

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Córdoba
Departamento de Ingeniería Electrónica
Laboratorio de Comunicaciones

"SECOM 2013"

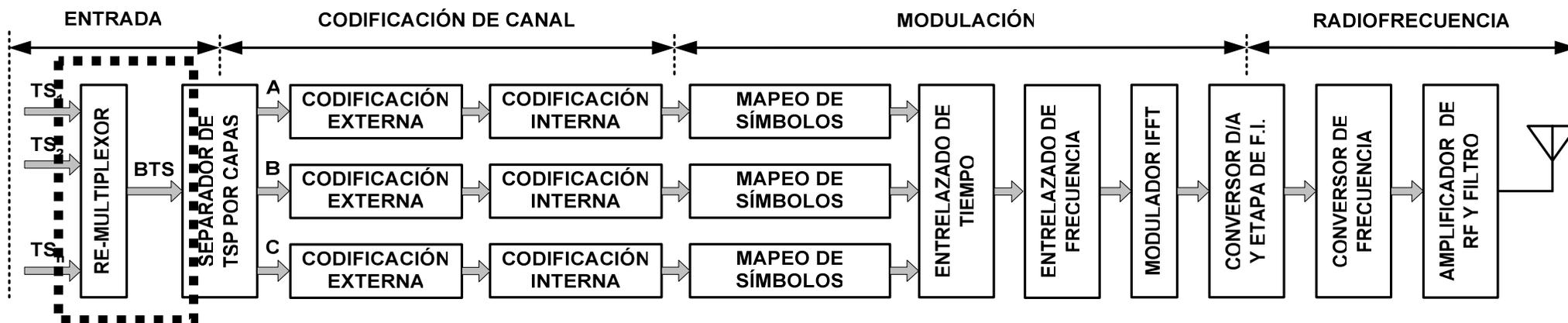
9º Seminario de Comunicaciones

28 de Agosto de 2013

**El Remultiplexor ISDB-T_b
Flujos BTS y BTSc (comprimido)
Aplicación en Redes SFN**

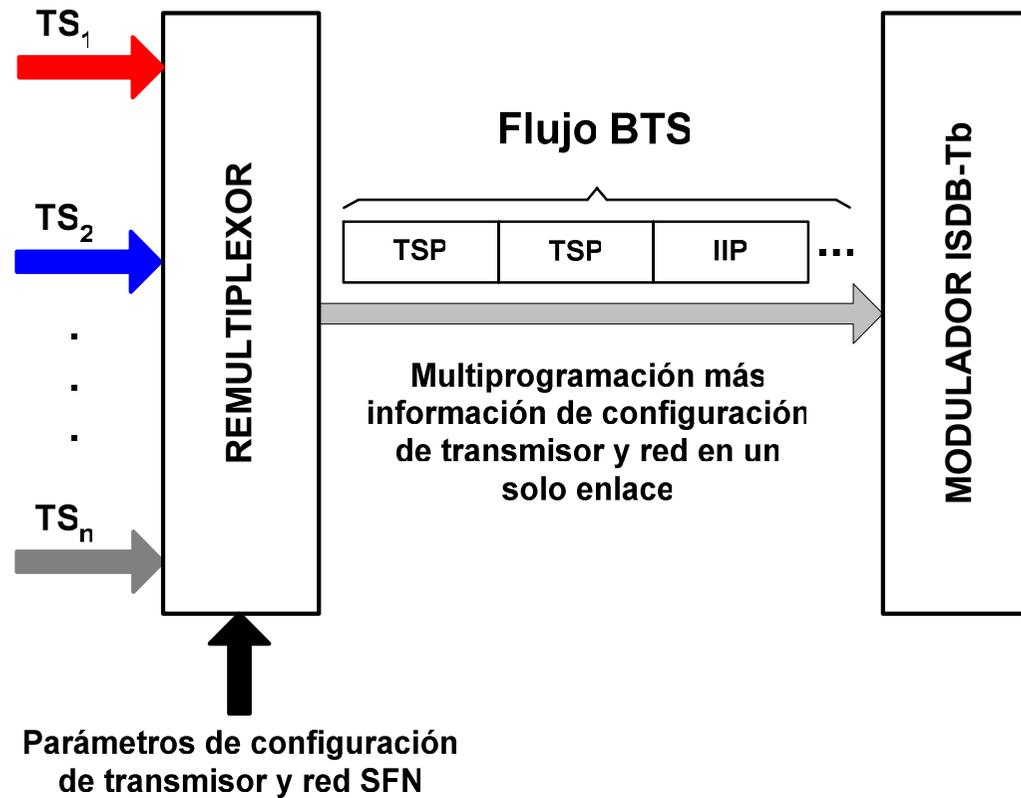
Ing. Néstor Oscar Pisciotta

BLOQUES PRINCIPALES DEL SISTEMA ISDB-T_b

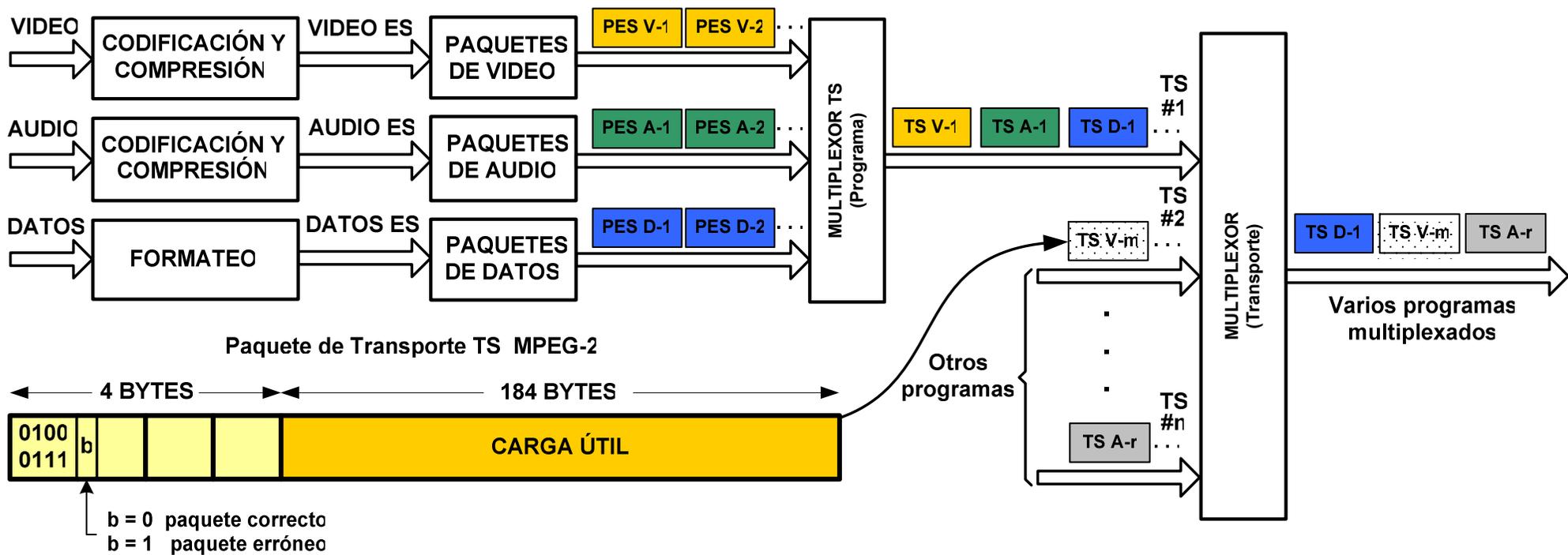


FLUJO BTS

UNA FORMA DE ENVIAR MULTIPROGRAMACIÓN + DATOS ESPECÍFICOS DE ISDB-T_b MEDIANTE UN ENLACE ÚNICO



