

**ISDB-T seminario técnico(2007)  
en Argentina**

## Sección 3

# Sistema de transmisión

Junio 2007

Digital Broadcasting Expert Group (DiBEG)

Japan

Yasuo TAKAHASHI

(Toshiba)

En esta sección se presentan los principios de codificación y modulación en OFDM.

# Prefacio

**El sistema de transmisión ISDB-T tiene mejores características a diferencia de otros estándares de DTTB , como el ATSC y el DVB-T.**

**Por ejemplo, (1)Servicio de One Segment dentro del mismo ancho de banda, (2)Alta eficiencia en la recepción portátil/móvil, (3)Robustez en contra del efecto multi-path y el ruido de impulso, Estas características son exclusivas del sistema de transmisión ISDB-T.**

**Por lo anterior, es muy importante estudiar la estructura del sistema de transmisión ISDB-T, comenzando por los principios de las características del ISDB-T.**

**Este documento esta preparado de acuerdo a la normas de ARIB STD-B31.**

# Contenido

1. Generalidades del sistema de transmisión ISDB-T.
  - 1.1 Bases técnicas y características del sistema ISDB-T
  - 1.2 Diagrama a bloques del sistema de transmisión.
  - 1.3 Parámetros de transmisión
2. Principios de la construcción de segmentos y transmisión jerárquica.
3. Codificación de transmisión
  - 3.1 Codificación de canal
  - 3.2 Mapeo e Interleaving
4. Modulación OFDM
  - 4.1 Modulación OFDM e inserción del intervalo de guarda.
  - 4.2 Modulación en cuadratura.
5. Generalidades del ISDB-T<sub>SB</sub>
  - 5.1 Generalidades del sistema de transmisión ISDB-T<sub>SB</sub>
  - 5.2 Sistema de transmisión consecutivo.
  - 5.3 Ejemplos de transmisión consecutiva.

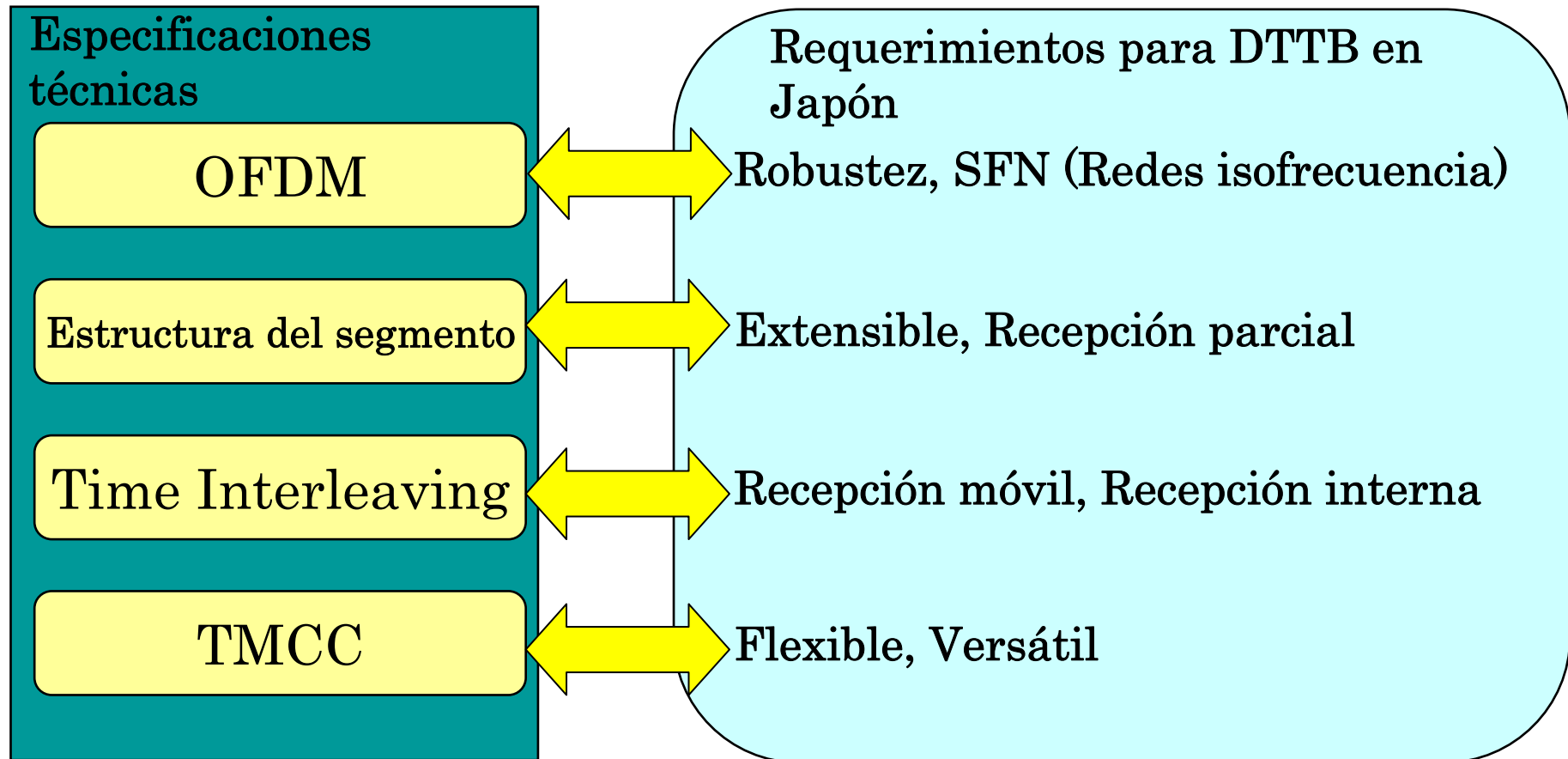
# 1. Generalidades del sistema de transmisión ISDB-T

1.1 Bases técnicas y características del sistema ISDB-T

1.2 Diagrama a bloques del sistema de transmisión

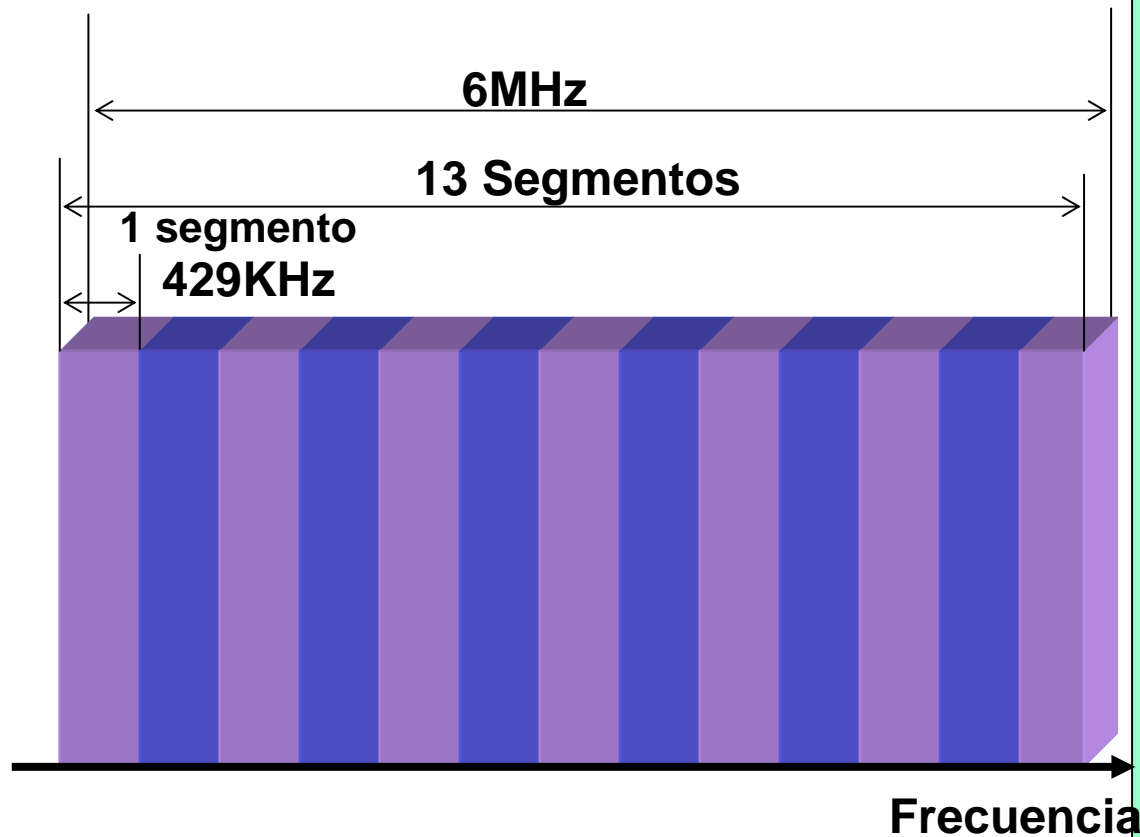
1.3 Parámetros de transmisión.

# Características del sistema de transmisión ISDB-T



# Sistema ISDB-T

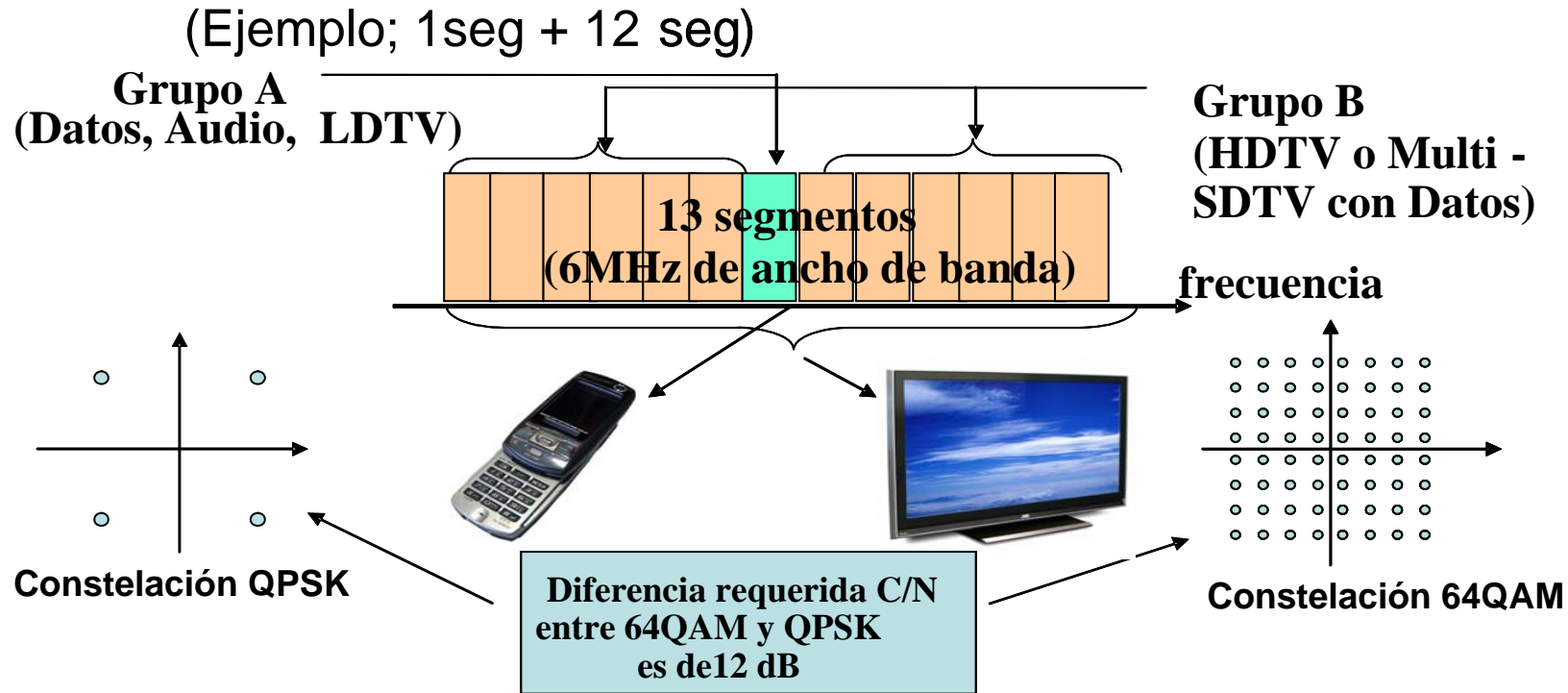
**Banda segmentada OFDM : División de frecuencia ortogonal multiplexada**



## Características

- Modulación: DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
- 1HDTV o N SDTV/canales
- Velocidad de transferencia: 23.42Mbps (6MHz)
- Redes isofrecuencia
- Recepción móvil (time interleaving)

# Estructura segmentada y recepcion parcial



- \*Los 13 segmentos están divididos en grupos, el máximo numero de grupos es 3.
- \*Cualquier numero de segmentos en cada grupo puede ser selecionado (En total 13 segmentos)
- \***Se pueden asignar diferentes parámetros de transmisión para cada grupo.**  
(En el ejemplo de arriba, la modulación en cada grupo es diferente)

# Características del sistema de transmisión ISDB-T

## 1. Eficiencia en la utilización de la frecuencia

- (1) Adopción del OFDM en el sistema de transmisión; SFN operación isofrecuencia.
- (2) Adopción de transmisión jerárquica; servicios para diferente tipo de recepción en un solo canal dentro del mismo ancho de banda.

## 2. Servicio Móvil/handheld en transmisión estándar.

- (1) Time interleave; Calidad de la recepción móvil mejorada.
- (2) Recepción parcial; servicios handheld en el mismo canal.

## 3. Robustez en contra de la interferencia.

- (1) Adopción de la corrección de error concatenado con interleave plural
- (2) Time interleave; muy efectivo contra el ruido de impulso (ruido urbano)

## 4. Flexibilidad para diferentes tipos de servicio / tipos de recepción

## 5. Compatibilidad de TV/Audio en transmisión estándar.

## 6. Un canal auxiliar (AC) puede ser usado para el manejo de la red de transmisión.



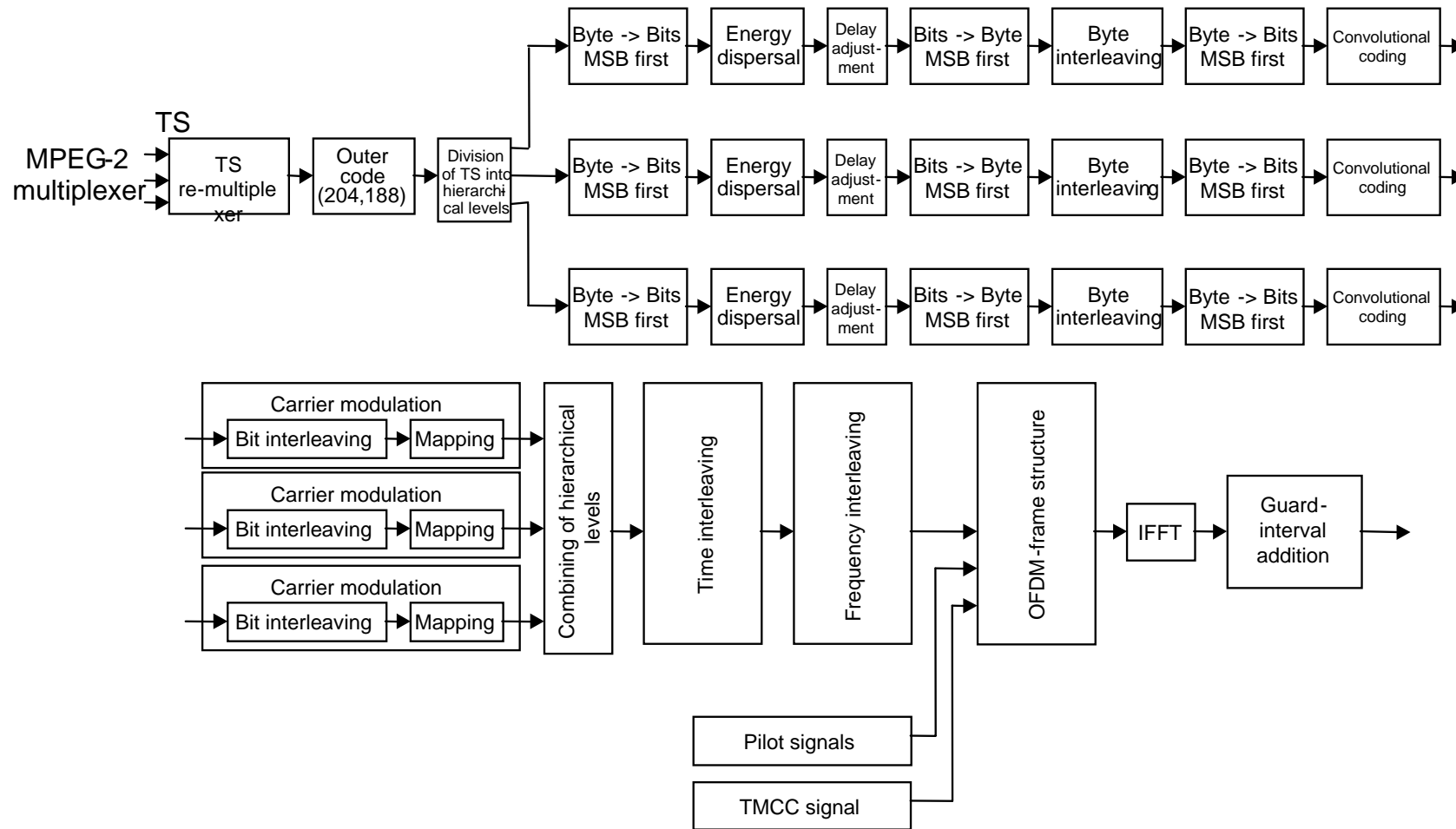


Diagrama a bloques del sistema de transmisión ( B31 Fig.3-2)

## Parámetros del ISDB-T (Ancho de banda de 6MHz)

Modo ISDB-T	Modo 1 (2k)	Modo 2 (4k)	Modo 3 (8k)
Numero de seg. en OFDM	13		
Ancho de banda útil	5.575MHz	5.573MHz	5.572MHz
Espacio entre portadoras	3.968kHz	1.984kHz	0.992kHz
Total de portadoras	1405	2809	4992
Modulación	QPSK , 16QAM , 64QAM , DQPSK		
Numero de símbolos / cuadro	204		
Longitud del símbolo activo	252 $\mu$ s	504 $\mu$ s	1.008ms
Longitud del intervalo de guarda	1/4 , 1/8 , 1/16 , 1/32 de la duración del símbolo activo		
Código interior	Código de convolucion (1/2 , 2/3 , 3/4 , 5/6 , 7/8)		
Código de salida	RS (204,188)		
Time interleave	0 ~ 0.5s		
Velocidad de transferencia útil	3.651Mbps ~ 23.234Mbps		

# Ecuación para calcular la velocidad de transferencia

## Paso 1: calcular la velocidad de transferencia en (1) segmento

El ISDB-T esta compuesto por 13 segmentos, por lo tanto, es necesario calcular la velocidad de transferencia para un segmento y después multiplicarlo por los segmentos de cada grupo y así poder calcular la velocidad de transferencia del grupo

- (1) Velocidad de codificación en reed-Solomon; (188/204), valor fijo
- (2) r: Velocidad de transferencia en codificación convolucional( depende de la velocidad de codificación )
- (3) M: índice de modulación (bit/ símbolo); QPSK=2, 16QAM=4 , 64QAM=6
- (4)  $T_s/(T_s+T_g)$ ; relación de la longitud total del símbolo y longitud efectiva del símbolo
- (5) (datos efectivos, portadora)/(total de portadoras) =96/108 – valor fijo para modos mode 1, 2, 3  
(nota) portadoras totales; incluye la portadora piloto, TMCC, y símbolo del piloto disperso
- (6)  $N_f$  : Numero de portadoras en un segmento; modo 1=108, modo 2=216, modo 3=432
- (7)  $f_d$ : espacio en portadora = velocidad del símbolo efectivo  
modo 1= $(6/14)/108 \cdot 10^3$  kHz=3.9682540kHz, modo 2= (1/2) del modo 1  
modo 3=(1/4) of modo 1  
  
(nota)  $(6/14) \cdot 10^3$  kHz = ancho de banda de (1) segmento

## Ejemplo

Modo 3, relación del intervalo de guarda=1/16, modulación=QPSK, velocidad de codificación (r)=2/3

$$\text{Velocidad de 1 segmento} = \underbrace{0.9920635}_{fd} * \underbrace{432}_{Nf} * \underbrace{(16/17)}_{Ts/(Ts+Tg)} * \underbrace{2}_{M} * \underbrace{(2/3)}_r * \underbrace{(188/204)}_{RS \text{ vel. de codificación}} = 440.56 \text{ kbps}$$

Paso 2 : Multiplicación del numero de segmentos (Nseg)

