999 32 63 994
USNO01 VSL01 04 49933 141800 299 0.261451406897 0.387 300 299 0.000001334200 9.999 999 0 99999.999 99999.999 9.999 32 63 994
USNO01 PTB01 04 49933 143400 299 0.262748501558 1.822 233 232 0.000001334240 9.999 003 1 449.500 99999.999 9.999 32 63 994

```

```

* TWTUG49.933
* FORMAT      01
* LAB         TUG
* REV DATE   1995-07-10
* ES TUG01 LA: N 47 04 01.578      LO: E 15 29 36.570      HT: 538.14 m
* REF-FRAME   ITRF88
* LINK       03 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 0.000 ns
*           SAT-NTX: 12549.7475 MHz SAT-NRX: 14044.7475 MHz
* LINK       04 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 99999.999 ns
*           SAT-NTX: 12726.6275 MHz SAT-NRX: 14217.3750 MHz
* CAL       001 TYPE: PORT ES REL    MJD: 49640      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* CAL       002 TYPE: GPS           MJD: 49639      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* LOC-MON    YES
* MODEM      MITREX 2500, SN1194
* COMMENTS  Desde 1995-07-10, se utiliza un nuevo satélite (en la misma posición que el antiguo)

```

* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL	TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES
* LOC	REM		hhmmss	s	s	ns	s	s	s	ns			ns	ns	ns degC	%	mbar	
TUG01	TUG01	03	49933	100000	299	0.273757169304	0.612	300	299	0.000000237687	0.003	001 0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	NPL01	03	49933	100600	299	0.270911455763	0.328	300	299	0.000000237687	0.003	001 0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	PTB01	03	49933	101200	299	0.273242494495	0.458	300	299	0.000000237687	0.003	001 0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	FTZ01	03	49933	101800	299	0.272511114690	0.416	300	299	0.000000237687	0.003	001 0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	OCA01	03	49933	103000	299	0.271282560840	0.969	300	299	0.000000237687	0.003	001 0	-720.000	0.689	0.123	26	42	957
TUG01	USNO01	04	49933	140200	299	0.263269499027	0.475	300	299	0.000000237694	0.003	002 1	-296.350	-3.280	0.236	27	38	955
TUG01	NIST01	04	49933	141000	299	0.268868858338	0.405	300	299	0.000000237693	0.003	999 0	99999.999	-3.280	0.236	27	38	955

```

* TWPTB49.933
* FORMAT      01
* LAB         PTB
* REV DATE   1995-07-10
* ES PTB01 LA: N 52 17 49.787      LO: E 10 27 37.966      HT: 143.406m
* REF-FRAME   WGS84
* LINK       03 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 0.000 ns
*           SAT-NTX: 12549.7475 MHz SAT-NRX: 14044.7475 MHz
* LINK       04 SAT: IS706          NLO: W 53 00 00.000      XPNDR: 99999.999 ns
*           SAT-NTX: 12726.6275 MHz SAT-NRX: 14217.3750 MHz
* CAL       001 TYPE: PORT ES REL    MJD: 49632      EST. UNCERT.: 3.000 ns
* CAL       003 TYPE: GPS           MJD: 49649      EST. UNCERT.: 5.000 ns
* LOC-MON    NO
* MODEM      MITREX 2500A

```

* EARTH-STAT	LI	MJD	STTIME	NTL	TW	DRMS	SMP	ATL	REFDELAY	RSIG	CI	S	CALR	ESDVAR	ESIG	TMP	HUM	PRES
* LOC	REM		hhmmss	s	s	ns	s	s	s	ns			ns	ns	ns degC	%	mbar	
PTB01	PTB01	03	49933	100000	299	0.272722644071	0.614	300	299	0.000000802678	9.999	001 0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999	9999
PTB01	OCA01	03	49933	100600	299	0.270763375457	1.175	300	299	0.000000802678	9.999	001 0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999	9999
PTB01	TUG01	03	49933	101200	299	0.273236013639	0.954	300	299	0.000000802678	9.999	001 0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999	9999
PTB01	NPL01	03	49933	101800	299	0.270390245192	0.379	300	299	0.000000802678	9.999	001 0	-1052.000	99999.999	9.999	999	999	9999
PTB01	USNO01	04	49933	143400	299	0.262745748275	0.621	300	299	0.000000805499	9.999	003 1	-449.500	99999.999	9.999	999	999	9999
PTB01	NIST01	04	49933	144200	299	0.268345111620	0.515	300	299	0.000000805499	9.999	999 0	99999.999	99999.999	9.999	999	999	9999

**2 CÁLCULO DE LAS DIFERENCIAS DE RELOJ**

UTC(TUG)-UTC(PTB): MJD 49933, 10:12:00 UTC, CI 001, LI 03  
 UTC(TUG)-UTC(PTB)= + 0.5(0.273242494495 + 0.689E-9) + 0.000000237687  
                           - 0.5(0.273236013639 + 0                          ) - 0.000000802678  
                           + 0.5(-37.4E-9)  
                           + 0  
                           + 0.5( -720.000E-9)  
                           - 0.5(-1052.000E-9)  
                           + 0.5(0.000E-9)  
 UTC(TUG)-UTC(PTB)= +2823.1 ns on MJD 49933 at 10:14:30 UTC

UTC(PTB)-UTC(USNO): MJD 49933, 14:34:00 UTC, CI 003, LI 04  
 UTC(PTB)-UTC(USNO)= + 0.5(.262745748275 + 0) + 0.000000805499  
                           - 0.5(.262748501558 + 0) - 0.000001334240  
                           + (-449.500E-9)  
 UTC(PTB)-UTC(USNO)= -2354.9 ns on MJD 49933 at 14:36:30 UTC

UTC(USNO)-UTC(TUG)= -473.7 ns on MJD 49933 at 14:04:30 UTC

**3 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES DE SATÉLITE**

LI	LINK	SAT	NLO			XPNDR DELAY (ns)	SAT-NTX (MHz)	SAT-NRX (MHz)	Observaciones
			dd	mm	ss				
01	EU-EU	IS513	53	00	00 W	0,000	12543,4025	14038,4025	
02	EU-USA	IS513	53	00	00 W	448,000	12644,8275	14139,8275	Para estaciones terrenas europeas
		IS513	53	00	00 W	-448,000	11844,8275	14139,8275	Para estaciones terrenas de Estados Unidos de América
03	EU-EU	IS706	53	00	00 W	0,000	12549,7475	14044,7475	
04	EU-USA	IS706	53	00	00 W	9999,999	12726,6275	14217,3750	Para estaciones terrenas europeas
		IS706	53	00	00 W	9999,999	11922,3750	14221,6275	Para estaciones terrenas de Estados Unidos de América

#### 4 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS CALIBRACIONES EFECTUADAS

CI	TYPE	MJD	CALR (ns)	EST. UNCERT. (ns)	Observaciones
001	PORT ES REL				Visita de la estación portátil (USNOxx) durante octubre de 1994 a OCA, LPTF, NPL, VSL, PTB, FTZ, TUG, USNO, NIST
		49632	-1052,000	3,000	PTB01
		49640	-720,000	5,000	TUG01
002	GPS	49639	-296,350	5,000	Calibración del enlace TUG01-IS706-USNO01 utilizando el sistema de transferencia de señales horarias independiente GPS (calculado a partir de datos GPS comunicados)
003	GPS	49649	-449,500	5,000	Calibración del enlace PTB01-IS706-USNO01 utilizando el sistema de transferencia de señales horarias independiente GPS (calculado a partir de datos GPS comunicados)