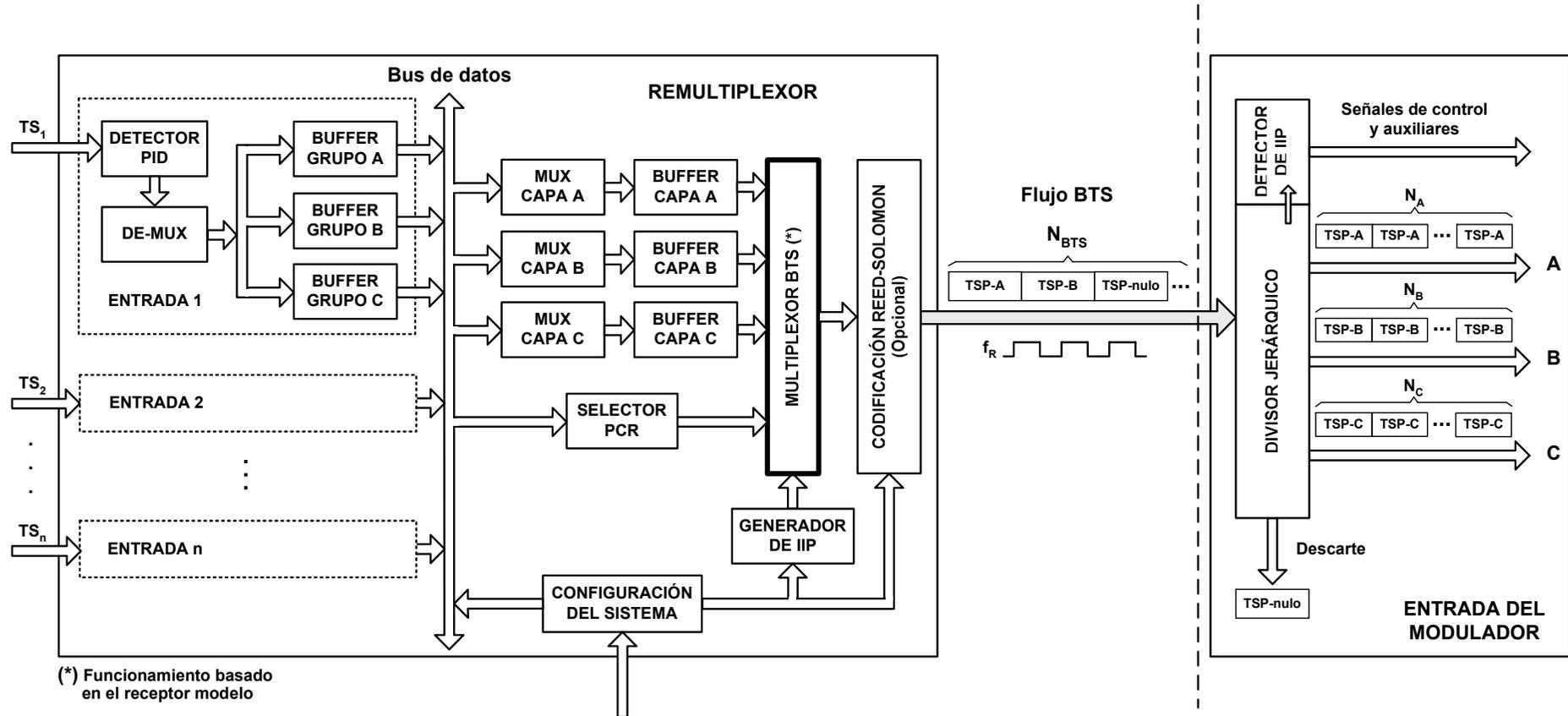
FLUJO DE TRANSPORTE TS MPEG-2



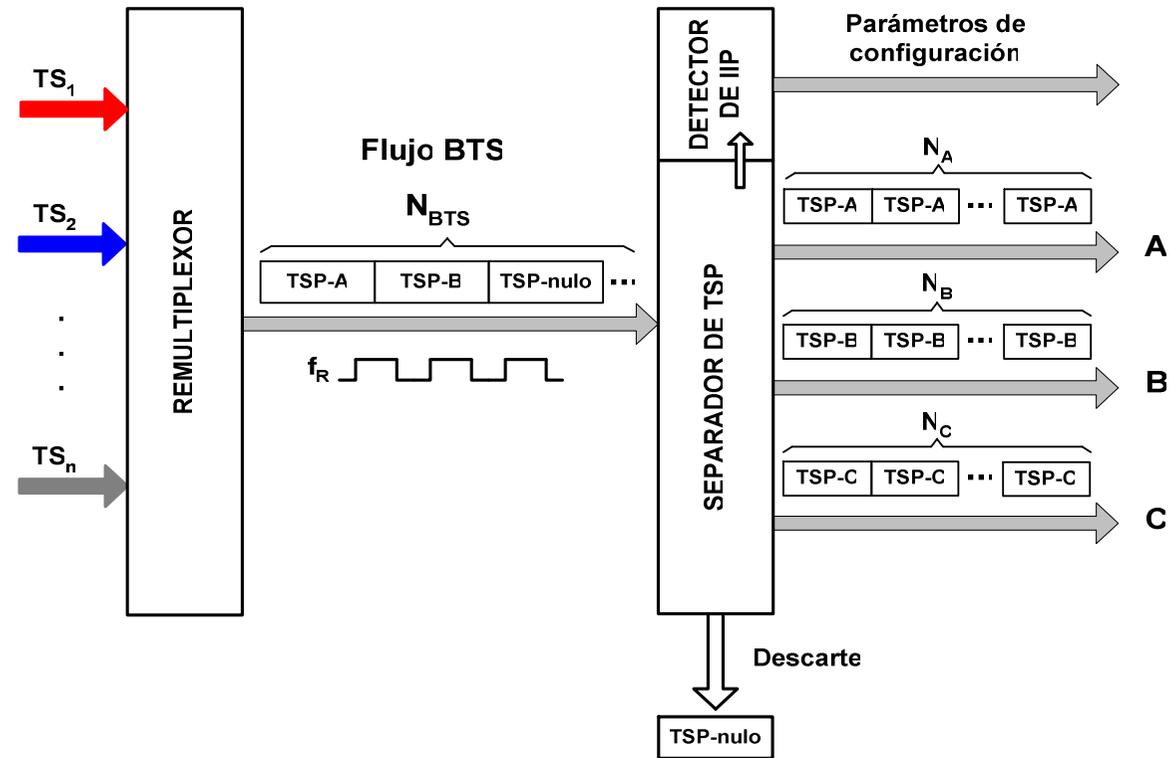
- 1) El video y el audio codificados son organizados en paquetes de datos PES de longitud variable.
- 2) El multiplexor genera paquetes TS cuya longitud es fija e igual a 188 bytes (opcionalmente, un segundo nivel de MPX permite multiplexar varios programas).
- 3) El TS se utiliza en entornos donde existe probabilidad de errores (paquetes cortos).
- 4) Tasas binarias típicas: SDTV entre 2 y 6 Mbps - HDTV entre 12 y 18 Mbps.