**Ejemplo 1** : 1 Grupo para recepción fija, modo 3, velocidad de intervalo de guarda=1/16,

Modulación =64QAM, velocidad de codificación (r)=3/4 No. de segmentos

$$\text{Velocidad de 1 seg} = 0.9920635 * 432 * (16/17) * \underline{6} * (3/4) * (188/204) * \underline{13} = 19.329 \text{ Mbps}$$

**Ejemplo 2** : 2 Grupos ,1 segmento para recepción portátil y 12 segmentos para fija.

Grupo A: Nseg=1, modo 3, Tg/Ts=1/16, M=2(QPSK), r=2/3

$$\text{Velocidad del grupo A} = 0.9920635 * 432 * (16/17) * \underline{2} * (2/3) * (188/204) * \underline{1} = 440.56 \text{ kbps}$$

Grupo B: Nseg=12, mode 3, Tg/Ts=1/16, M=6(64QAM), r=3/4

$$\text{Velocidad del grupo B} = 0.9920635 * 432 * (16/17) * \underline{6} * (3/4) * (188/204) * \underline{12} = 17.842 \text{ Mbps}$$

## 2. Construcción del segmento y transmisión jerárquica

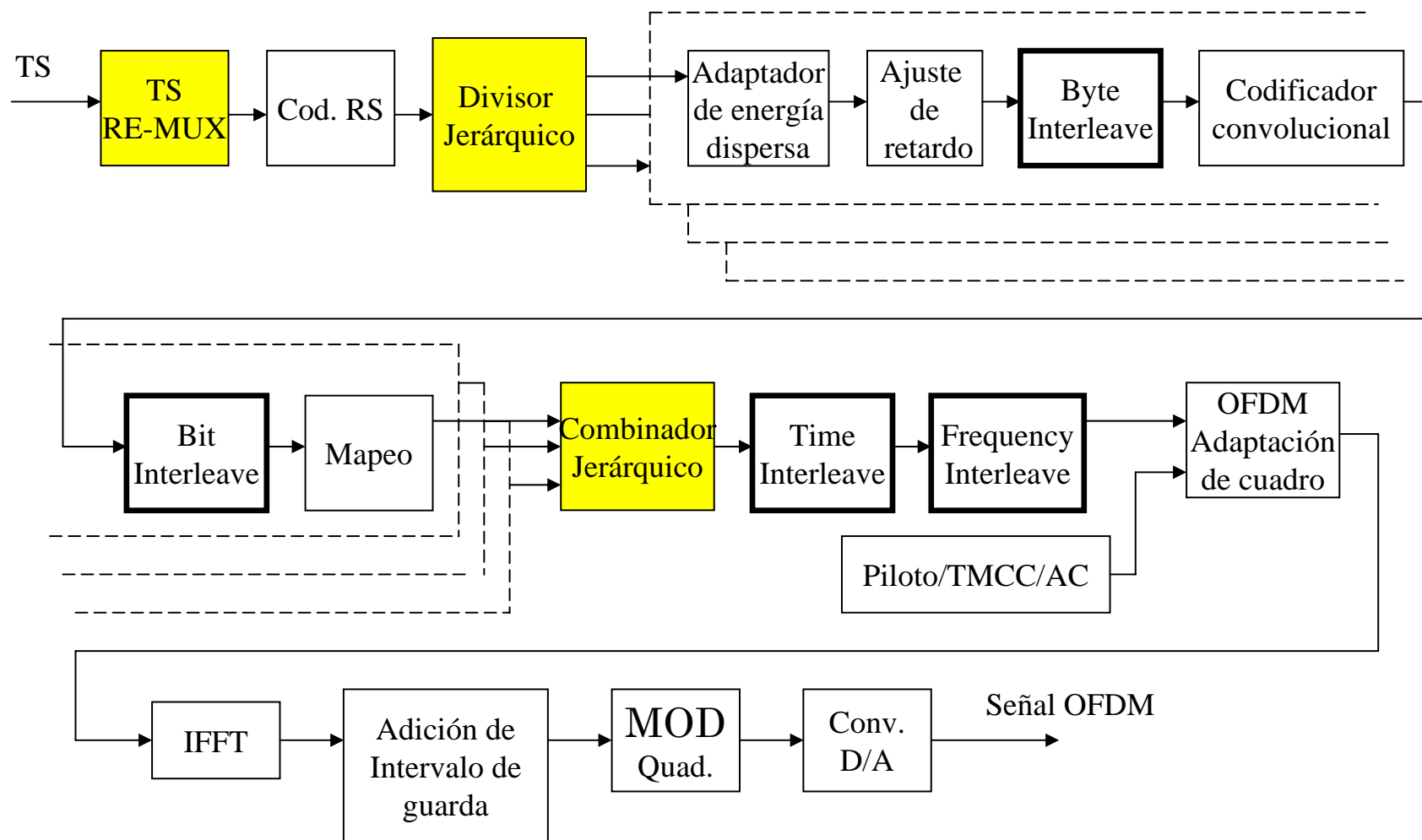
2.1 Conceptos y características de la transmisión jerárquica.

2.2 Reglas de la transmisión jerárquica

2.3 Construcción del segmento y transmisión jerárquica

Relacionado con el estándar de ARIB; B31 cláusula 3.2

## Diagrama a bloques para la codificación en la transmisión en ISDB-T



Estas funciones se describen en esta sección

## 2.1 Conceptos y características en el sistema de transmisión jerárquica

La transmisión jerárquica es una característica del sistema ISDB-T, esta característica no la tiene el sistema DVB-T. La figura No. (2-1) nos muestra el concepto de la transmisión jerárquica

Los parámetros de transmisión se pueden asignar a cada ID del servicio. A este tipo de sistema de transmisión se le conoce “**Transmisión jerárquica**”.

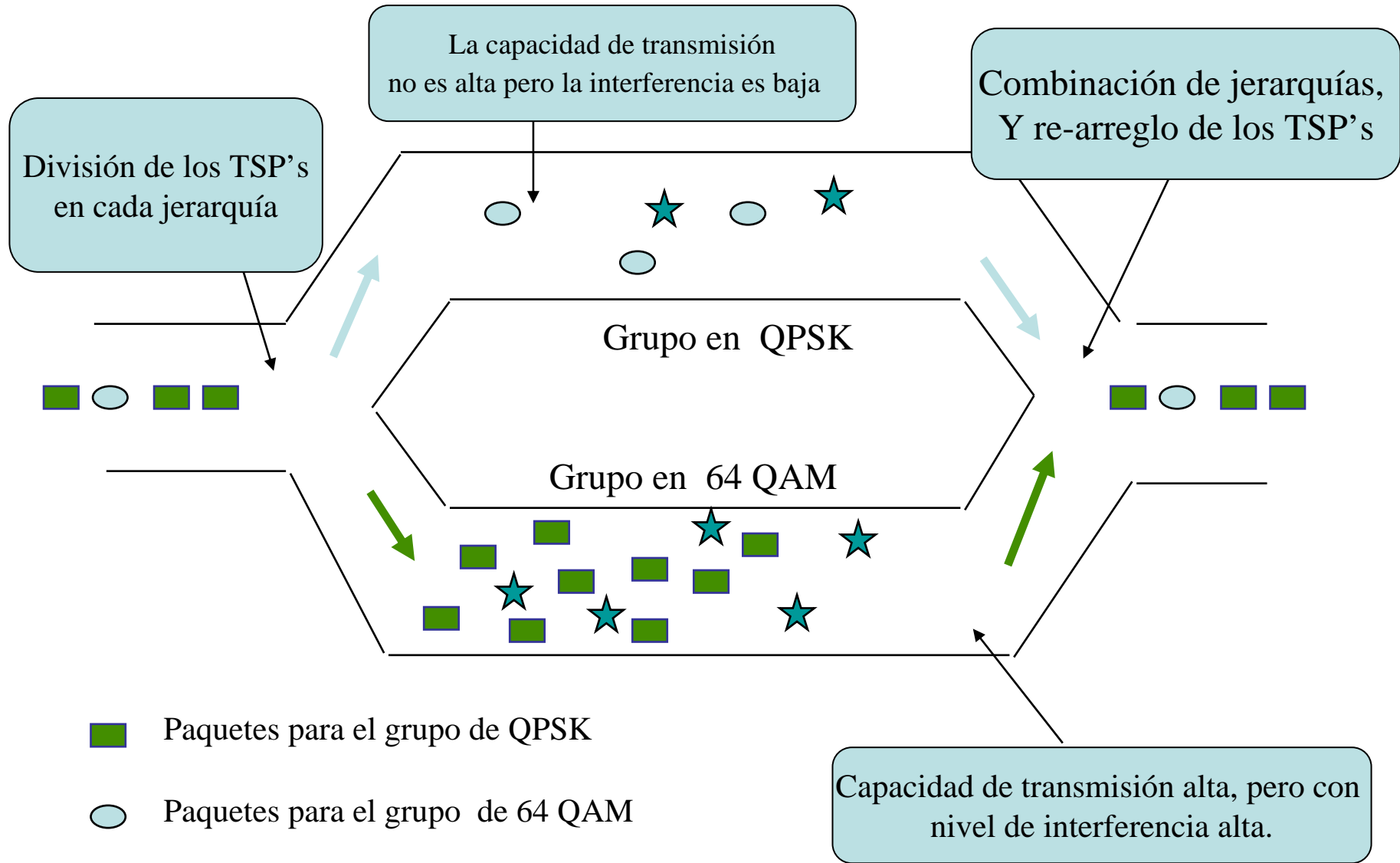
Por ejemplo, a el servicio que debe de ser mas fuerte en contra de interferencias tales como ruido urbano se le asigna al grupo modulación en QPSK, a otros servicios se le asigna al grupo modulación en 64QAM.

Para el caso del servicio, en el grupo con modulación QPSK se aplica para recepciones bajo condiciones criticas como la recepción portátil

Para el caso del sistema DVB-T, para servicios de recepción portátil, se tiene que preparar otra frecuencia adicional, pero en el sistema ISDB-T, diferentes tipos de recepción pueden usarse utilizando este sistema de transmisión.

Los TSP's son divididos en grupos plurales y son re-multiplexados y re-arreglados en cada grupo. Después de este arreglo, estos TSP's son combinados en un flujo de datos TS para ser alimentados a el modulador OFDM, ver figura (2-2)

# Fig.2-1 Transmisión jerárquica



- Paquetes para el grupo de QPSK
- Paquetes para el grupo de 64 QAM
- Interferencias tales como ruido.



Fig. 2-2 Diagrama a bloques de TS re-multiplexación

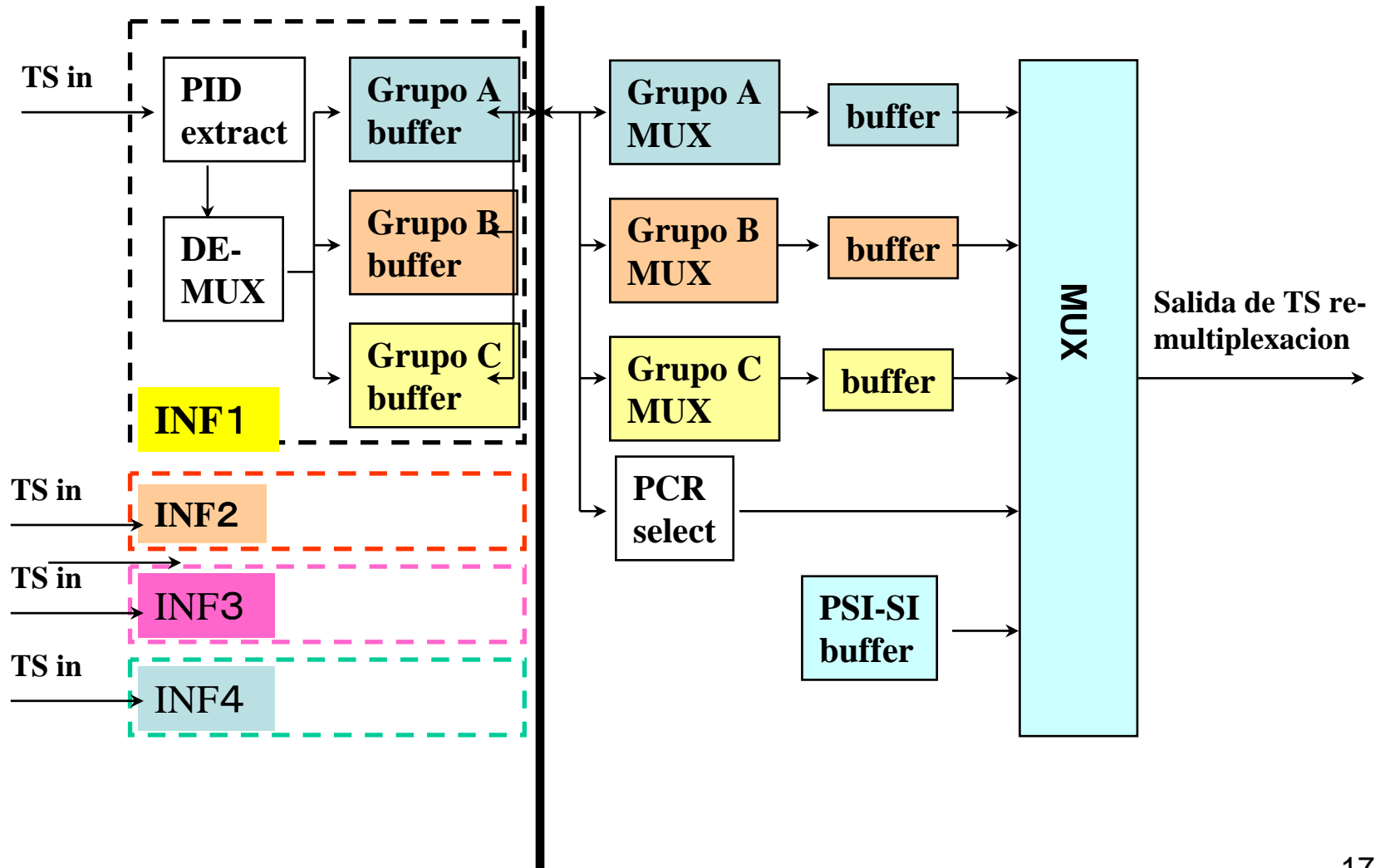
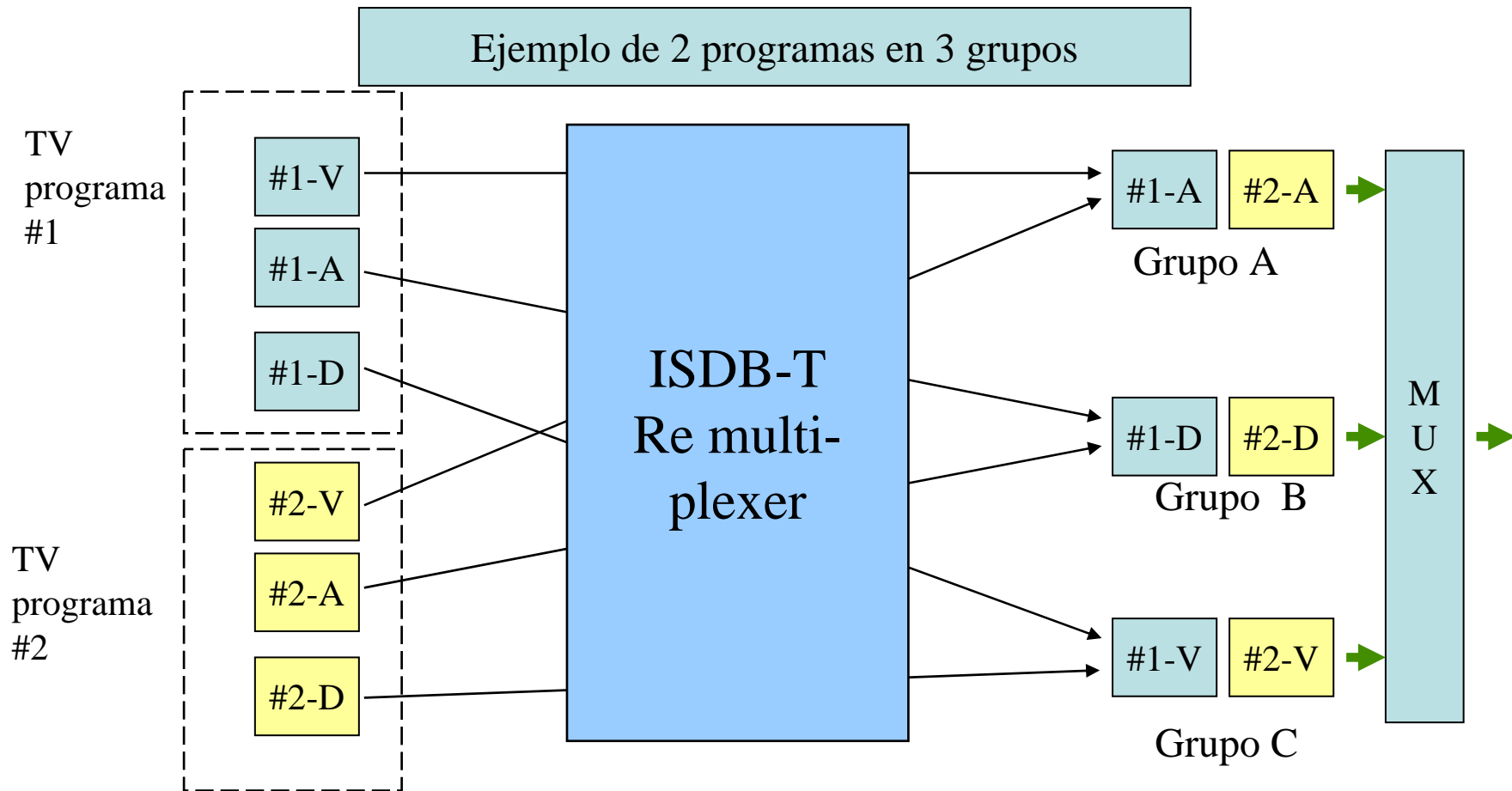


Fig. 2-3 Transmisión de grupos múltiples



## 2.2 Reglas de la transmisión jerárquica

(a) El grupo jerárquico mas fuerte debe de ser capaz de ser demodulado y decodificado independientemente.

Razón; para poder hacer la demodulación y descodificación, el PCR y el mínimo PSI deben de ser transmitidos en el grupo mas fuerte. (see Fig.2-4)

(b) La diferencia del retardo entre jerarquías deben de ser compensados del lado de la transmisión. A la compensación del flujo de datos TS se le llama “Multi-frame pattern” la figura 2-5 nos muestra el patrón Multi-frame

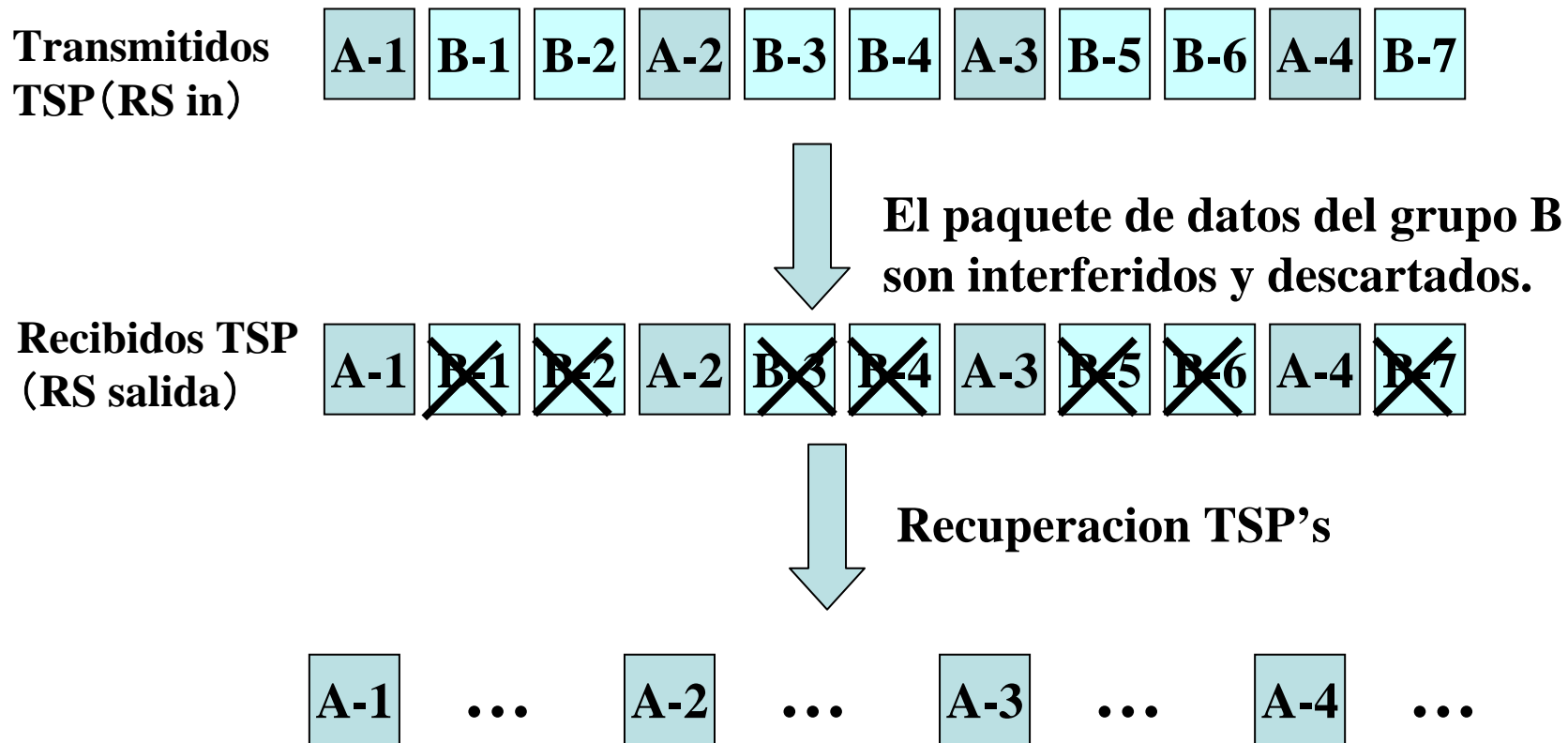
(c) El patron Multi-frame debe de ser completado dentro del 1 cuadro OFDM.