REMULTIPLEXOR

EL REMULTIPLEXOR EN DETALLE



REMÚLTIPLEXOR FUNCIONES PRINCIPALES

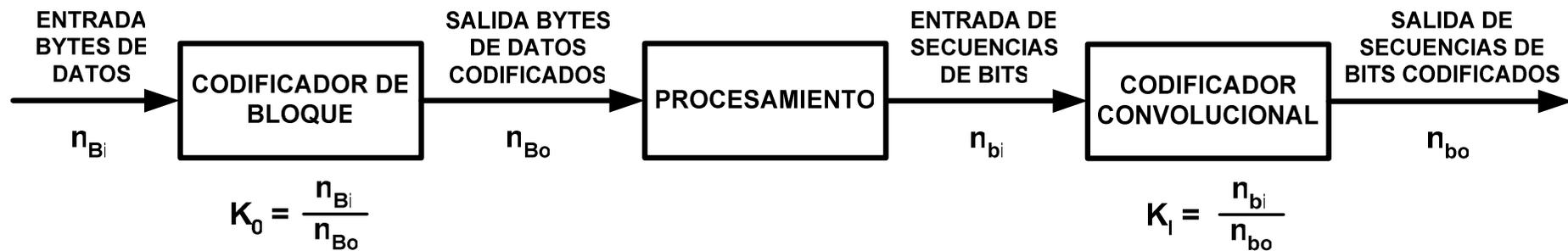


- Agrega 16 bytes a los paquetes TS, que luego se completan con información específica.
- Forma nuevos paquetes de 204 bytes de longitud (188 +16), llamados TSP.
- Entrega a su salida un flujo sincrónico llamado BTS, cuya tasa es igual a 32,5079 Mbps.
- Dispone los paquetes TSP para posibilitar la transmisión jerárquica y la recepción parcial.
- Inserta una determinada cantidad de TSP nulos, para mantener la tasa del BTS constante.

CONDICIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO JERÁRQUICO

- Cada segmento OFDM tiene asignada una cantidad de bits de datos que se corresponden exactamente con un número entero de paquetes TSP.
- Del mismo modo, las capas integradas por más de un segmento tienen asignadas un número entero de TSP.
- La frecuencia del reloj de sincronización f_R del flujo BTS se deriva de la señal de reloj utilizada como referencia en todo el sistema: la frecuencia de muestreo de la IFFT.
- La diferencia de retardos entre las capas jerárquicas en todos los casos se compensan en el lado del transmisor. El flujo BTS adecuadamente compensado responde a un patrón de ordenamiento que se completa dentro del período correspondiente a un cuadro múltiplex.
- El reloj de referencia de programa (PCR) y la información de la programación (Tabla PSI) del flujo MPEG deben ser transmitidos por la capa jerárquica más robusta, de modo que pueda asegurarse la decodificación.

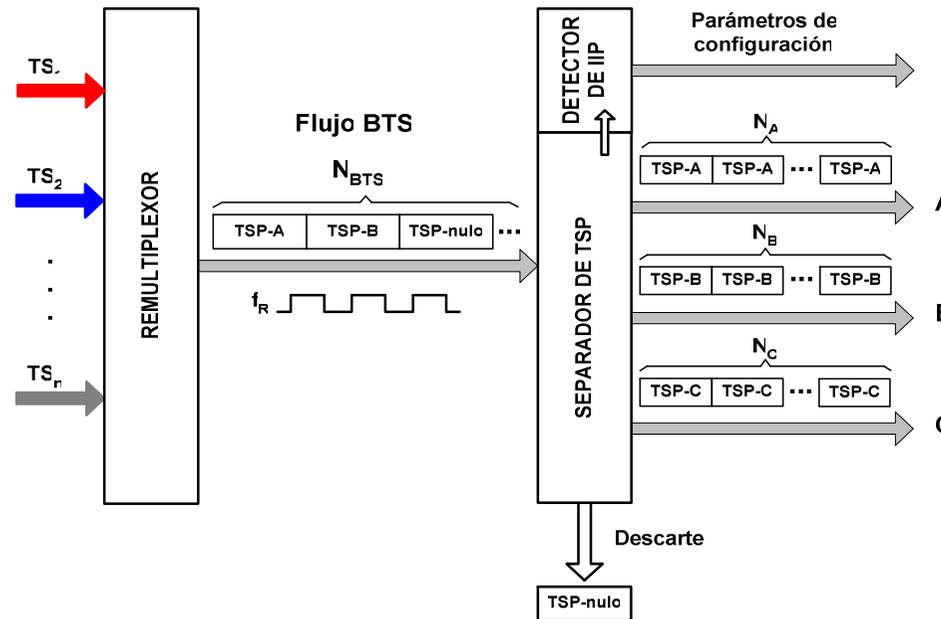
EXPRESIÓN GENERAL DE LA TASA DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS MULTIPORTADORA



En ISDB-T_b: $K_0 = 188/204$ y $K_1 = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ y $7/8$

$$R(\text{bps}) = K_0 \cdot K_1 \frac{L \cdot b_P}{T_S} \quad b_P = \begin{cases} 2 & \text{QPSK} \\ 4 & \text{16QAM} \\ 6 & \text{64QAM} \end{cases}$$

RELACIÓN ENTRE TASA Y CANTIDAD DE TSP PARA CADA CAPA



$$R \text{ (bps)} = K_O \cdot K_I \cdot \frac{b_P \cdot 13 \cdot L_D}{T_S}$$

Tasa de transmisión para 13 segmentos

$$b_S = \frac{T_F}{13} \cdot R = K_O \cdot K_I \cdot b_P \cdot L_D \cdot \frac{T_F}{T_S}$$

Bits de datos transmitidos en un período de tiempo T_F en un segmento.

$$F = \frac{T_F}{T_S}$$



Queda definido el Cuadro OFDM: Una sucesión de símbolos OFDM en un período de tiempo determinado.

$$b_T = N \times 188 \times 8$$

Bits entregados por N paquetes TSP a cada segmento OFDM

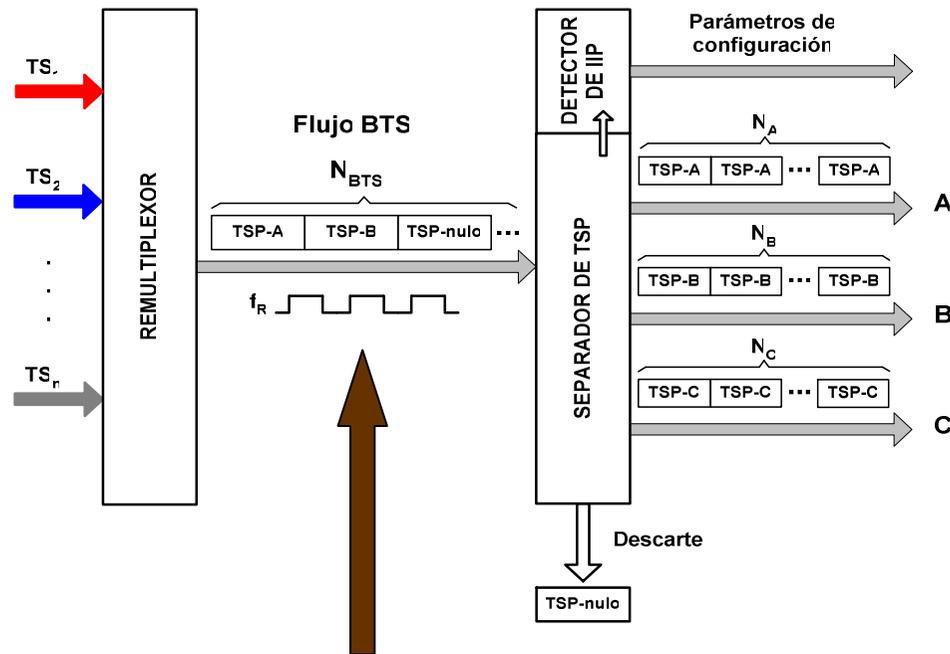
CANTIDAD DE TSP POR SEGMENTO Y POR CUADRO OFDM

Al igualar b_T y b_S se deberá cumplir:

$$N = \frac{F \cdot K_I \cdot b_P \cdot L_D}{204 \times 8}$$

$$N = \frac{K_I \cdot b_P \cdot L_D}{8}$$

- El factor 204 del denominador se puede eliminar si $F = 204$. Queda definido así el “Cuadro OFDM”, compuesto por 204 símbolos.
- El producto $K_I \cdot b_P \cdot L_D$ debe ser divisible por 8 para todas las combinaciones posibles de K_I y b_P . Solo el número 96 y sus múltiplos cumplen con esta condición (192, 288, 384, etc.), justificando que L_D sea igual a 96, 192 y 384 para cada modo.
- A igualdad de valores de b_P y K_I , N podría ser el mismo para los tres modos si el valor de F fuera 204, 102 y 51 (Modos 1, 2 y 3 respectivamente). Pero $F = 204$ es fijo para facilitar la sincronización del receptor a partir de la temporización de cuadro.



SINCRONIZACIÓN DEL BTS

$$b_C = T_F \cdot f_R$$

Bits transmitidos en un cuadro OFDM a un ritmo f_R

$$b_C = 204 \cdot (1 + \Delta) \cdot \frac{2^p}{f_{\text{IFFT}}} \cdot f_R$$

Poniendo a T_F en función de T_U y a este en función de f_{IFFT}

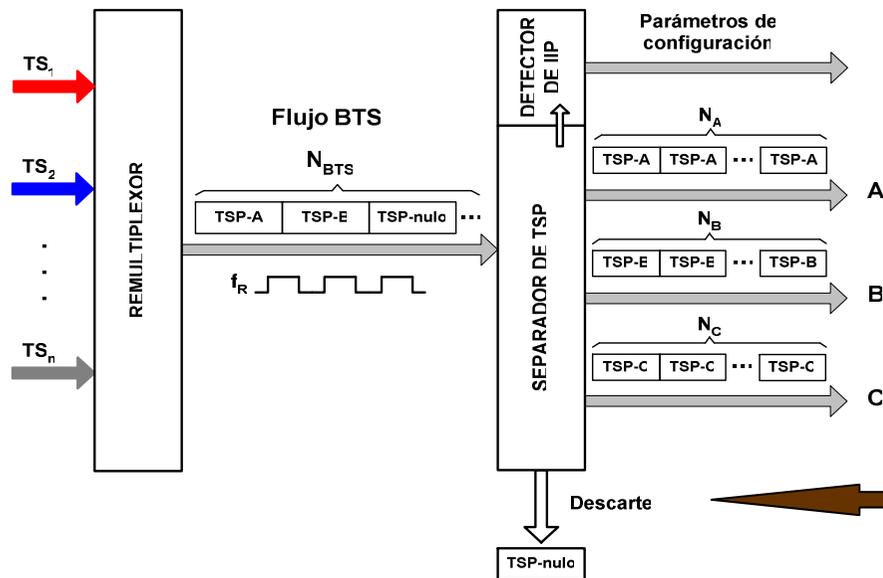
$$b_D = 204 \times 8 \times N_{\text{BTS}}$$

Carga binaria total transportada por un número entero N_{BTS} de paquetes para los 13 segmentos

Igualando b_C y b_D

$$\frac{f_R}{f_{\text{IFFT}}} = \frac{8 \times N_{\text{BTS}}}{2^p \cdot (1 + \Delta)}$$

SINCRONIZACIÓN DEL BTS



$$\frac{f_R}{f_{\text{IFFT}}} = \frac{8 \times N_{\text{BTS}}}{2^p \cdot (1 + \Delta)}$$

$$N_{\text{BTS}} > N_A + p \cdot N_B + q \cdot N_C$$

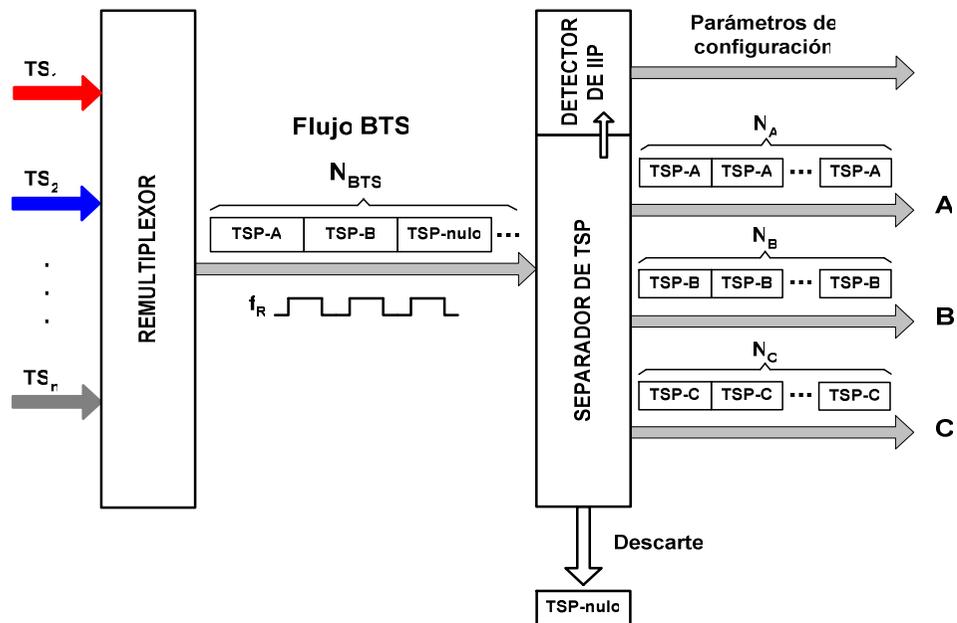
$$N_{\text{BTS}} > 13 \cdot N$$

$$\frac{f_R}{f_{\text{IFFT}}} > \frac{8 \times 13 \times N}{2^p \cdot (1 + \Delta)}$$

La condición más desfavorable para la desigualdad se verifica para los valores más grandes de N ($b_p=6$ y $K_1=7/8$) y el valor más pequeño de la relación de guarda ($\Delta = 1/32$), independientemente del modo elegido (p):

$$f_R \geq 3,10 f_{\text{IFFT}}$$

ISDB-T_b adopta: $f_R = 4 f_{\text{IFFT}} = 4 \times 8,126 = 32,5 \text{ MHz}$



CANTIDAD DE TSP EN EL BTS (POR CUADRO OFDM)

$$\frac{f_R}{f_{\text{IFFT}}} = \frac{8 \times N_{\text{BTS}}}{2^p \cdot (1 + \Delta)}$$