(d) El numero de paquetes de 1 segmento debe de ser integrado y combinado en cualquier parámetro de transmisión y velocidad de transferencia.

Razón; La unidad mínima en la transmisión jerárquica es el segmento.

(e) Aunque la velocidad de transmisión de la información es diferente a los parámetros de transmisión, la velocidad de reloj del flujo de datos TS en la salida del receptor decodificador RS deben de ser constantes ( para TV, la velocidad de reloj es  $4f_s$ ). Para ajustar la velocidad de reloj se insertan paquetes nulos, ver los detalles en la figura 2-6.

Fig. 2-4 Concepto de transmisión jerárquica  
 (el grupo mas fuerte debe de ser recuperado independientemente)

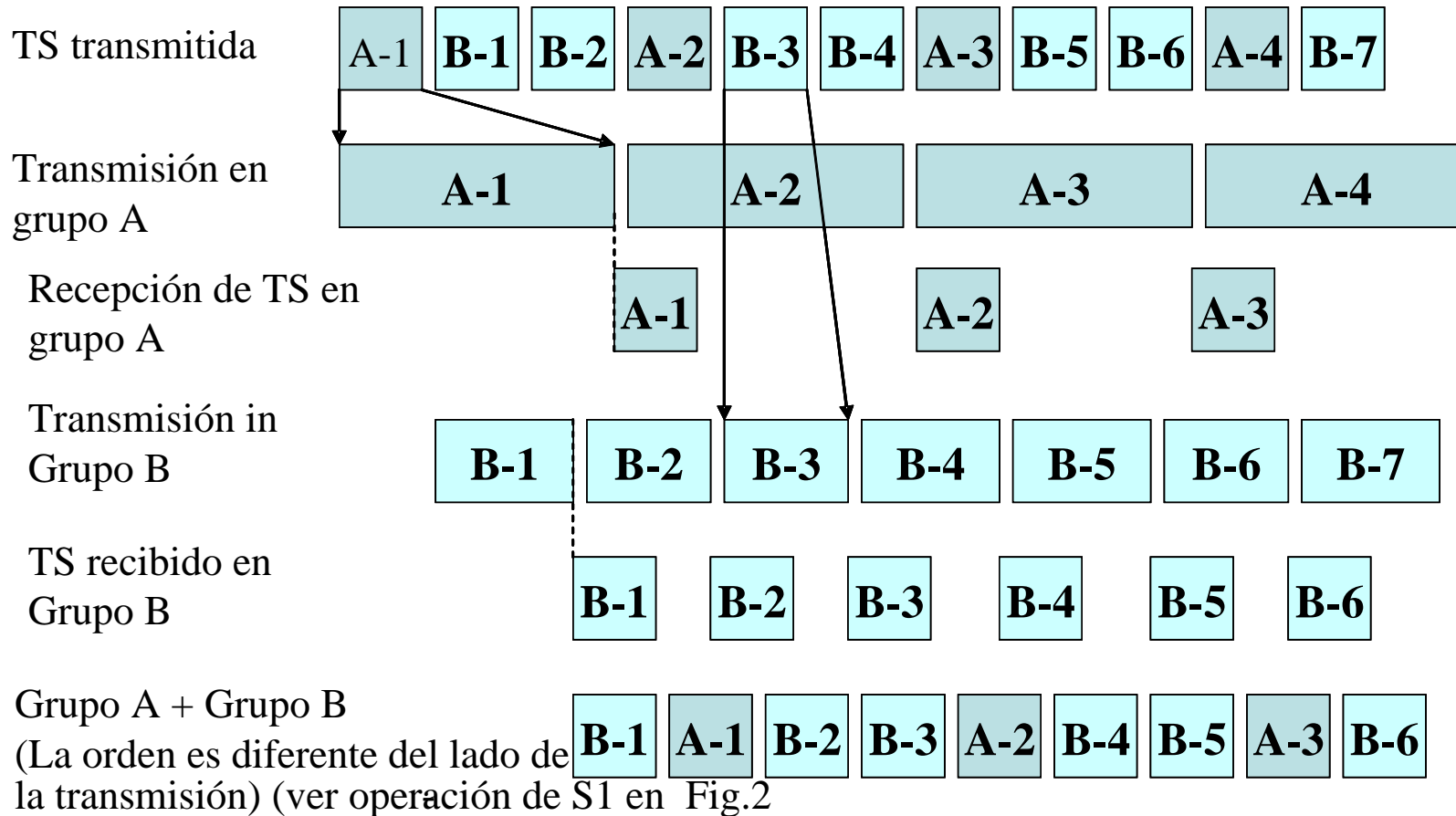


Los TSP's del grupo A deben de incluir PCR y el mínimo requerido de los PSI los cuales son necesarios para recuperar los TSP

**Fig. 2-5 Concepto de transmisión jerárquica(1/2)**

(ajuste del retardo de cada grupo)


Tiempo axial 

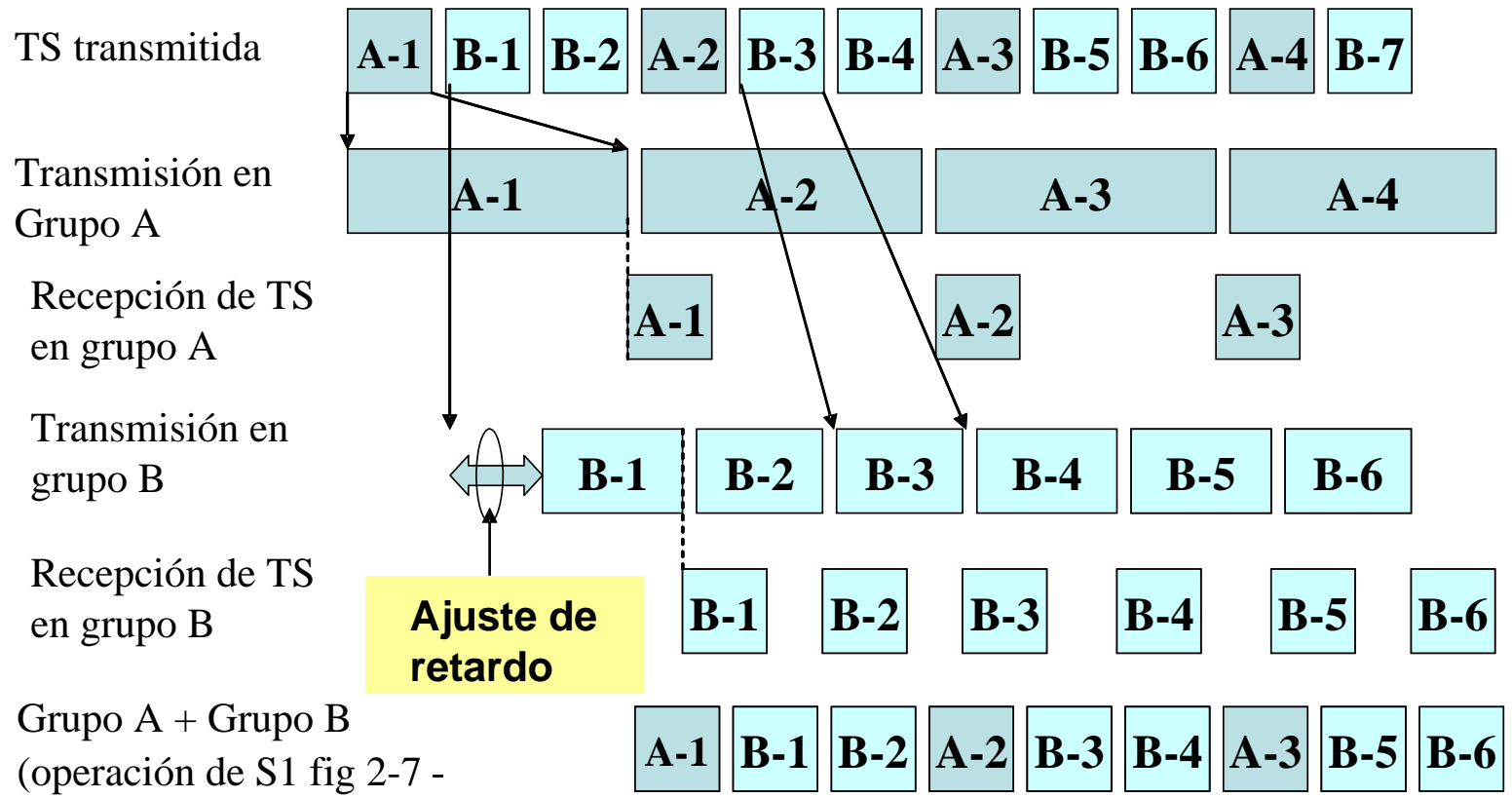


**Como se muestra arriba, el retardo de la transmisión es diferente de acuerdo a cada parámetro fijado en el grupo. Como resultado, la orden del TSP en recepción es diferente a el de lado de la transmisión.**

**Fig. 2-5 Concepto de transmisión jerárquica(2/2)**

(ajuste de retardo de cada grupo)

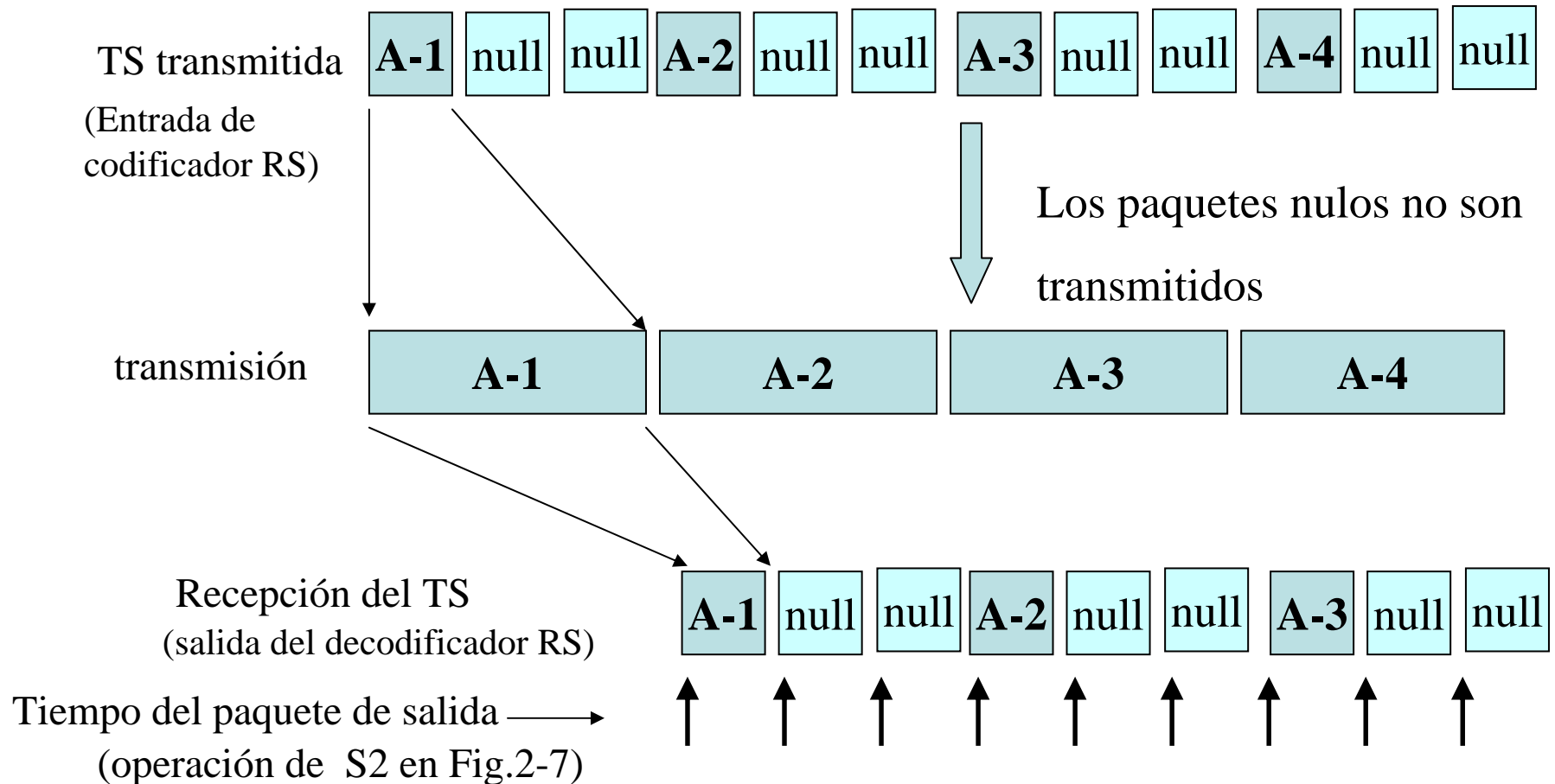
Eje del tiempo  




**Como se muestra arriba, el ajuste del retardo es insertado del lado de transmisión. Como resultado el TSP es recuperado del lado de recepción.**

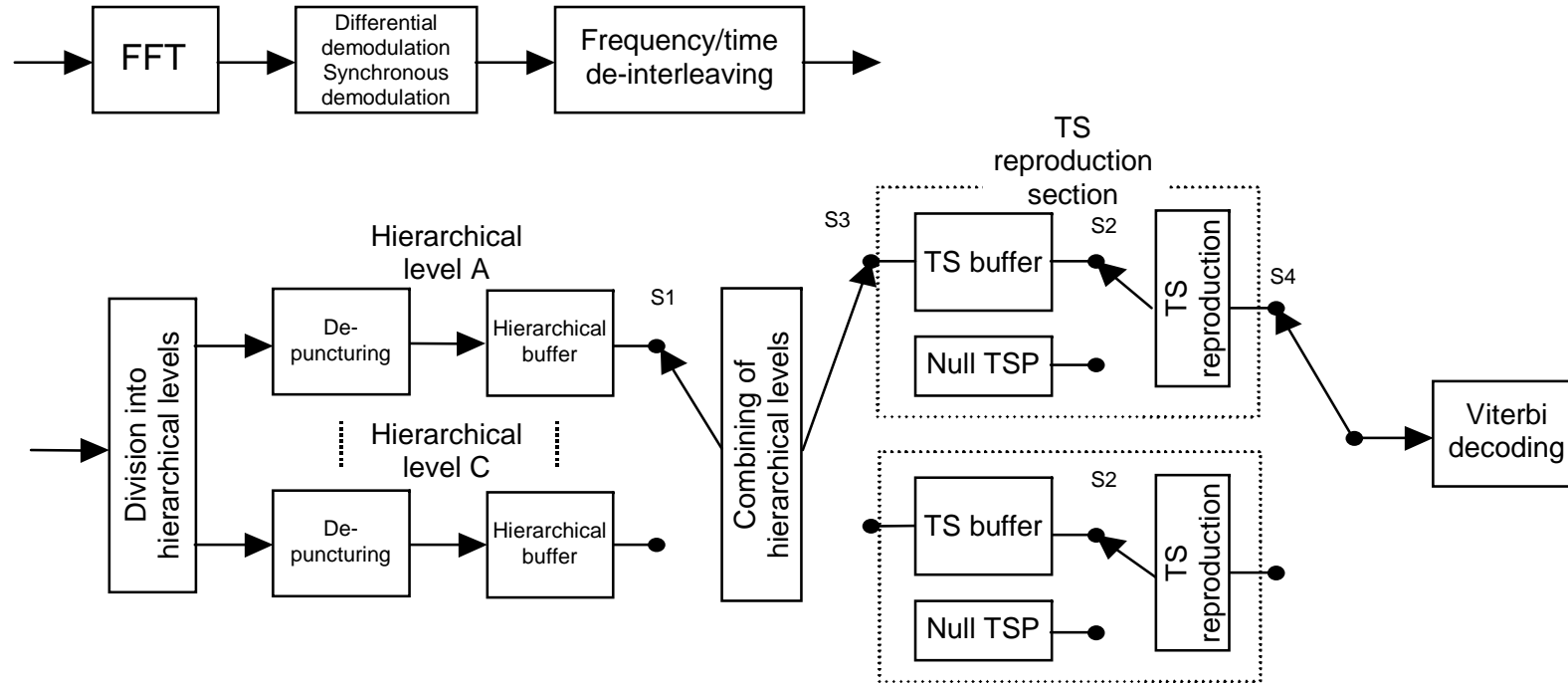
## Fig. 2-6 Concepto de transmisión jerárquica

(Como se ajusta la constante de velocidad de reloj)



En la salida del decodificador RS del receptor, El TS es leído por la misma velocidad de reloj del TS transmitido (para TV la velocidad de reloj es  $4f_s$ ). Los paquetes de cabecera no son decodificados en este caso, el decodificador RS suministra paquetes nulos. Si se decodifican, el decodificador RS suministra paquetes decodificados

Figure 2-7 Receptor modelo para el multi-frame.



S1; selecciona el grupo. Si todos los datos de 1 paquete han sido colocados en la entrada del buffer, S1 selecciona el buffer y envía los datos a la siguiente etapa.

S2; selecciona el TS/Paquetes nulos, de acuerdo al estado del buffer del TS



## 2.3 Construcción del segmento y construcción jerárquica

El segmento en el sistema ISDB-T es el concepto para transmisión jerárquica. El segmento se determina considerando las siguientes reglas mostradas en la cláusula 2.2

- (1) El número de TSP en un cuadro OFDM está integrado en todos los casos de fijación de los parámetros de transmisión. El número de TSP es mostrado en la tabla 2-1.
- (2) Para una sencilla operación de entonación, de un receptor el ancho de banda de 1 segmento es fijado a 6/14 MHz.
- (3) El número del multi-frame pattern es proporcional a el número de la jerarquía determinada. Por esta razón, el número de jerarquías está limitado a 3 como máximo.