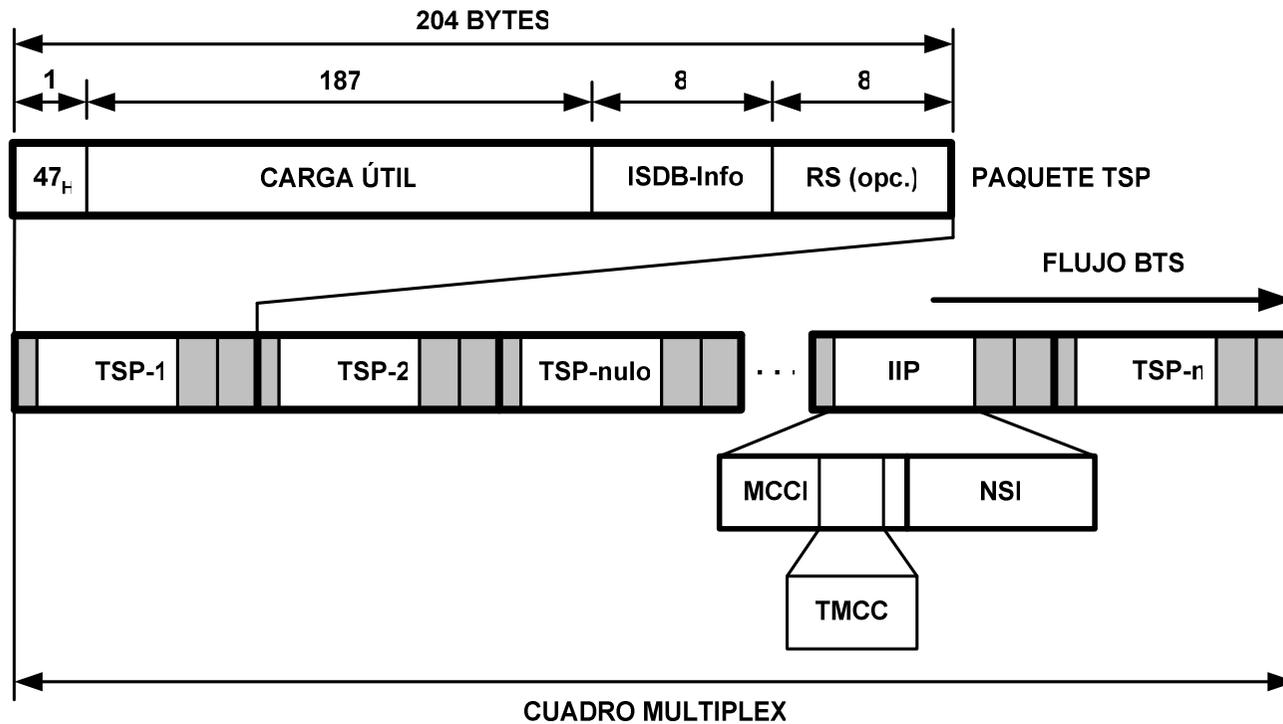
y como $f_R = 4 f_{\text{IFFT}}$

$$N_{\text{BTS}} = 2^{p-1} \cdot (1 + \Delta)$$

Modo	L _D	Relación Δ			
		1/4	1/8	1/16	1/32
1	96	1280	1152	1088	1056
2	192	2560	2304	2176	2112
3	384	5120	4608	4352	4224

$$\sum \text{TSP}_{\text{NULOS}} = N_{\text{BTS}} - (N_A + p \cdot N_B + q \cdot N_C)$$

ESTRUCTURA DEL BTS Y CUADRO MÚLTIPLEX



“ISDB-Info” incluye: indicador de la capa jerárquica y contador de TSP (entre otros).

Paquete IIP (ISDB Information Packet)

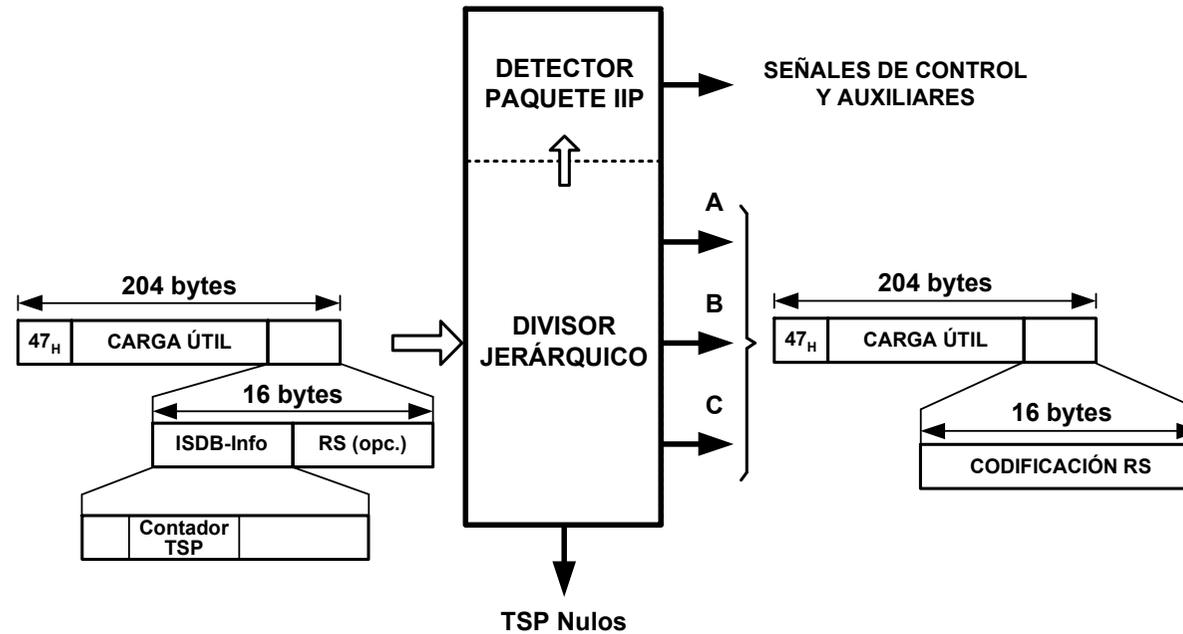
MCCI (Modulation Control Configuration Information):

- Cantidad de muestras de la IIFT (modo)
- Intervalo de guarda
- Esquema de modulación
- Relación de codificación interna (K_1)
- Cantidad de segmentos, entre otros

NSI (Network Synchronization Information), para SFN:

- Synchronization Time Stamp (STS)
- Tiempo de retardo máximo
- Información de control de equipamiento
- Identificación de equipamiento, entre otros

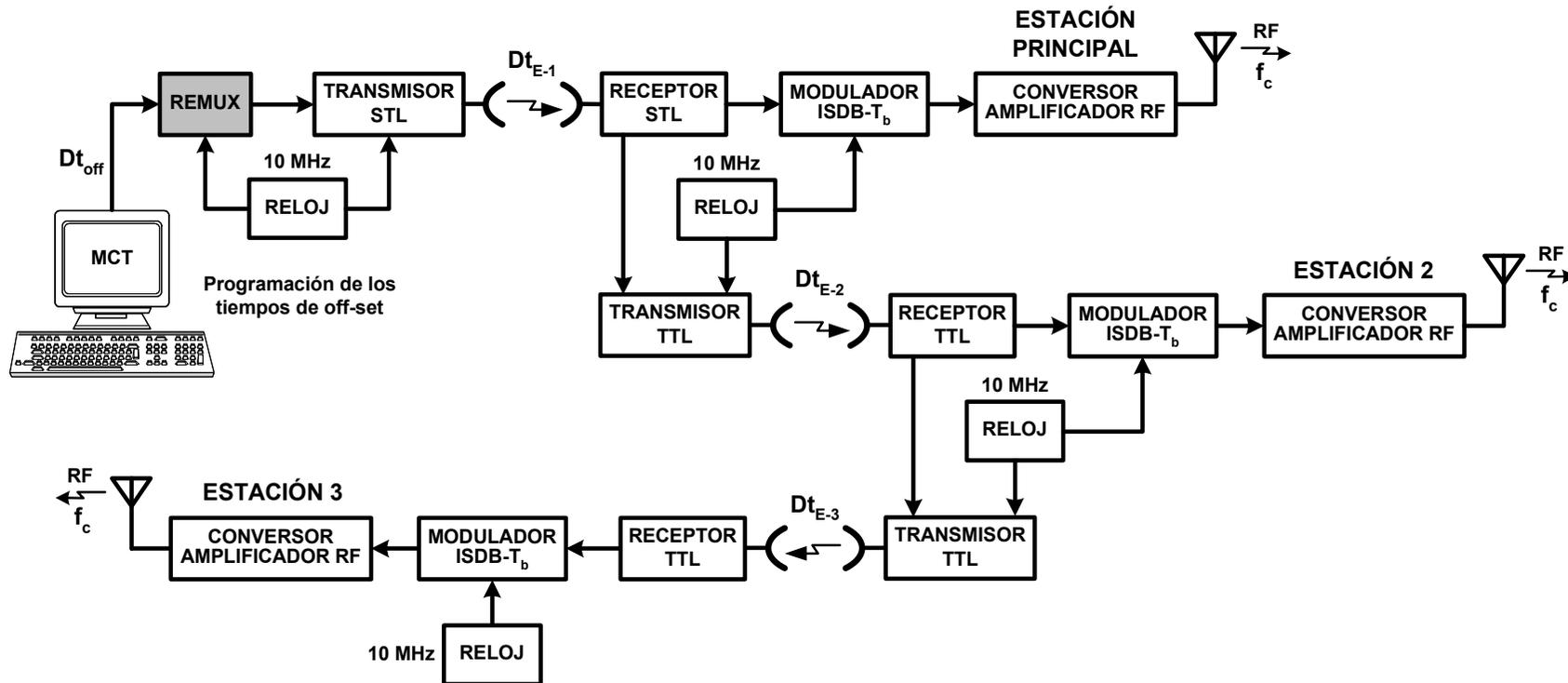
DIVISOR JERÁRQUICO



Utilizando la información del indicador de capa jerárquica del campo “ISDB-Info”, el divisor jerárquico procesa el flujo BTS y asigna cada TSP a la capa correspondiente, descartando los paquetes nulos.

APLICACIÓN EN REDES SFN

DISTRIBUCIÓN DEL BTS EN REDES SFN



- La distribución del BTS en una red SFN implica una utilización extremadamente ineficiente de la anchura de banda de los enlaces, dado que los datos de "jerarquía invalida" (paquetes nulos) no se discriminan y se transmiten como información útil.

BTS: CARGA DE PAQUETES NULOS

- Por ejemplo, se configura un transmisor ISDB-T con estos parámetros:
 - ✓ Modo 1
 - ✓ $\Delta = 1/4$
 - ✓ Capa A 13 segmentos
 - ✓ Modulación 16 QAM
 - ✓ K_1 3/4
 - ✓ Tasa de datos 10,95 Mbps
 - ✓ Duración del cuadro 64,26 ms

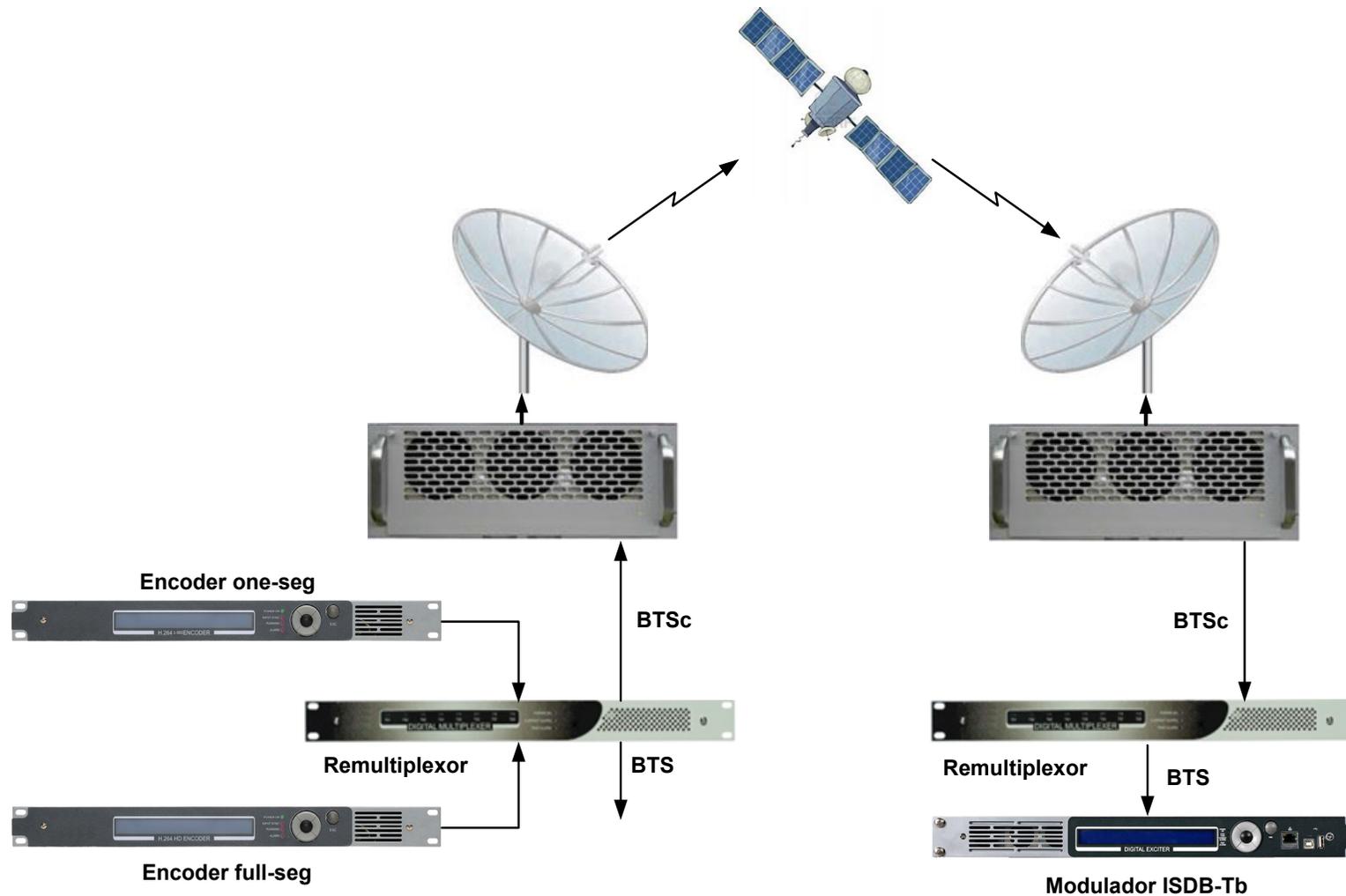
En estas condiciones:

- ✓ $N = 36$ TSP por segmento por cuadro
- ✓ $13 \times 36 = 468$ TSP por cuadro
- ✓ $N_{\text{BTS}} = 1280$ TSP por cuadro
- ✓ $\Sigma \text{TSP}_{\text{NULOS}} = 1280 - (468 + 1^*) = 811$ TSP nulos por cuadro, es decir el 64% !
- ✓ $812 \times 204 \times 8 = 1.323.552$ bits por cuadro
- ✓ 20,6 Mbps

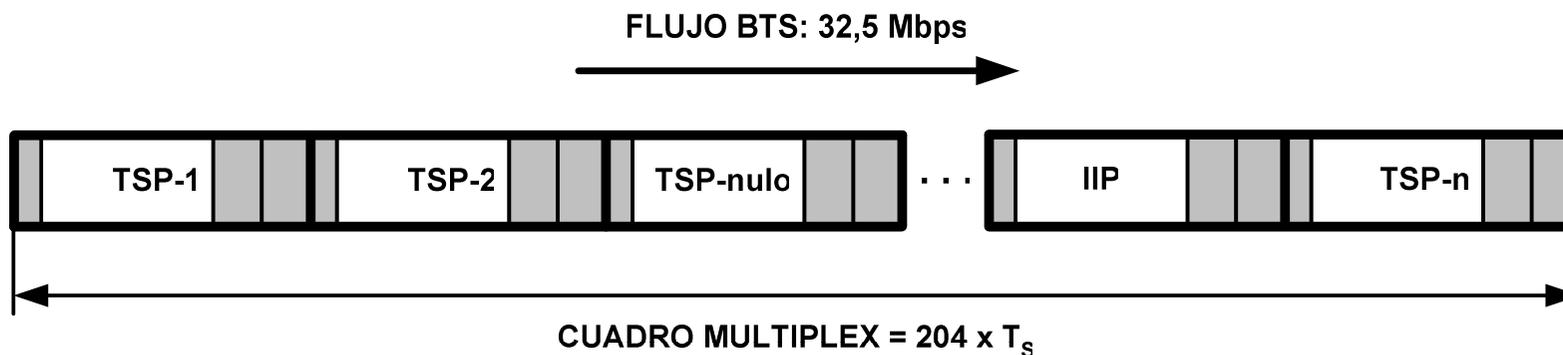
(*) Debe considerarse el paquete IIP, que transporta la información MCC1 + NSI

DISTRIBUCIÓN SATELITAL

La reducción de la anchura de banda utilizada es la única manera de viabilizar una red con distribución por satélite. Solución: el BTS comprimido (BTSc)