Tabla 2-1 Numero de TSP en un cuadro de OFDM

(modo 1)

<b>Vel. de cod.</b> <b>modulación</b>	<b>1/2</b>	<b>2/3</b>	<b>3/4</b>	<b>5/6</b>	<b>7/8</b>	
<b>DQPSK/QPSK</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	
<b>16QAM</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	
<b>64QAM</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>54</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	

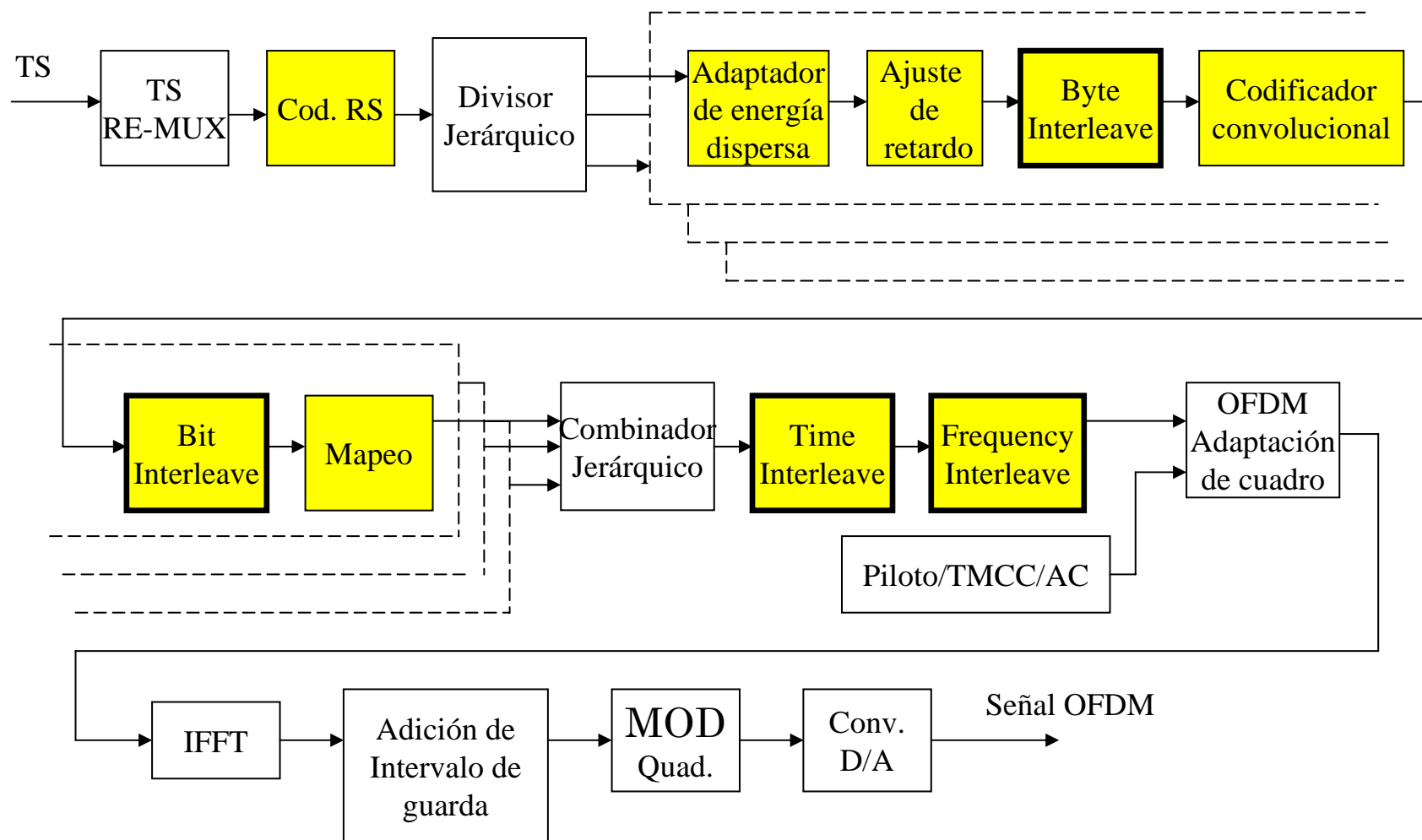
(nota1) numero de TSP/segmento

(nota 2) en el caso del modo 2, el numero del TSP es el doble, y en el caso del modo 3 es cuatro veces.

## 3. Codificación de canal

Relacionado con el estándar de ARIB; B31 cláusula 3.3 – cláusula 3.11

## Diagrama a bloques para la codificación en la transmisión en ISDB-T



Estas funciones se describen en esta sección

## Codificador externo (Codificación Reed-Solomon)

Un codificador corto Reed-Solomon (204,188) es usado en cada TSP como codificador externo. El código corto Reed-Solomon (204,188) es generado agregando 51-byte en código 00HEX en el principio de la entrada del byte de datos del código Reed-Solomon (255,239), y después removiendo estos 51 bytes.

El elemento GF (28) es usado como código elemento del Reed-Solomon. El siguiente polinomio  $p(x)$  es usado para definir el GF (28):

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Note que el siguiente polinomio  $g(x)$  es usado para generar el código corto Reed-Solomon (204,188):

$$g(x) = (x - \lambda_0)(x - \lambda_1)(x - \lambda_2) \dots (x - \lambda_{15}) \text{ si y solo si } \lambda = 02 \text{ HEX}$$

Sync. 1 byte	Datos (187 bytes)	(a) MPEG-2 TSP
-----------------	----------------------	----------------

Sync. 1 byte	Datos (187 bytes)	Paridad 16 byte
-----------------	----------------------	--------------------

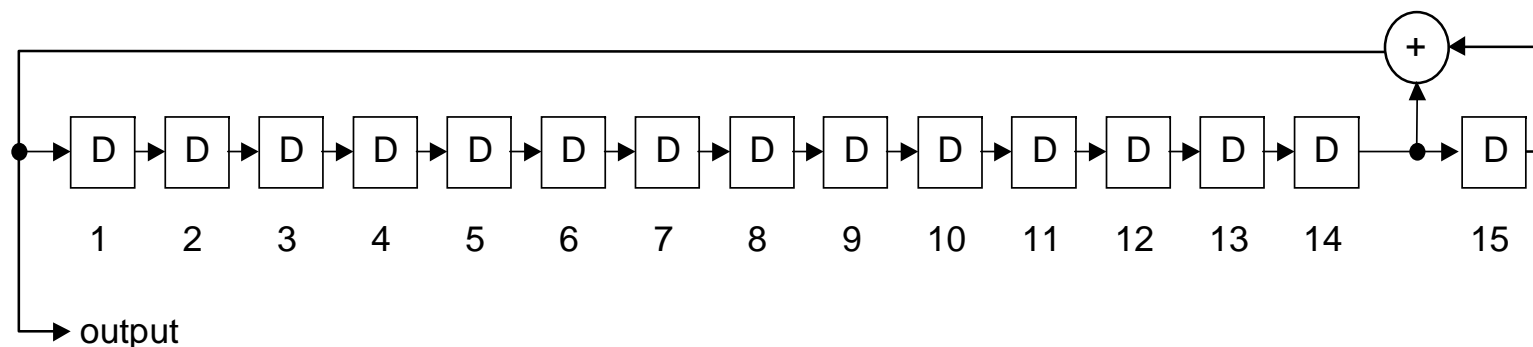
(b) TSP protegido de error por el código RS (transmisión del TSP)

### **MPEG2 TSP y transmisión TSP(B31, Fig. 3-6)**

## Adaptador de energía dispersa

La energía dispersa es canalizada en cada grupo jerárquico utilizando un circuito como se muestra en la Fig. 3-8, Este es generado por un PRBS (Pseudo Random Bit Sequence). Todas las señales, aparte del byte de sincronización en cada transmisión TSPs, en los diferentes grupos jerárquicos son OR EXCLUSIVA usando PRBSs, en base bit por bit.

$$g(x) = X^{15} + X^{14} + 1$$



**PRBS-Generación polonomial y circuito (B31, Fig. 3-8)**

## Codificación interna

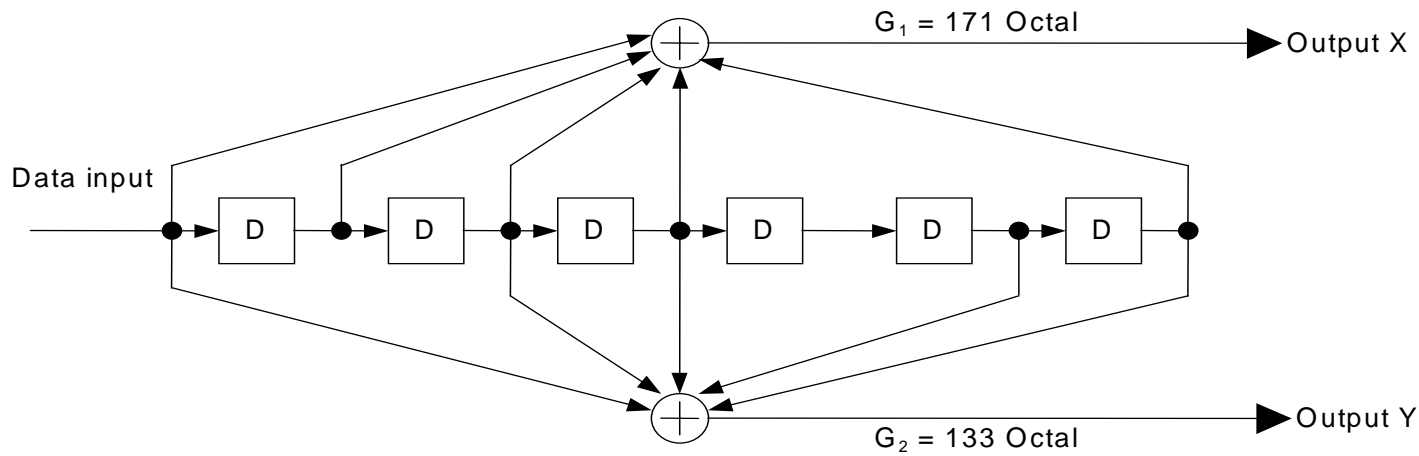
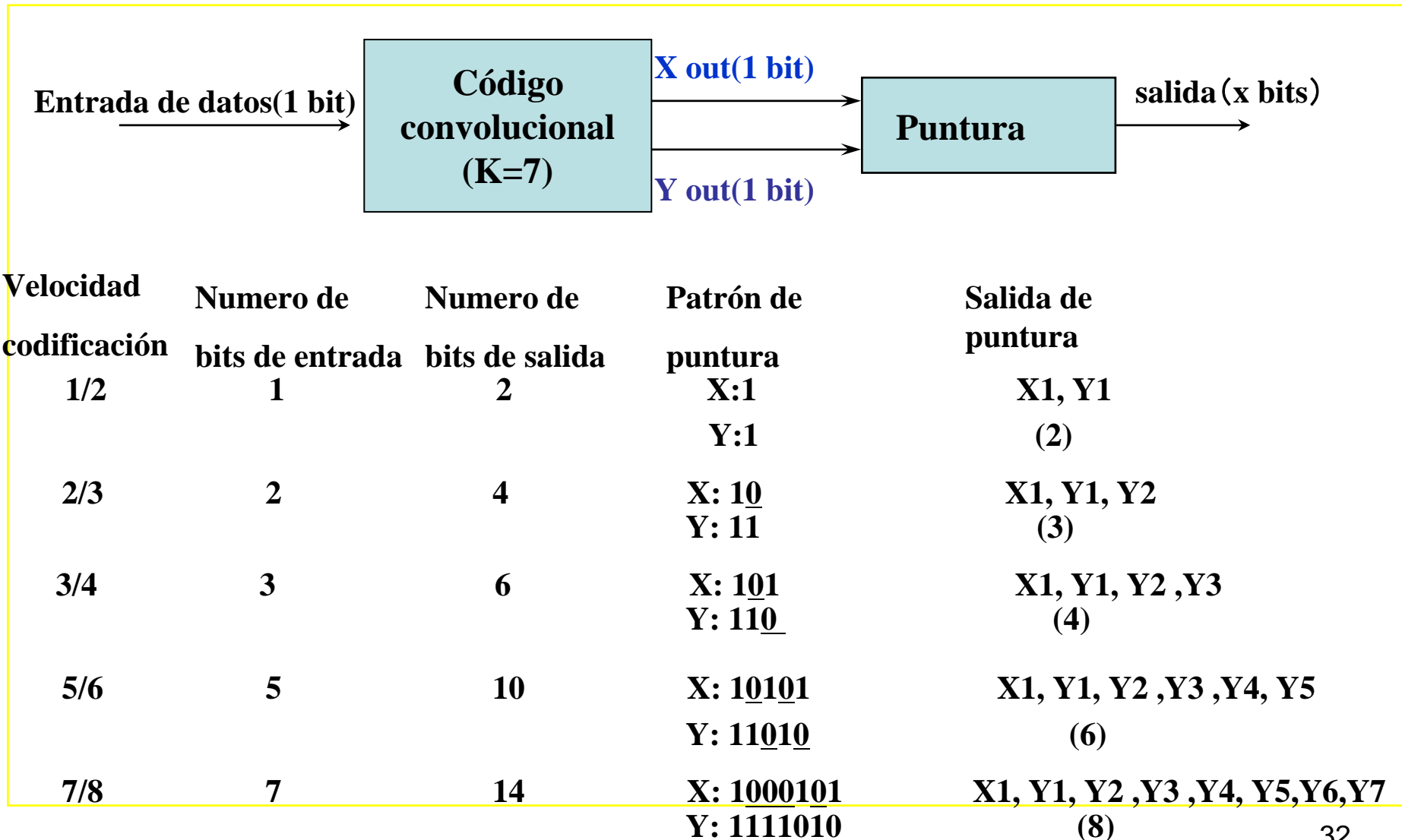


Fig. 3-10: Circuito codificador convolucional con longitud constante  $k$  de 7 y velocidad de codificación de  $1/2$

Coding rate	Puncturing pattern	Transmission-signal sequence
$1/2$	X : 1 Y : 1	X1, Y1
$2/3$	X : 1 0 Y : 1 1	X1, Y1, Y2
$3/4$	X : 1 0 1 Y : 1 1 0	X1, Y1, Y2, X3
$5/6$	X : 1 0 1 0 1 Y : 1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, X3 Y4, X5
$7/8$	X : 1 0 0 0 1 0 1 Y : 1 1 1 1 0 1 0	X1, Y1, Y2, Y3, Y4, X5, Y6, X7

Table 3-8: Codificación interna. Velocidad de codificación y secuencia de transmisión de señal

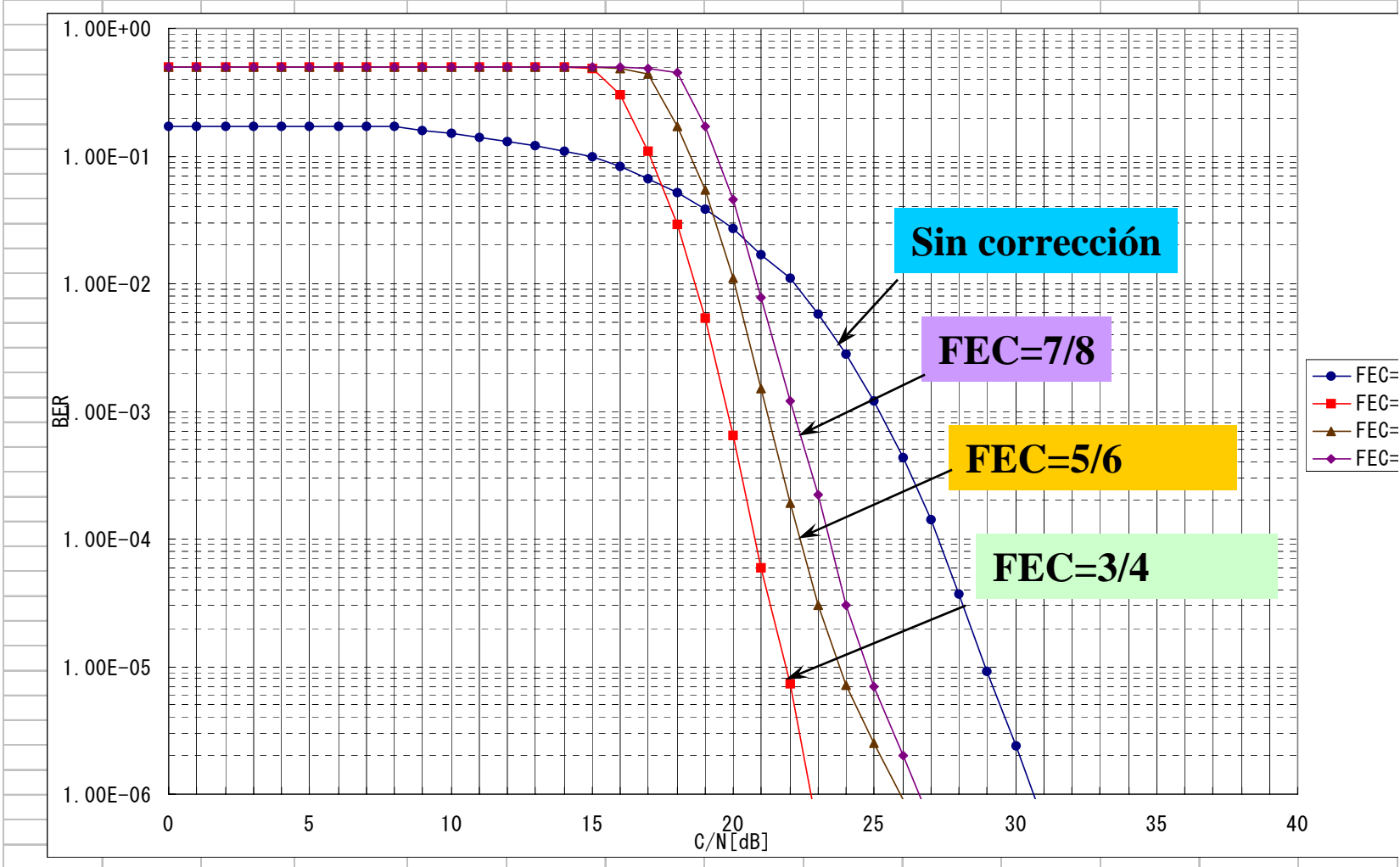
## Patrón de puntura





# Ejemplo de entrada C/N vs características BER

Modo;1 GI=1/8, 64QAM, I=0, RS;OFF



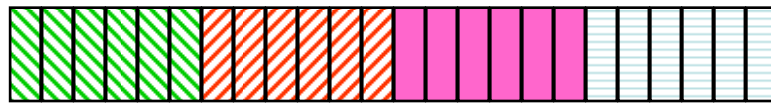
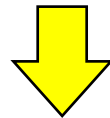
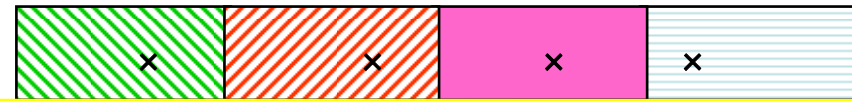
# Efecto interleave

Interleave es una tecnología muy importante en sistemas de transmisión.  
Los sistemas de corrección de error son mas efectivos cuando las características de ruido son aleatorias.  
El propósito del Interleave es aleatorizar el burst de error que ocurre en la trayectoria de transmisión

Error de burst; FEC no trabajan bien



Error aleatorizado; FEC trabajan bien



Transmisión antes del interleave



Transmisión después del interleave

interleave



Recepción después del de-interleave

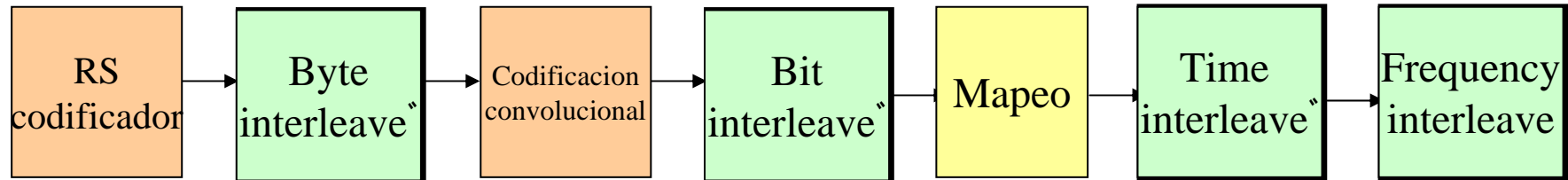


Receptor antes del de-interleave

de-interleave

El error de burst ocurre en la trayectoria de transmisión

## Tipos de interleave y su efecto



### **Byte interleave**

Byte interleave está localizado entre el codificador externo e interno. Aleatoriza el error de burst a la salida del decodificador Viterbi

### **Bit interleave**

Bit interleave está localizado entre el codificador convolucional y el mapeo. Aleatoriza el error del símbolo antes del decodificador Viterbi.

### **Time interleave**

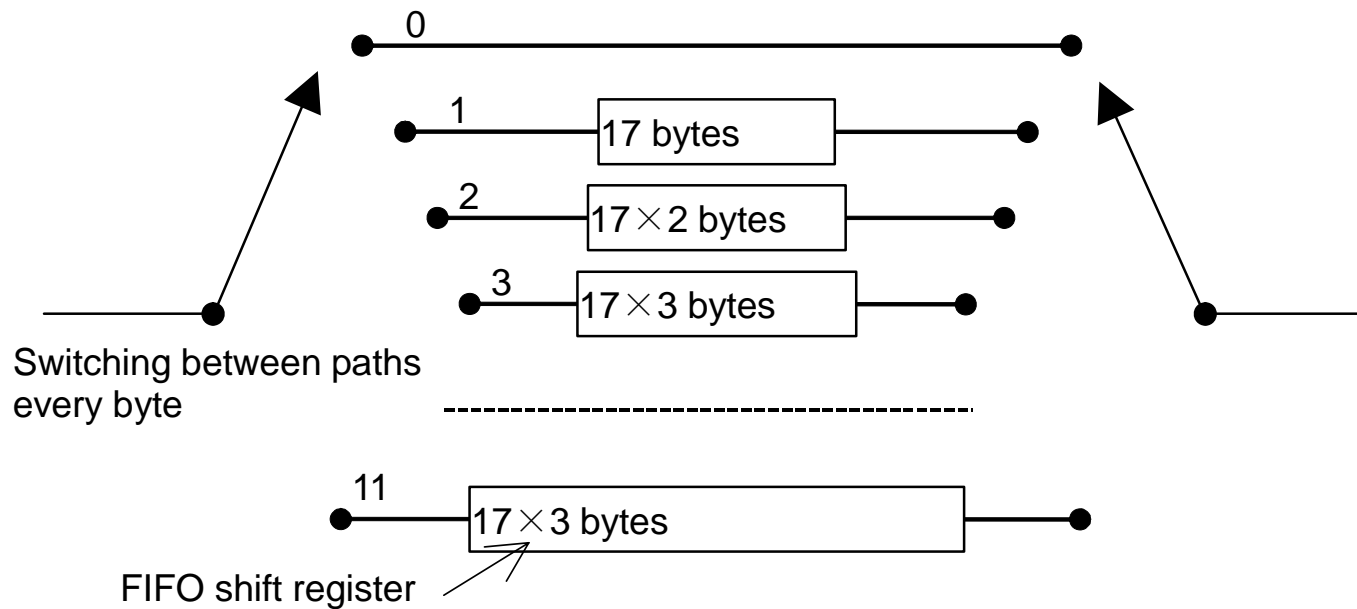
Time interleave está antes del frequency interleaver y después del mapeo. Aleatoriza el burst de error en el dominio del tiempo el cual es causado por ruido de impulso, degradando la recepción portátil etc.

### **Frequency interleave**

Frequency interleave está a la salida del Time interleave. Aleatoriza el burst de error en el dominio de la frecuencia el cual es causado por el efecto multi-path, interferencia de portadoras, etc.

## Byte interleave

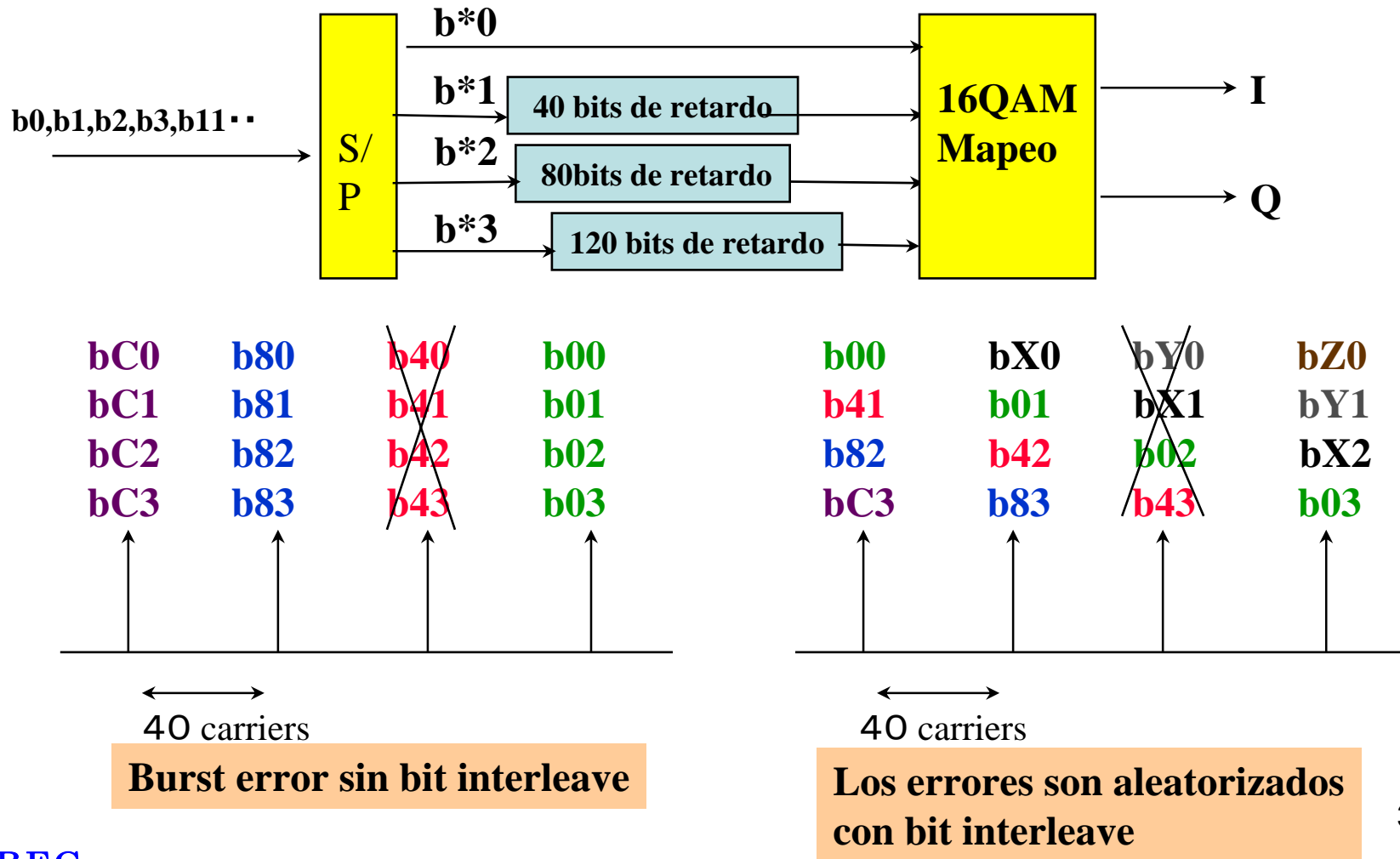
La transmisión de TSP 204-byte, el cual tiene protección de errores por código RS y de energía dispersa, sufre la convolucion byte interleaving. El Interleaving debe de ser de 12 bytes de profundidad. Nota, sin embargo, el siguiente byte al de sincronización debe de pasar a través de la trayectoria de referencia sin retardo.



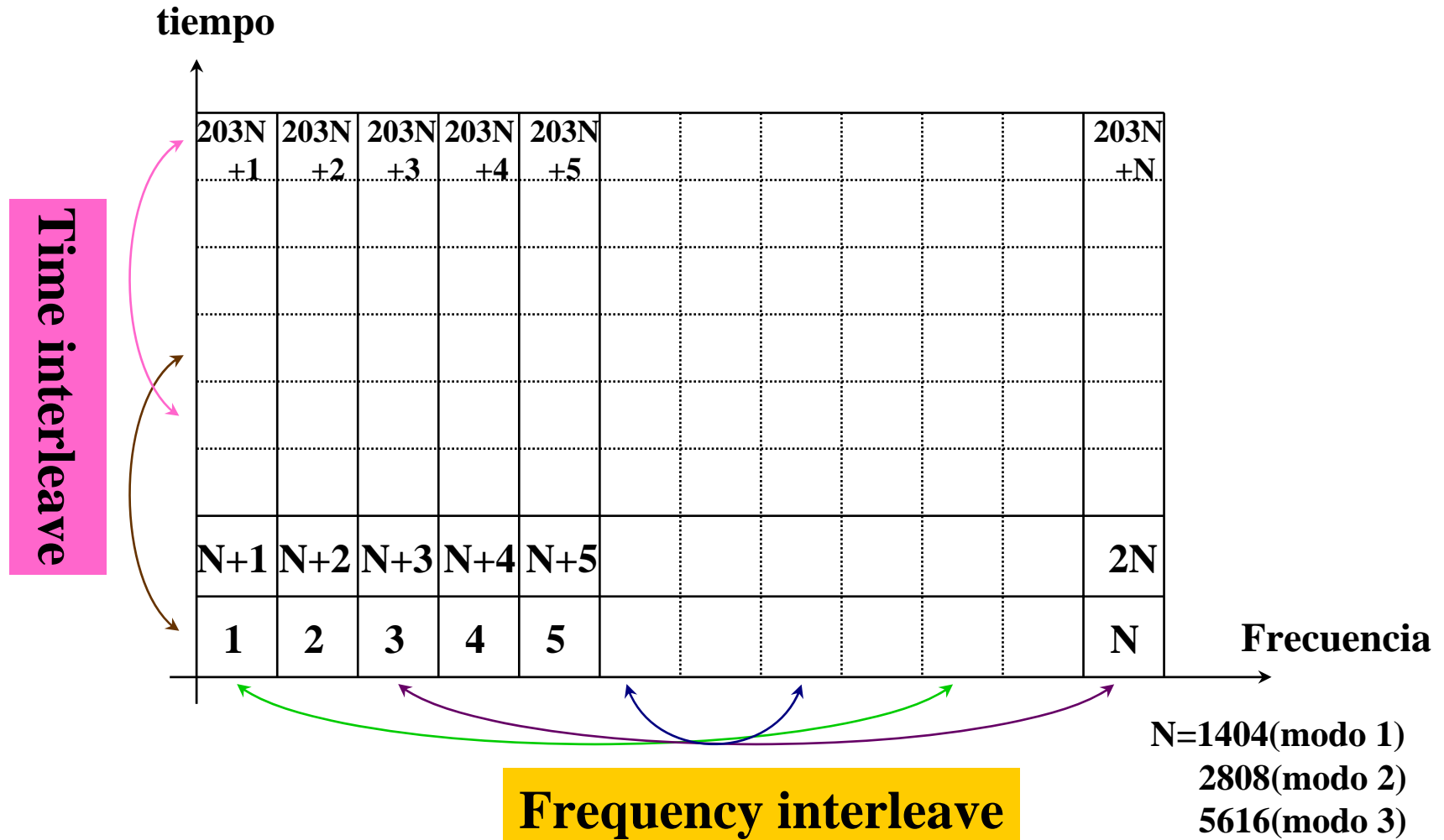
# Bit interleave

(B31, clausula 3.9.3)

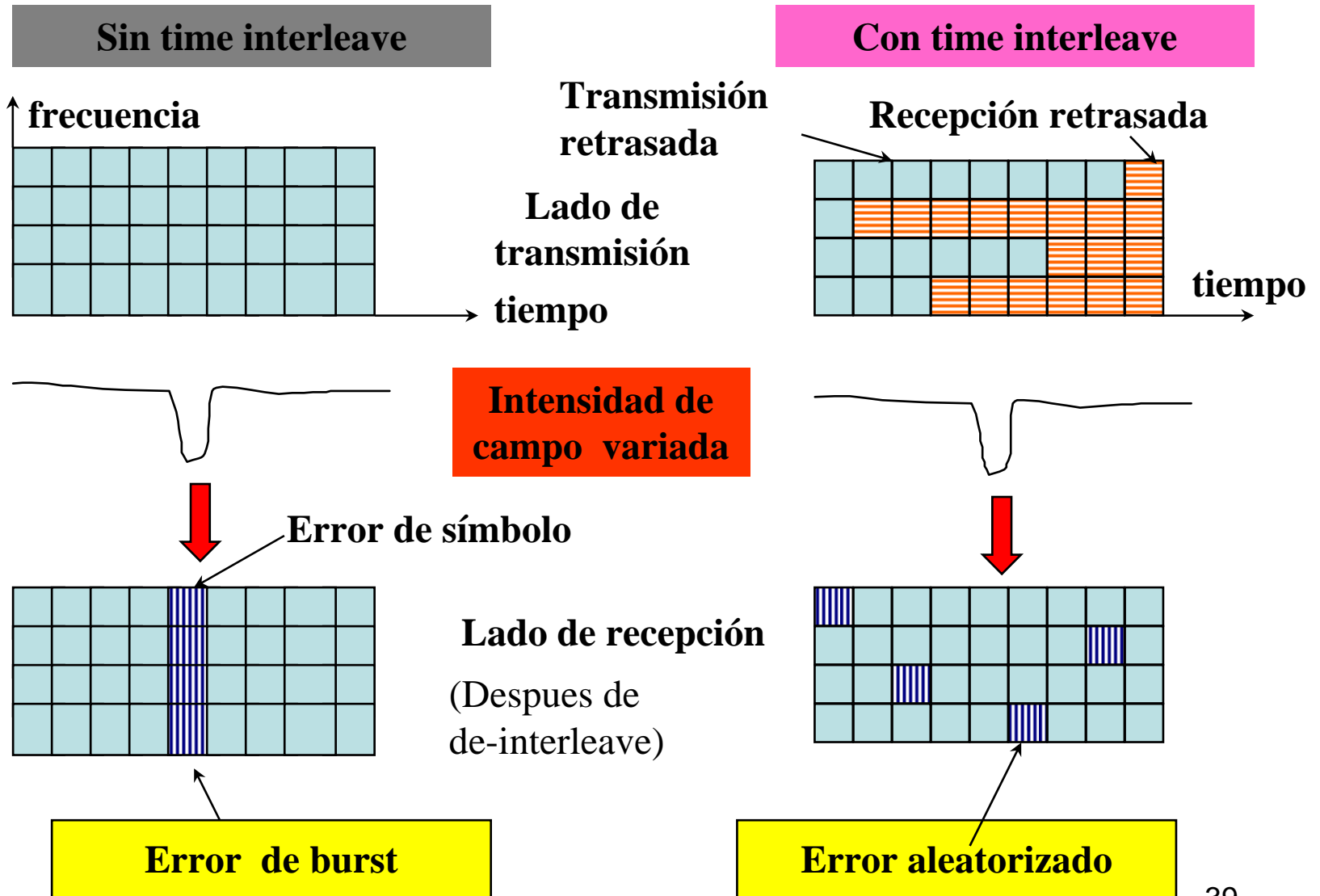
El circuito de Bit interleave es diferente de acuerdo a la modulación de la portadora. Es siguiente diagrama es un ejemplo de 16QAM.



# Relación entre el cuadro OFDM e interleave



# Efecto del time interleave

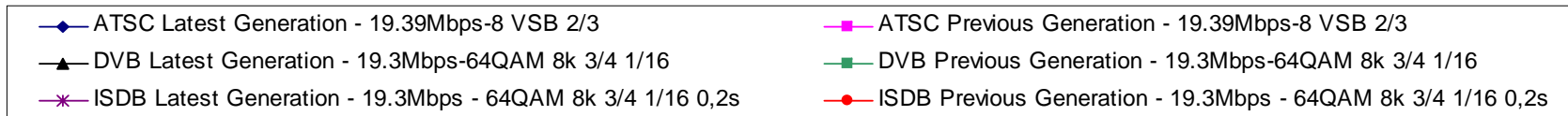
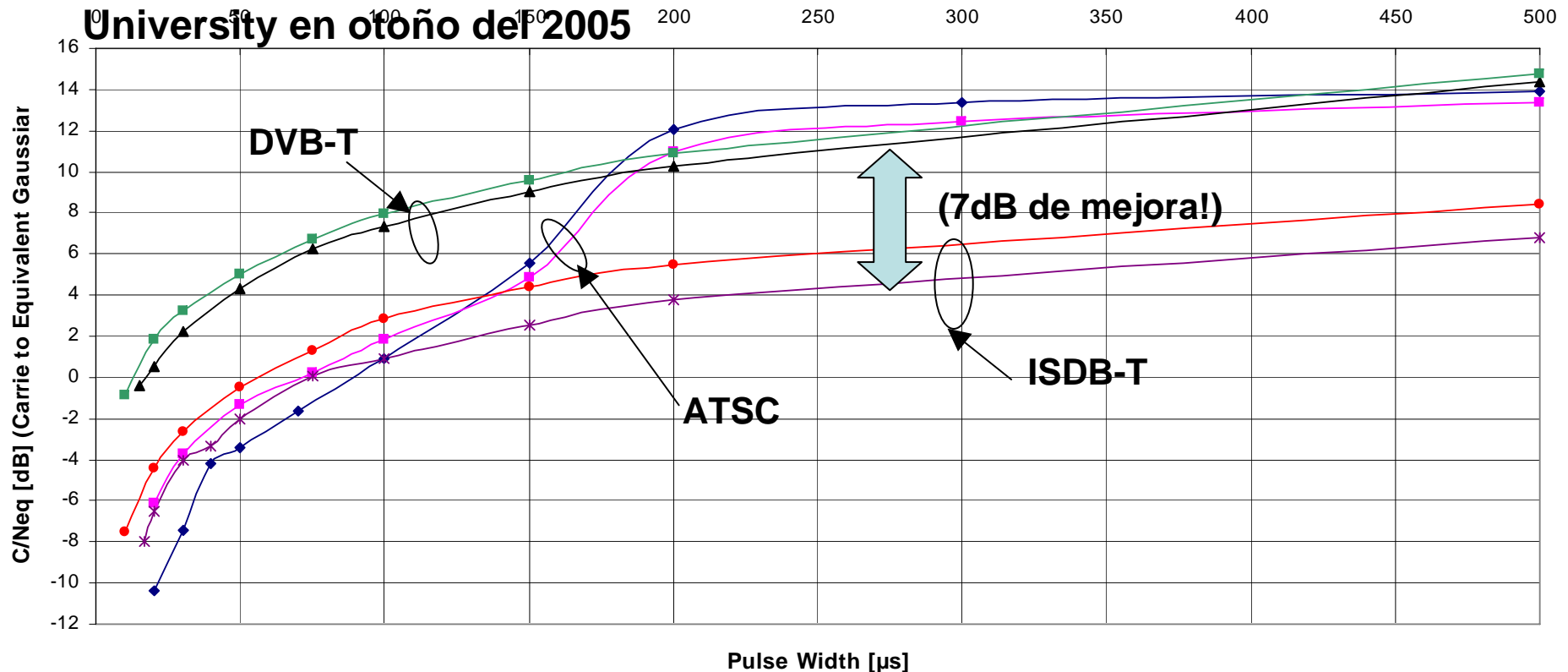


## 3-2. ¿Cual es el merito del Time- Interleave? (2/2)

### •Que tanto se mejora el Time- Interleave

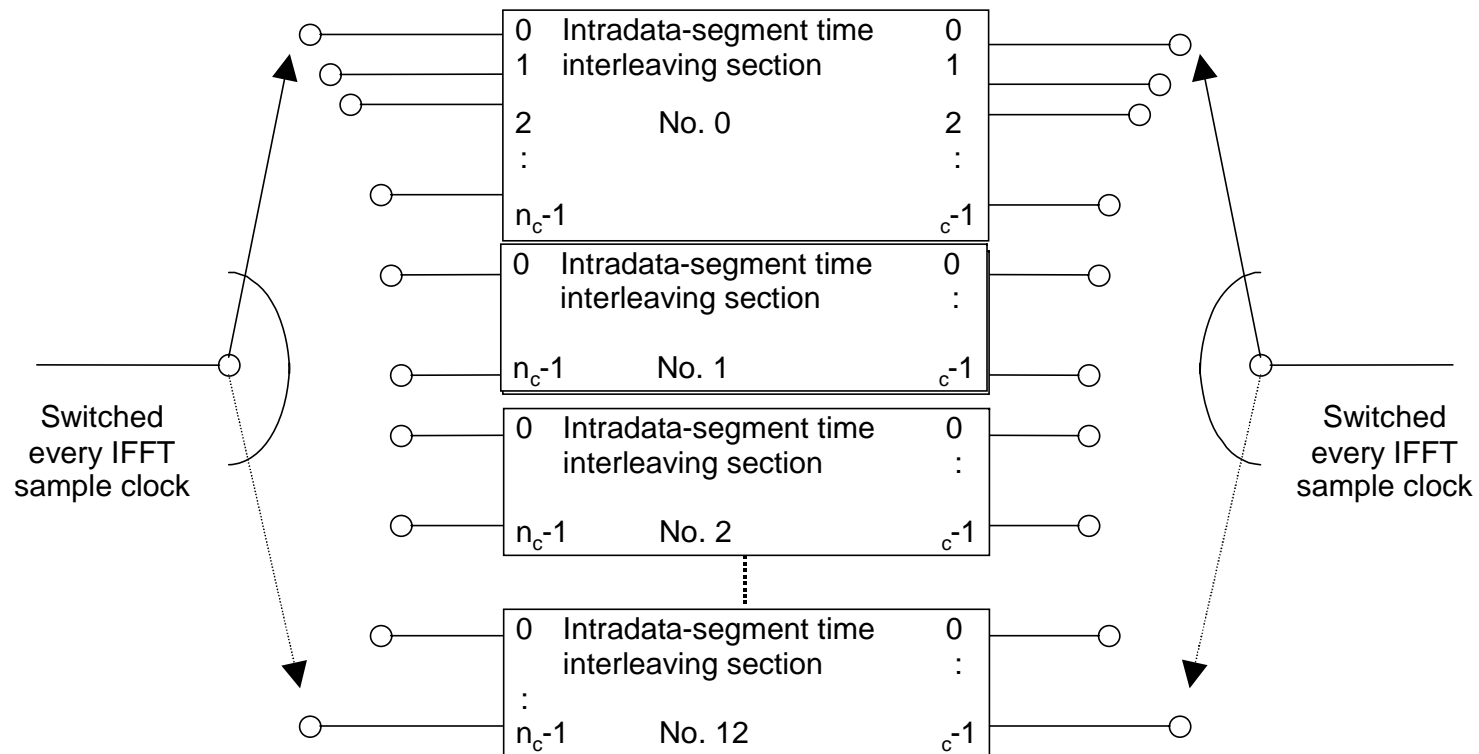
La siguiente grafica muestra la degradación causada por ruido de impulso, la cual fue realizada y medida por la Universidad Mackenzie Presbyterian