BTS: CÁLCULO DE VELOCIDADES NETAS



Tasa binaria neta de cada capa jerárquica:

$$R_i \text{ (Mbps)} = \frac{0,351}{(1 + \Delta)} (N_s \cdot K_i \cdot b_p)$$

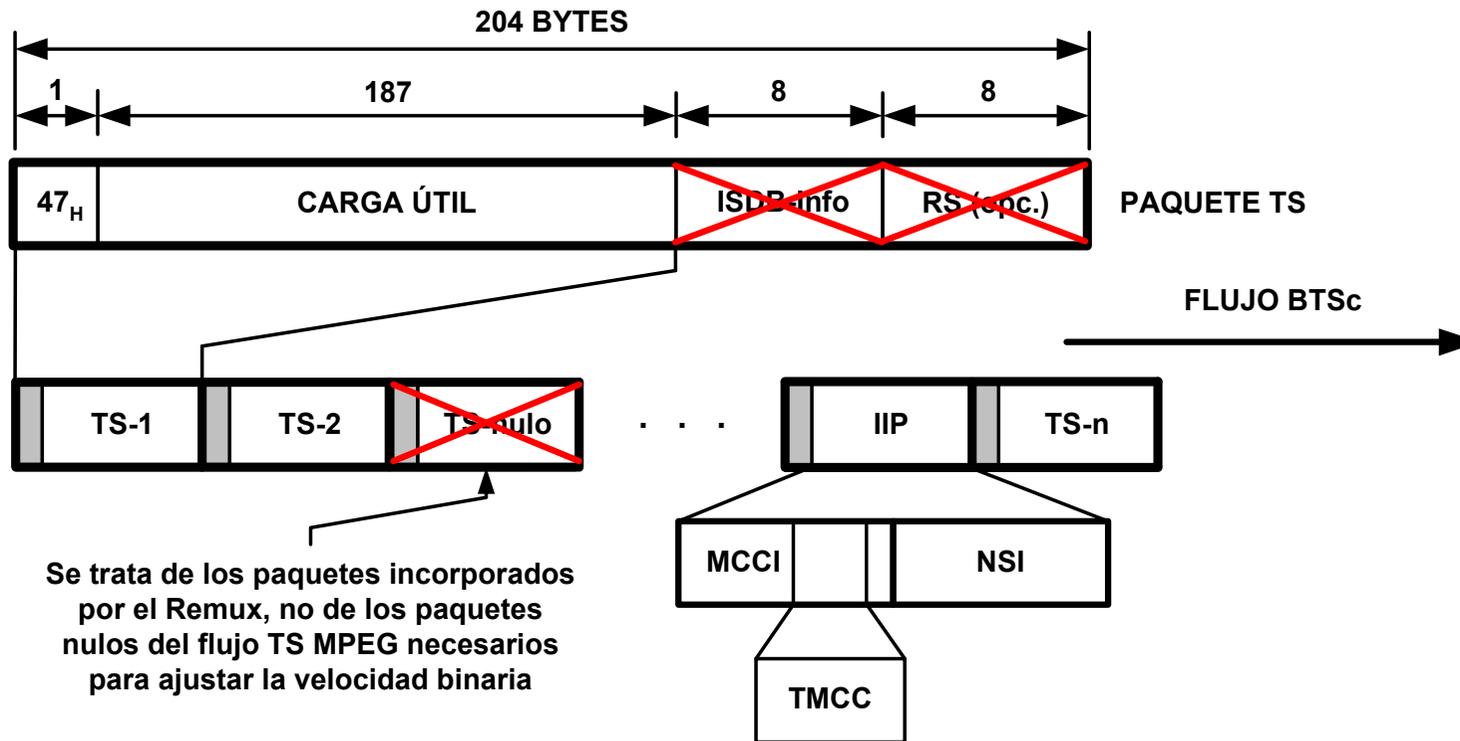
Tasa binaria neta de datos IIP:

$$R_{IIP} \text{ (Mbps)} = \frac{0,0292}{2^{(M-1)}(1 + \Delta)}$$

Tasa binaria neta total:

$$R = R_A + R_B + R_C + R_{IIP} \ll 32,5 \text{ Mbps}$$

EL BTS COMPRIMIDO (BTSc)



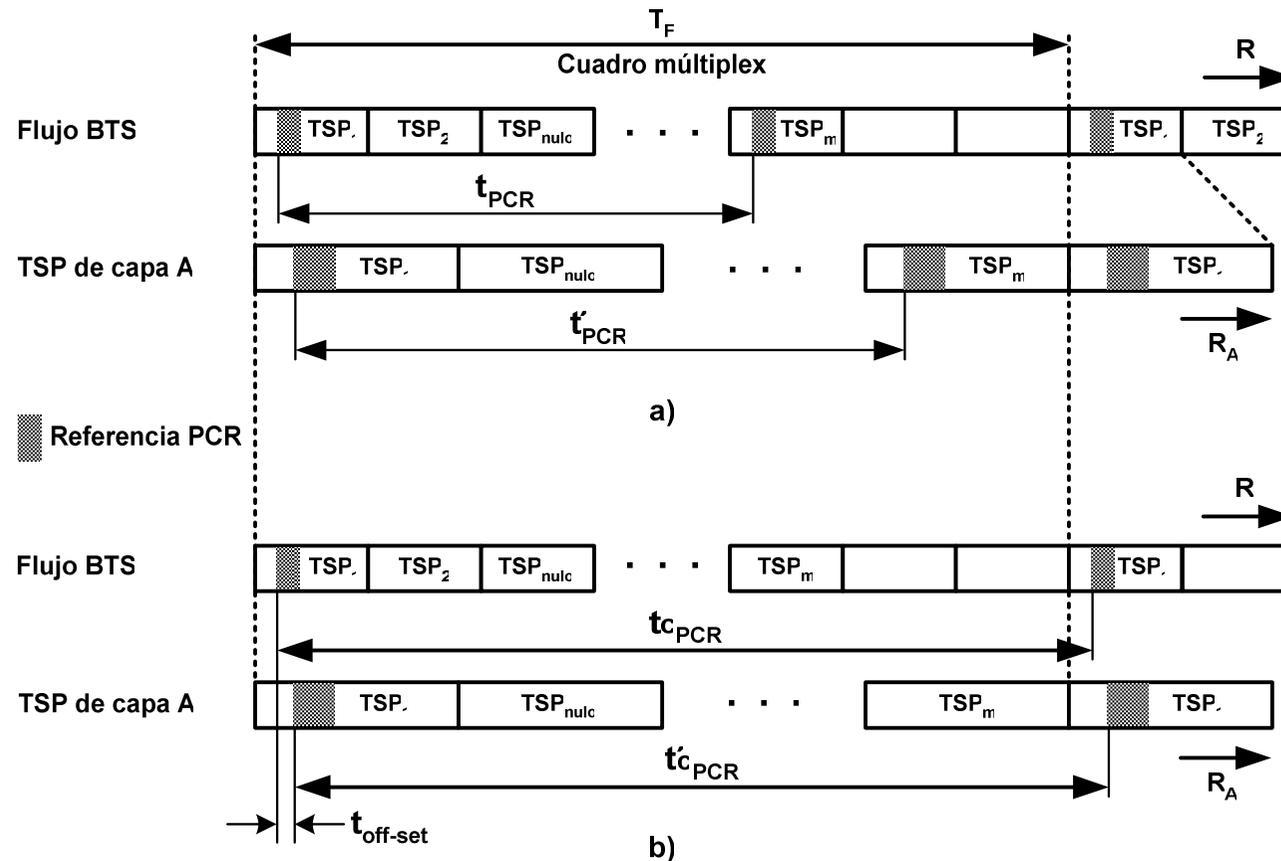
Inicialmente, el flujo BTSc se obtiene eliminando:

- ✓ Los campos ISDB-Info y RS opcional de cada paquetes TSP (se retorna al TS)
- ✓ Los paquetes nulos que correspondería que sean incorporados por el Remux (no los que son propios del flujo TS MPEG)

BTSc: EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN

- Los cambios en la distancia relativa entre paquetes TS provocan errores en el PCR.
- Además aparecen otras perturbaciones adicionales cuando:
 - ✓ Se ajustan las velocidades binarias de los flujos de programa a través de la inserción o descarte de paquetes nulos (no TSP nulos)
 - ✓ Se incorporan paquetes adicionales con referencias PCR para compensar los errores de PCR (técnica alternativa al uso del OPCR).
 - ✓ Se multiplexan dos o más flujos BTSc o bien, se lo combina con otros flujos de datos.