University en otoño del 2005

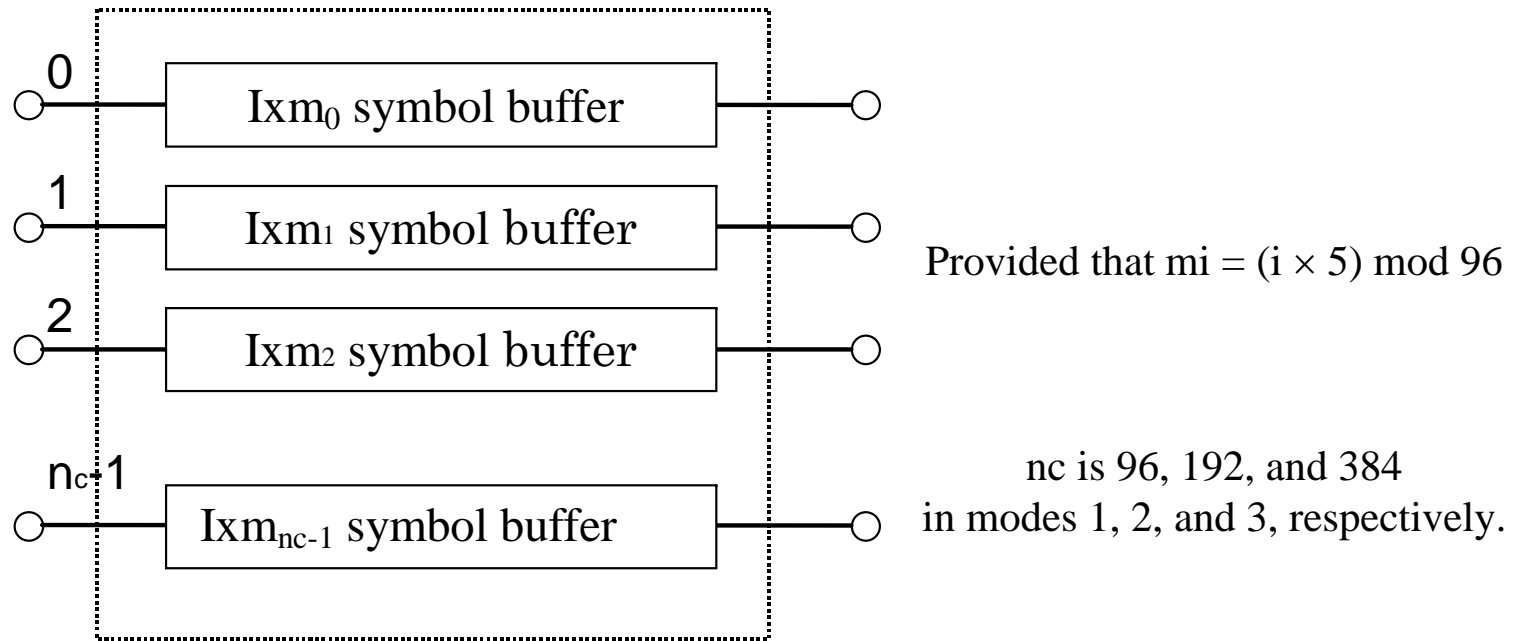


**7dB de mejora → Reducción de potencia de transmisión de 1/5 !!**





Time interleaver blockdiagram(B31, 3.11.1)



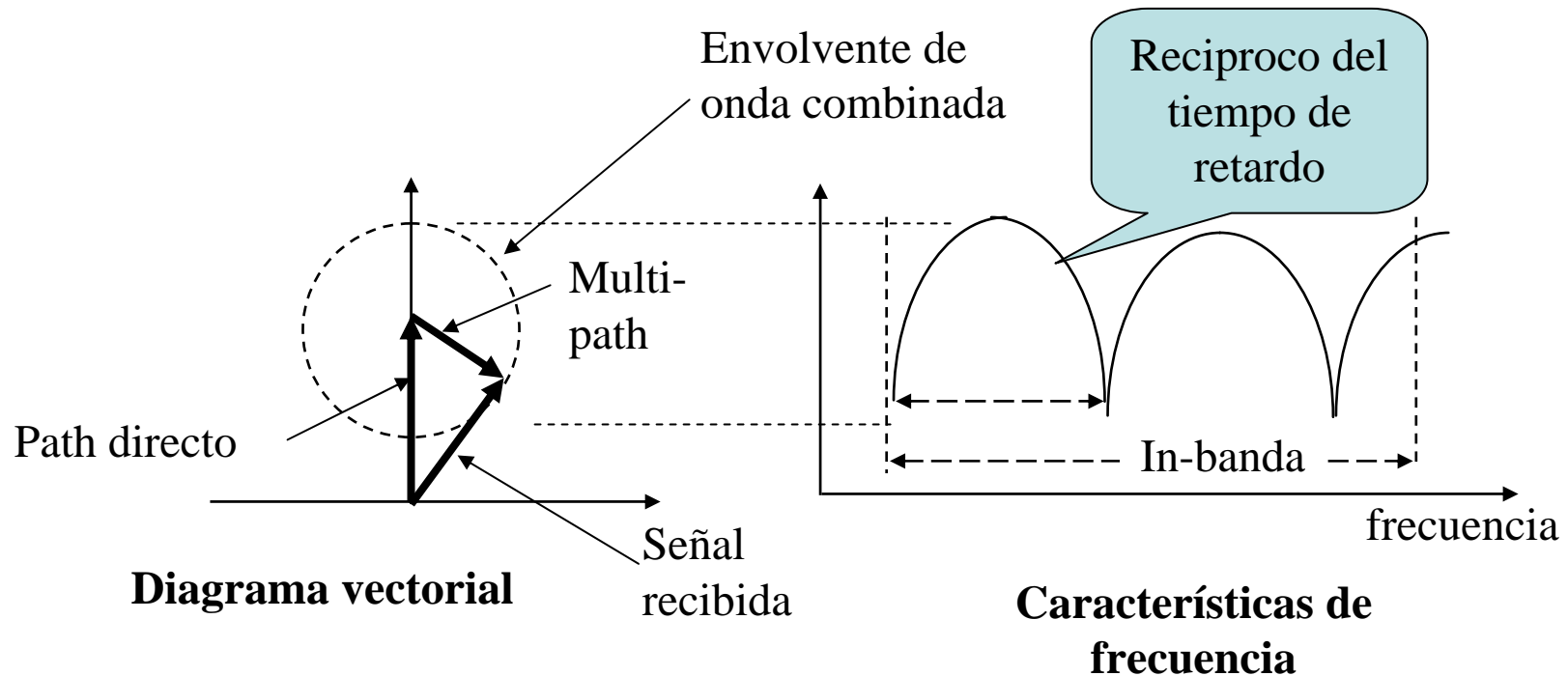
**Fig. 3-23: Configuration of the Intra-segment Time Interleaving Section**

Tabla 3-12: Longitudes de Time Interleaving y Ajustes de Valores de Retardo

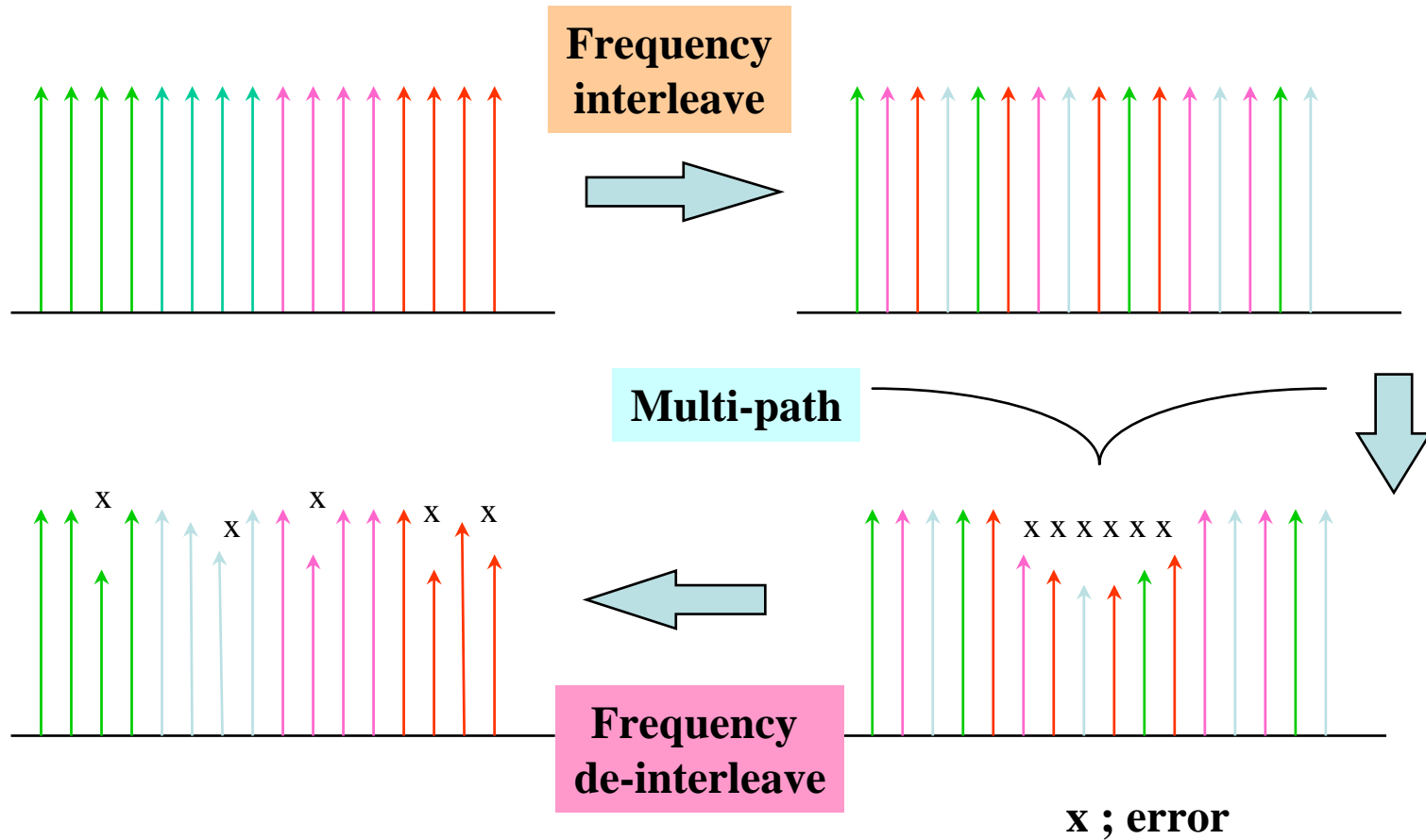
Modo 1			Modo 2			Modo 3		
Longitud (I)	Numero de símbolos para el ajuste de retardo	Numero de cuadros retrasados en la transmisión y recepción	Longitud (I)	Numero de símbolos para el ajuste de retardo	Numero de cuadros retrasados en la transmisión y recepción	Longitud (I)	Numero de símbolos para el ajuste de retardo	Numero de cuadros retrasados en la transmisión y recepción
0	0	0	0	0	0	0 (Notificación)	0	0
4	28	2	2	14	1	1	109	1
8	56	4	4	28	2	2	14	1
16	112	8	8	56	4	4	28	2

# Distorsión de las características de frecuencia causada por el efecto multi-path

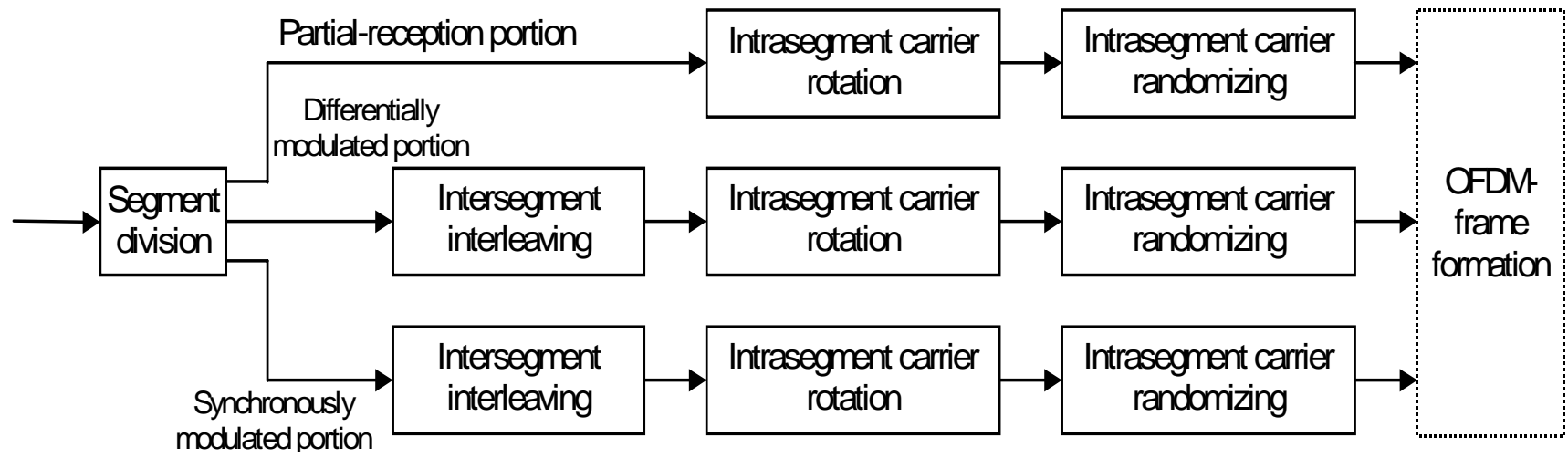
Este dibujo nos muestra el efecto multi-path. Como se muestra, el nivel de la señal recibida es varia en el dominio de la frecuencia.



# Efectos de frequency interleave



Como se muestra arriba, la función de frequency interleave es de dispersar el error causado por el multi-path



**Configuration of frequency interleaving section**

La señal de entrada debe de ser de 2 bits por símbolo y el mapeo en QPSK en la salida debe de ser multi-bit I- y datos Q-axes. Para el mapeo, el elemento de retardo de 120-bit que se muestra en la Fig. 3-14 es insertado en el entrada de mapeo para bit interleaving.

Las Figs. 3-14 y 3-15 muestra el diagrama del sistema y el mapa de constelación respectivamente.

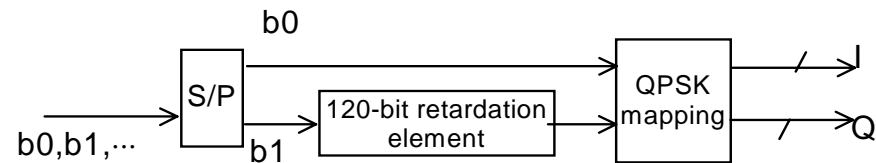


Fig. 3-14: QPSK System Diagram

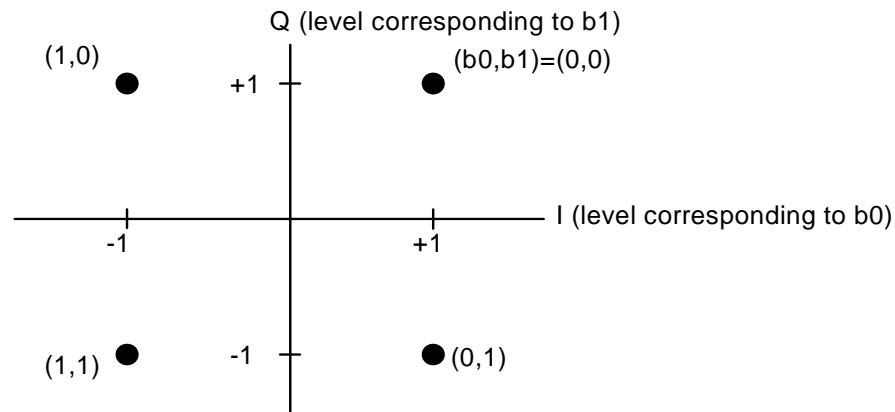


Fig. 3-15: QPSK Constellation

## Mapeo

La señal de entrada debe de ser de 4 bits por símbolo y mapeo en 16QAM a la salida del multi-bit I- y los datos Q-axes. Para el mapeo los elementos de retardo son mostrados en la figura Fig. 3-16 y son insertados dentro de b1 al b3 por el bit interleaving

Las Figs. 3-16 y 3-17 muestran el diagrama del sistema y el mapa de constelación respectivamente.

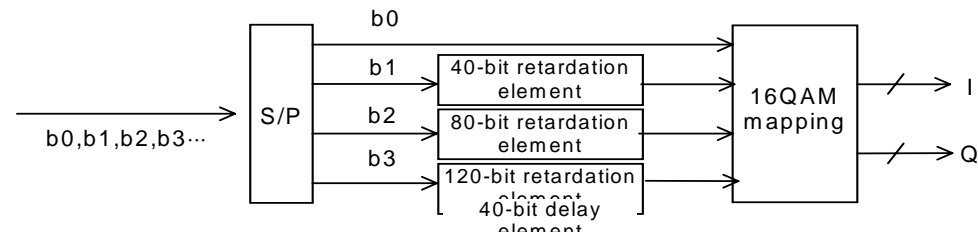


Fig. 3-16: 16QAM System Diagram

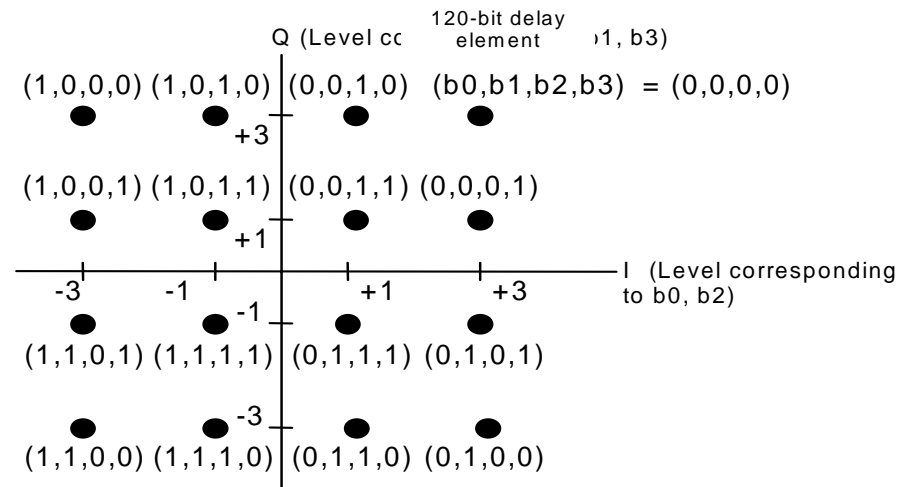


Fig. 3-17: 16QAM Constellation

## Mapeo



### C/N (dB) Requerido (nota)

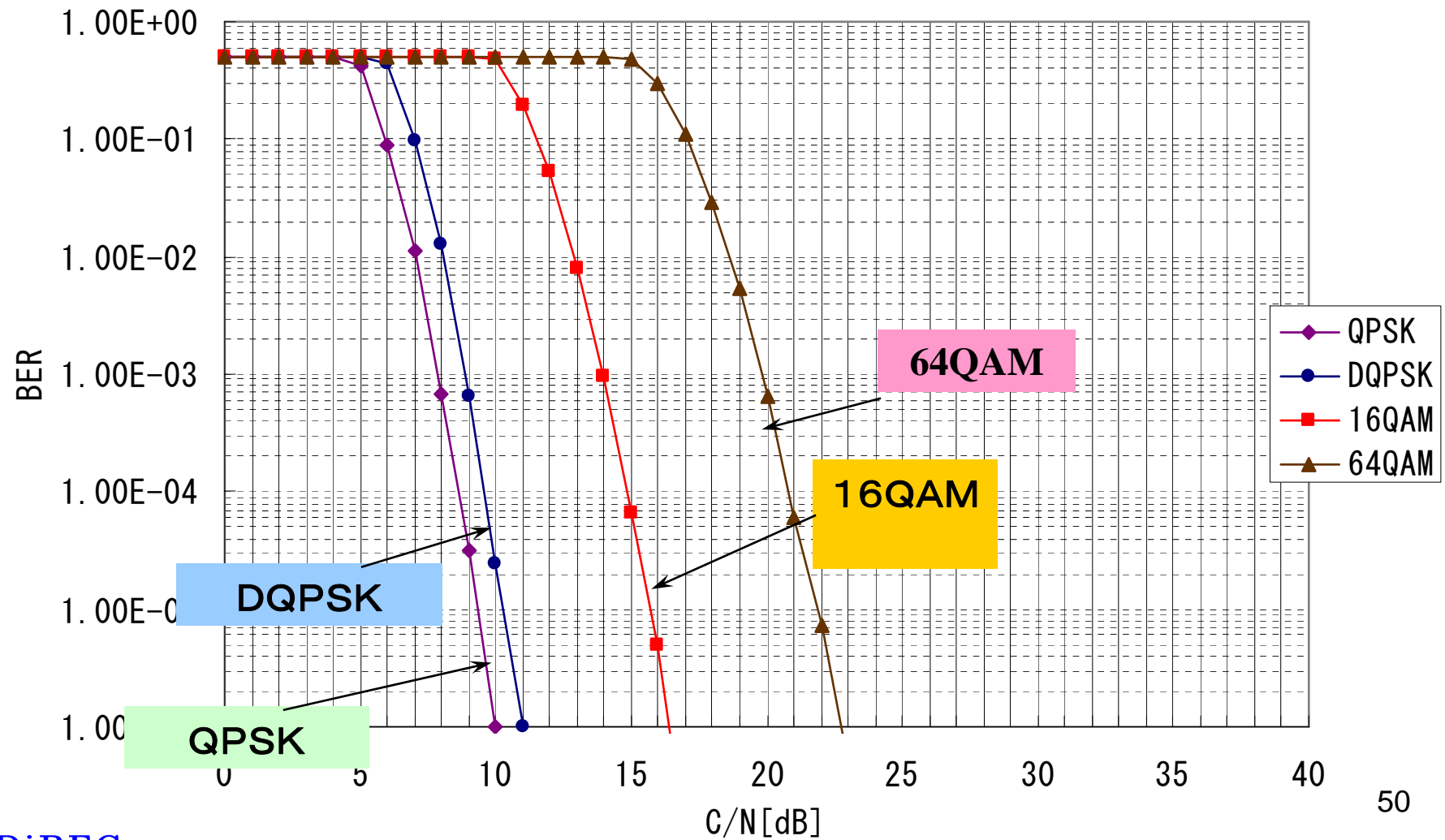
Modulación	Velocidad de codificación				
	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
QPSK	4.9	6.6	7.5	8.5	9.1
DQPSK	6.2	7.7	8.7	9.6	10.4
16QAM	11.5	13.5	14.6	15.6	16.2
64QAM	16.5	18.7	20.1	21.3	22.0

(nota) después de la decodificación Viterbi, BER es tanto como  $2 \cdot 10^{-4}$

Nota: Estos datos son una simulación temprana en la primera etapa pero recientemente, el receptor LSI muestra mejores resultados

# Entrada C/N vs características BER

Modo; 1, GI=1/8 FEC=3/4, RS=OFF

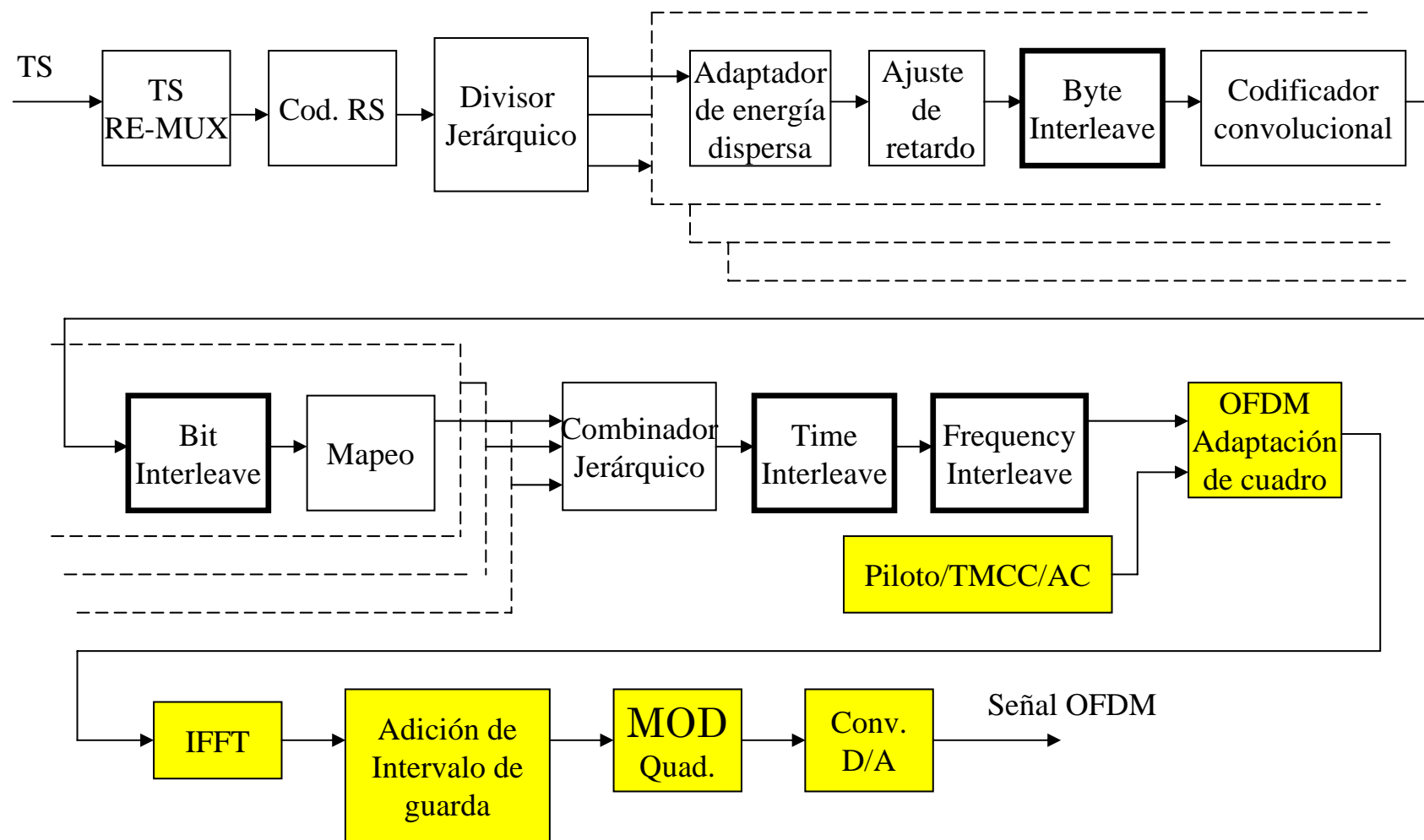


## 4. Modulación OFDM

- (1) IFFT
- (2) Señal piloto
- (3) AC
- (4) TMCC
- (5) Intervalo de guarda
- (6) Cuadratura, Modulación y formato de RF

En relación al estándar de ARIB; B31 cláusula 3.12 – cláusula 3.15

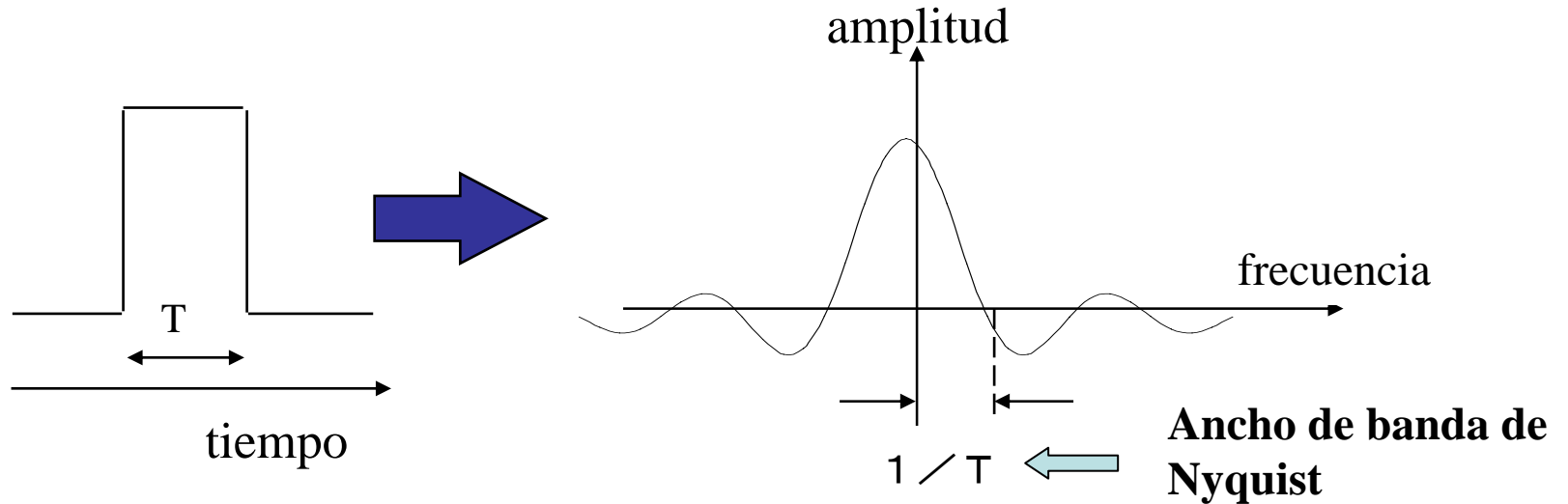
## Diagrama a bloques para la codificación en la transmisión en ISDB-T



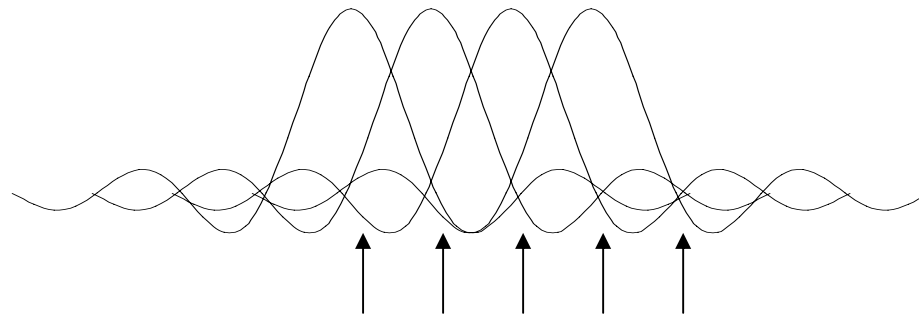
Estas funciones se describen en esta sección

# Separación de Nyquist y FDM ortogonal

Transformada inversa de Fourier FFT

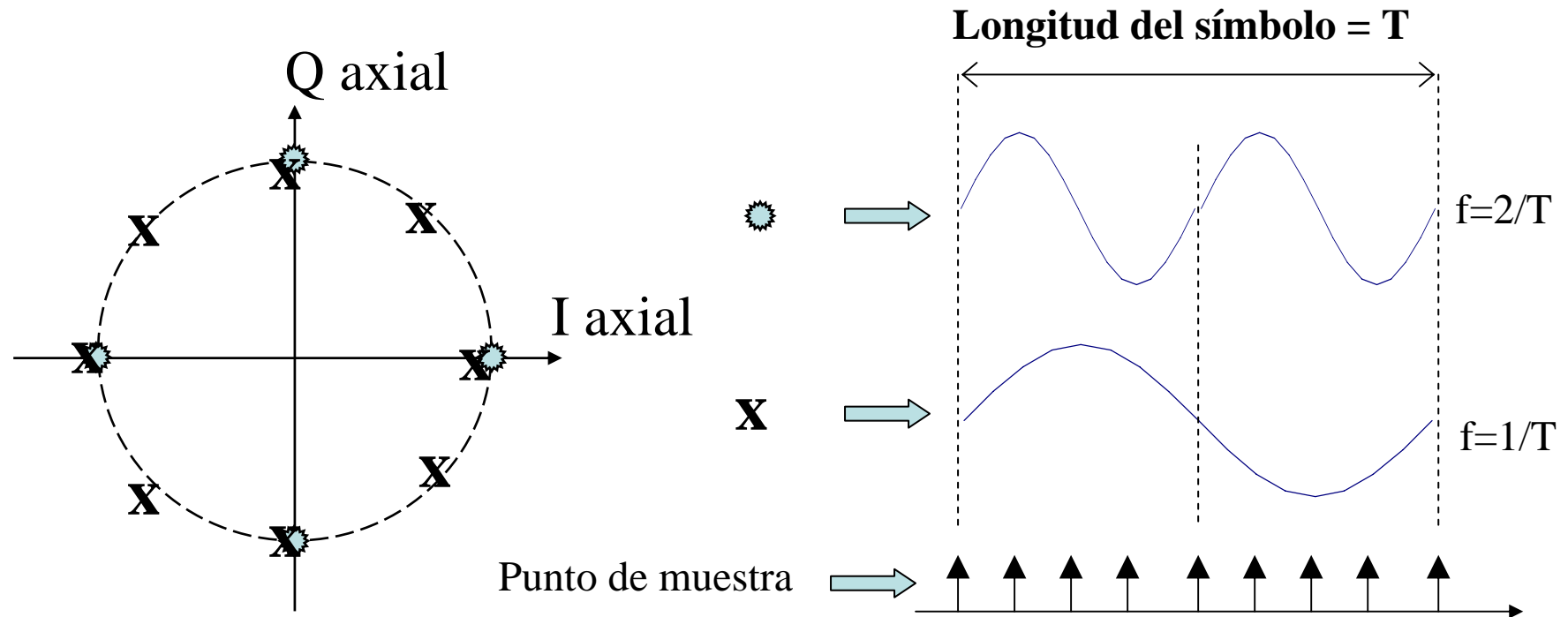


División ortogonal multiplexada.



En la posición adyacente de la portadora, todas las energías de las otras portadoras son cero.

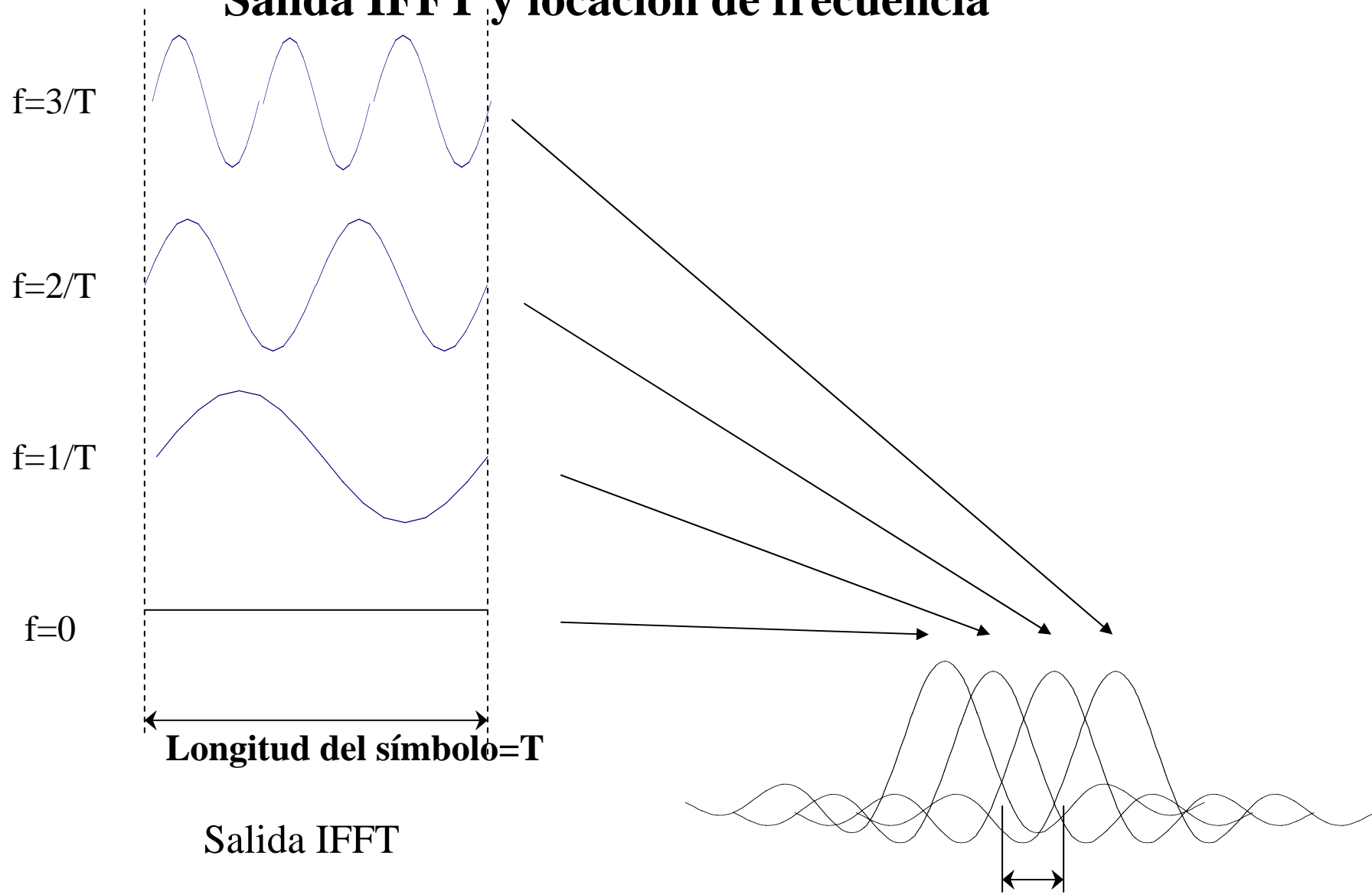
# Generación de la señal OFDM por IFFT



**X;** Punto de muestreo para generar la señal seno del ciclo  $f=1/T$

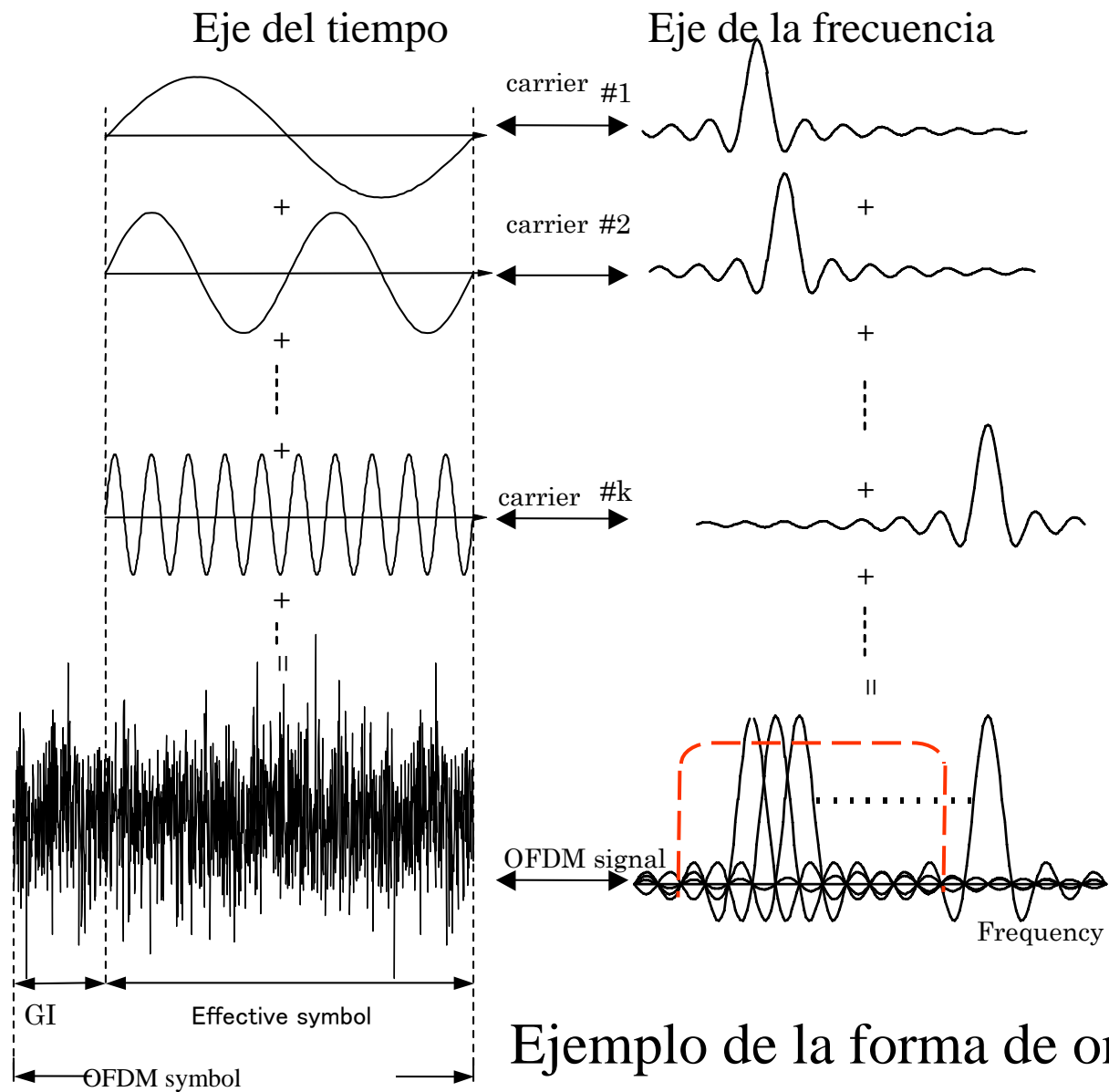
**⊗** Punto de muestreo para generar la señal seno del ciclo  $f=2/T$