EJEMPLO DEL PROCESAMIENTO DE PCR PARA RECEPCIÓN PARCIAL



En one-seg el receptor sintoniza solo el segmento central y extrae los TSP asignados a esa capa. Durante el procesamiento, se debe reconstruir la secuencia de TSP, cuya tasa de datos R_A no supera 1,79 Mbps, a partir de un BTS de 32,5 Mbps, siendo necesario modificar el esquema de referencias PCR para que sean compatibles con la tasa de la capa de recepción parcial.

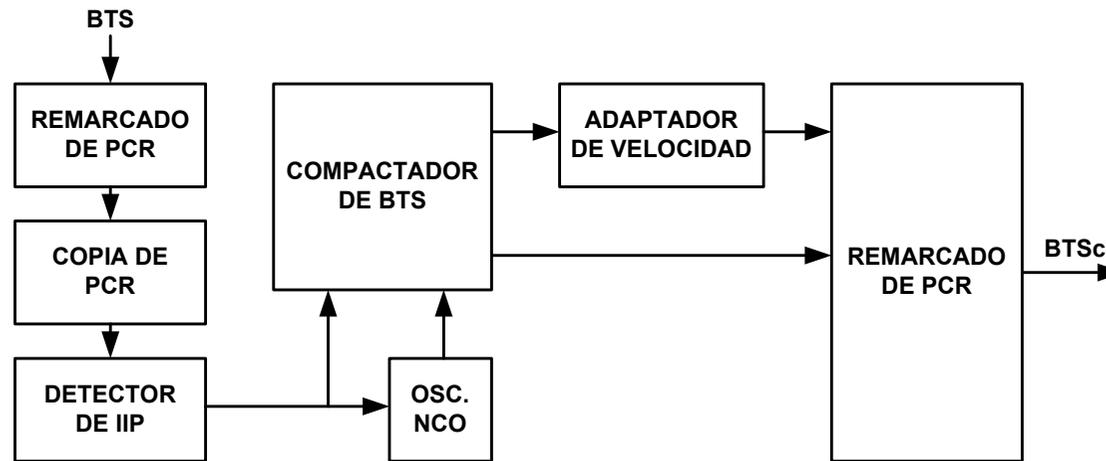
BTSc: RECONSTRUCCIÓN DEL BTS

Para asegurar la correcta reconstrucción del BTS durante la descompactación es necesario:

- 1) Recuperar el PCR original. Dos técnicas:
 - ✓ Utilizar el campo opcional "OPCR" previsto en el campo de adaptación del paquete TS MPEG. El problema es que por lo general no está presente en los flujos.
 - ✓ Utilizar paquetes adicionales para transmitir copias de los valores originales de PCR.

- 2) Reasignación de PID a los paquetes nulos propios del flujo MPEG de la capas válidas:
 - ✓ Por ejemplo $1FFE_H$ en lugar de $1FFF_H$, creando paquetes "fantasma". Esta operación permitirá distinguirlos de los TSP nulos insertados por el Remux y por lo tanto, no serán eliminados.

GENERACIÓN DEL BTSc 1)

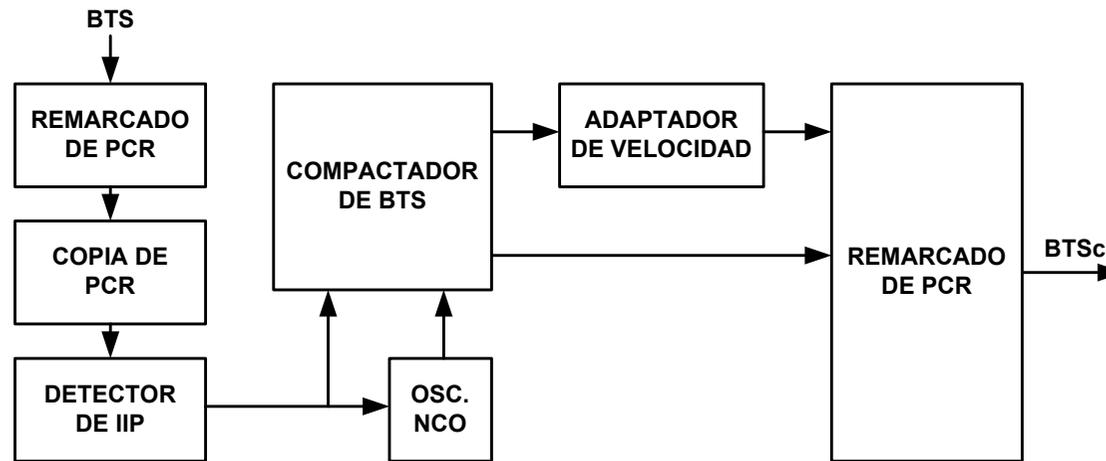


Remarcado de PCR: función de interpolación de PCR, realizando la estimación de su valor para la posición temporal que asumirá el paquete a la salida del proceso. Además extrae los valores originales de PCR del BTS de PCR y los envía al bloque copia de PCR.

Copia de PCR: coloca los valores de PCR originales en paquetes adicionales identificados con un PID no utilizado por las capas jerárquicas.

La cantidad de paquetes adicionales para realizar copias de PCR es configurable. En general, unos 80 paquetes por segundo son más que suficientes y no generan una carga binaria significativa.

GENERACIÓN DEL BTSc 2)



Bloque IIP: interpreta el BTS y extrae los parámetros de modulación. Estos se utilizan para controlar el NCO y generar las tasas exactas de originales de PCR del BTS de PCR y los envía al bloque copia de PCR.

Bloque compactador de BTS: almacena en un buffer únicamente los 188 bytes de datos de cada paquete válido, junto con las copias de los PCR y el IIP. El BTS comprimido se genera a partir de esta memoria.

Bloque adaptador de velocidad: permite insertar paquetes nulos para ajustar la tasa de salida del BTSc, de acuerdo a las necesidades. Es un recurso útil para la operación sincrónica con moduladores DVB-S2 que no disponen de este recurso de ajuste.

RESULTADOS

Relación de guarda	N_{SA}	b_P	K_I	Tasa útil +IIP (Mbps)*	N_{PCR}	Tasa BTSc (Mbps)*
1/8	A = 1	2	2/3	10,41	22	10,55
	B = 12	4	2/3			
1/16	A = 1	2	2/3	12,34	22	12,49
	B = 12	4	3/4			
1/8	A = 1	2	2/3	17,27	22	17,42
	B = 12	6	3/4			
1/16	A = 1	2	2/3	18,29	22	18,44
	B = 12	6	3/4			

(*) VALORES CALCULADOS PARA EL MODO 3

$$R = R_A + R_B + R_C + (1 + N_{PCR})R_{IIP}$$

Muchas gracias por su atención !

¿Preguntas?

Bibliografía:

- *Transmisión de Televisión Digital Terrestre en la Norma ISDB-T_b*
Pisciotta, Liendo y Lauro. Cengage Learning, Edición 2013.
- *Transmissão de BTS com taxa reduzida em diferentes tecnologias, mantendo compatibilidade com operação SFN no sistema ISDB-T*
Pereira, Soares, Ferreira e Gaspar. INATEL, Brasil.