# Salida IFFT y locación de frecuencia



Salida IFFT

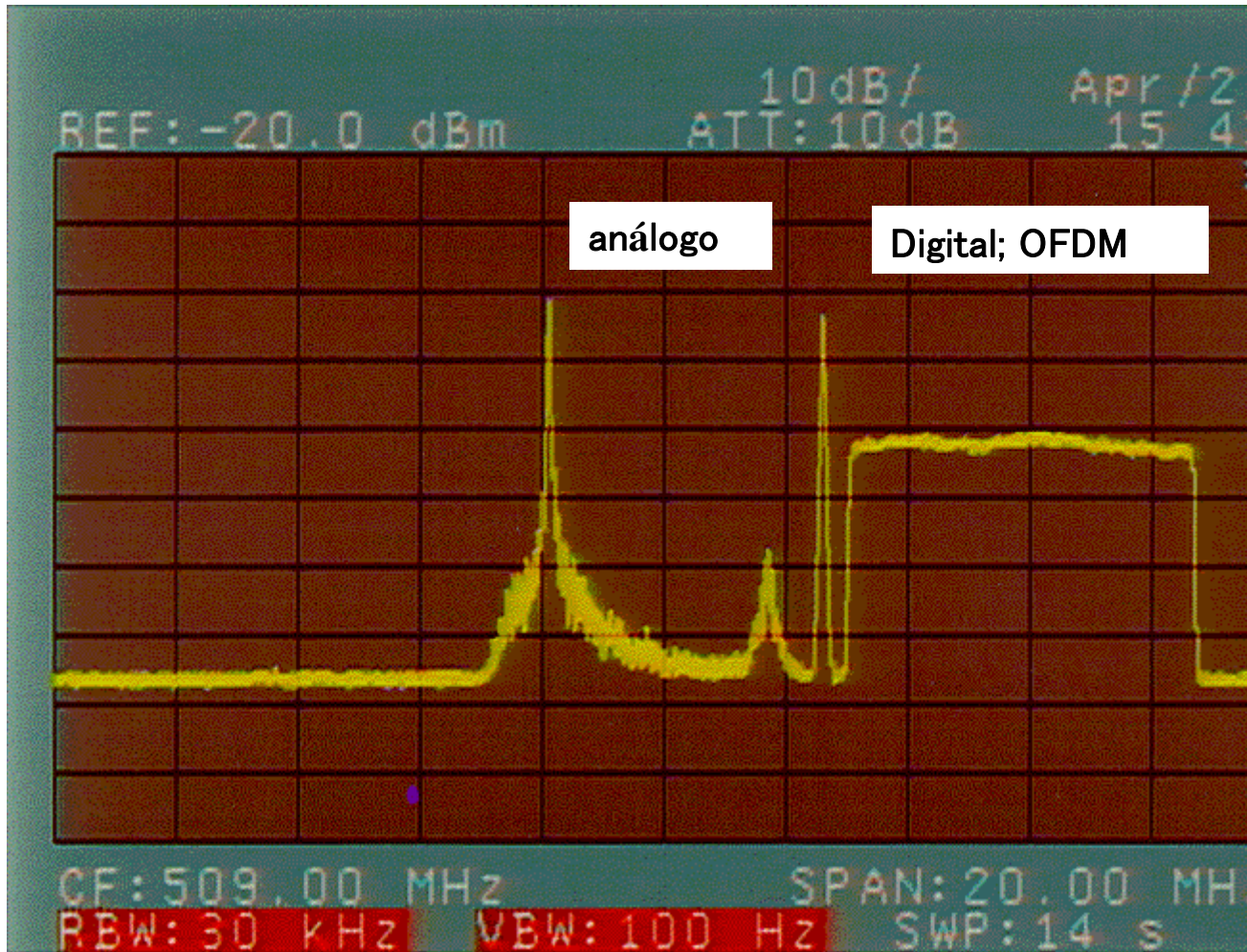
Separación de frecuencia= $1/T$



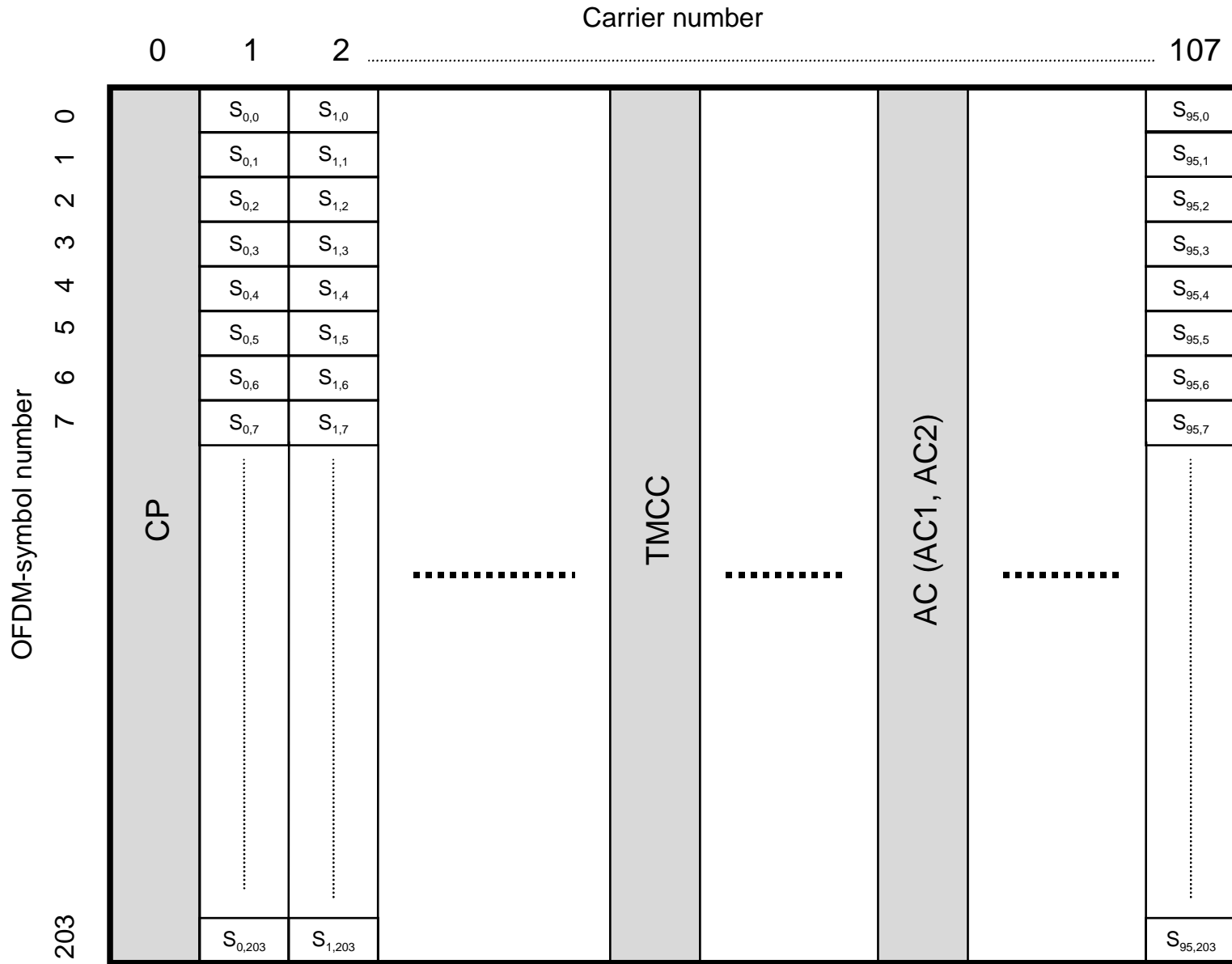
Ejemplo de la forma de onda OFDM



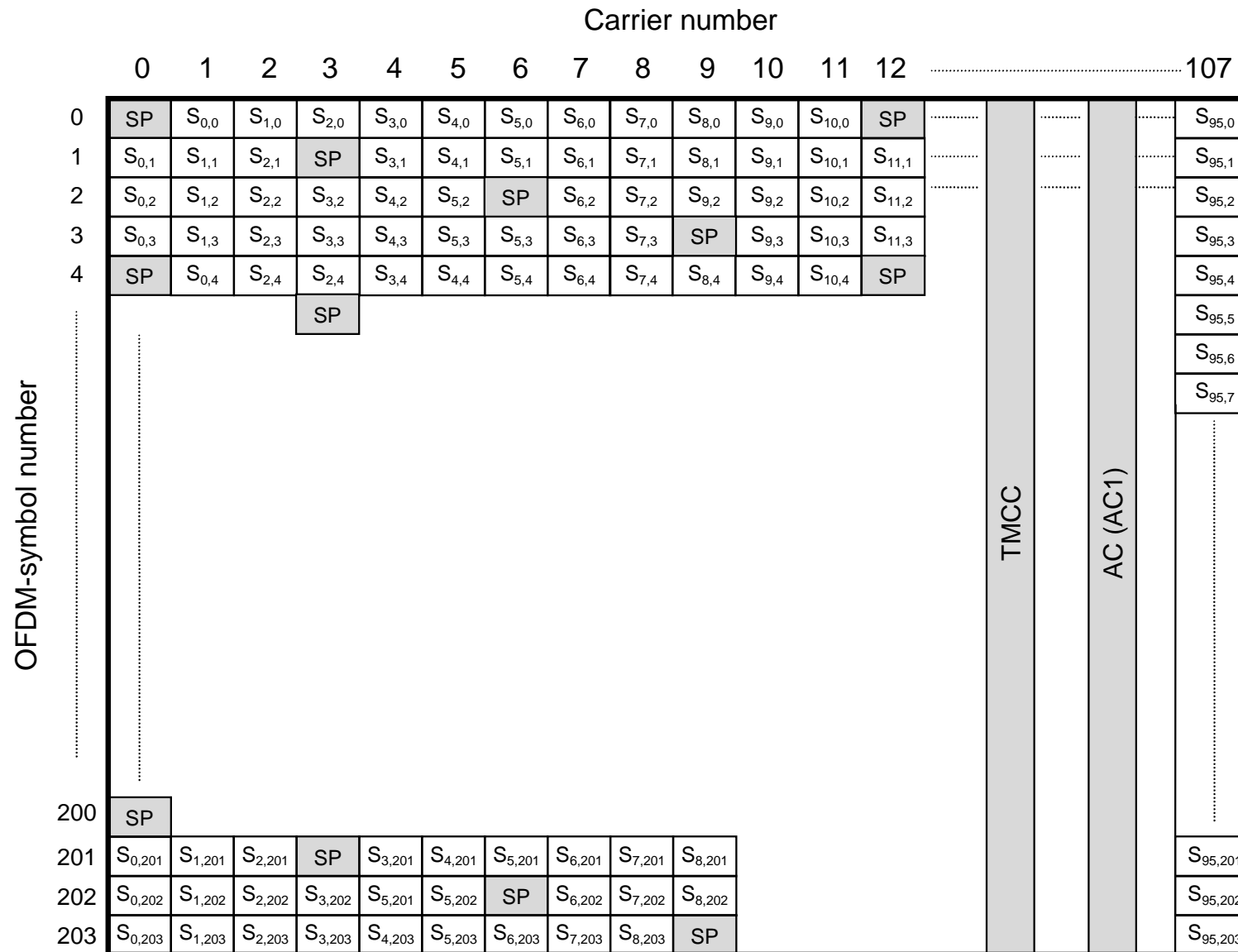
# Espectro de señal de TV



# Estructura de cuadro OFDM (DQPSK, modo 1)

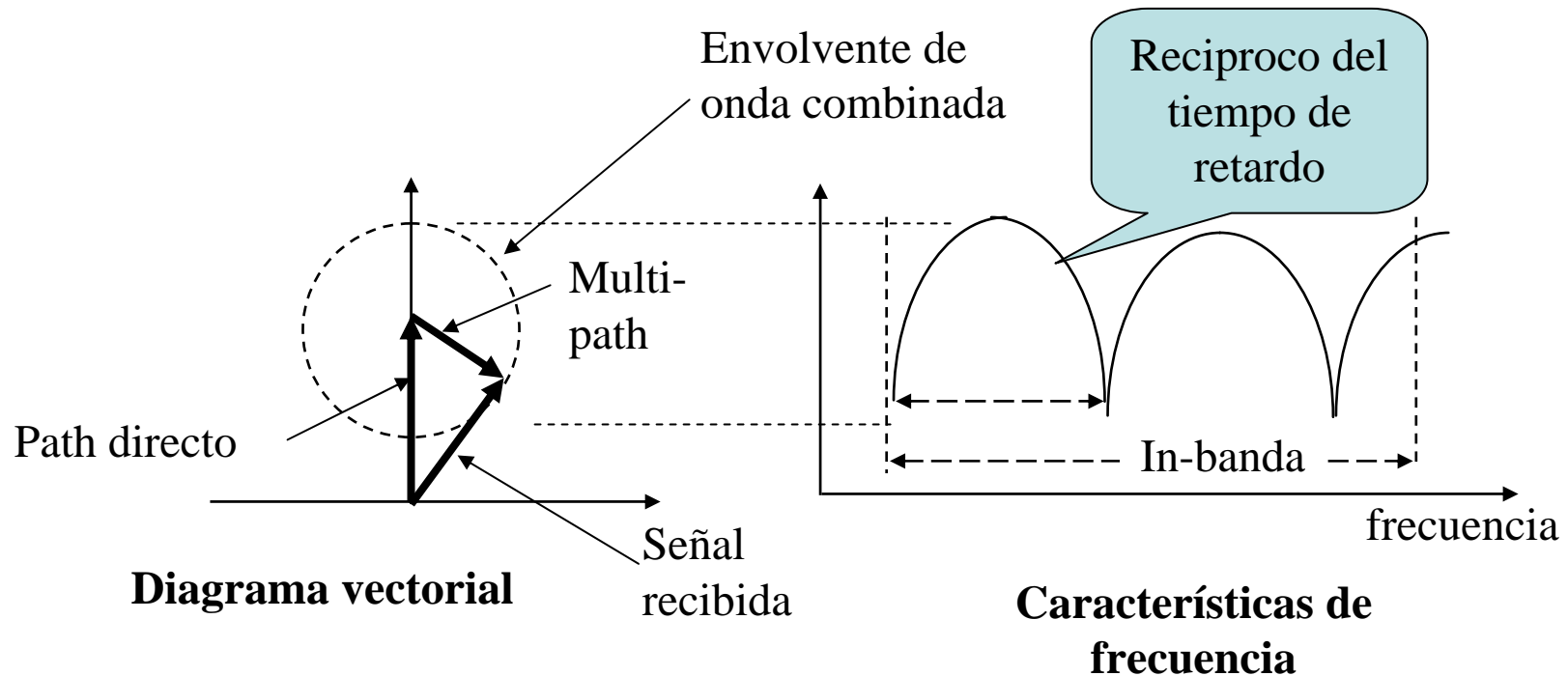


# Estructura de cuadro OFDM (QPSK, 16QAM, 64QAM, modo 1)



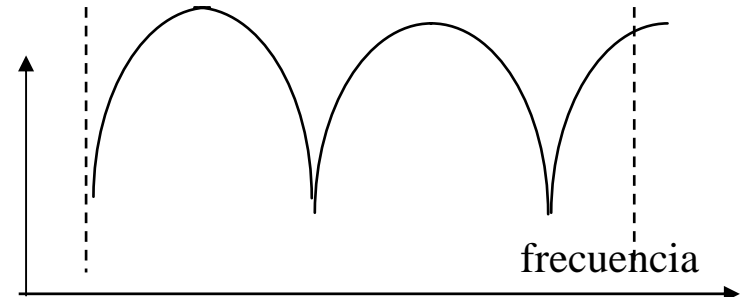
# Distorsión de las características de frecuencia causada por el efecto multi-path

Este dibujo nos muestra el efecto multi-path. Como se muestra, el nivel de la señal recibida varía en el dominio de la frecuencia.

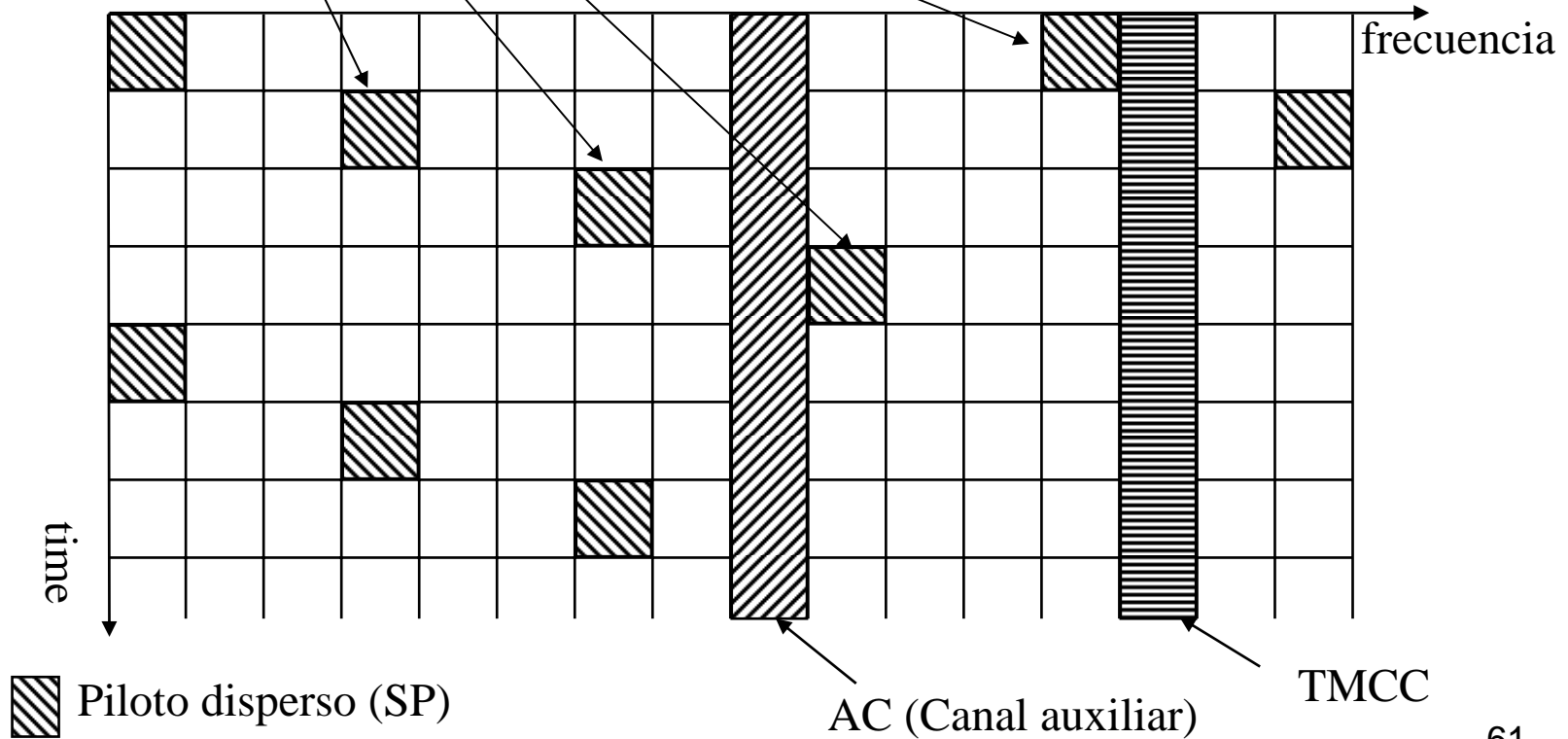


# Efecto de la señal piloto disperso (SP)

La señal piloto disperso (SP) es usada para compensar la distorsión de Frecuencia causada por el efecto multi Path.



Estimación de la característica de transmisión por SP



## Ejemplo de AC, TMCC (modo 1, QPSK, 16QAM, 64QAM)

(a) AC y TMCC Arreglos de portadora en Modo 1

Segmento No.	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
AC1_1	10	53	61	11	20	74	35	76	4	40	8	7	98
AC1_2	28	83	100	101	40	100	79	97	89	89	64	89	101
TMCC 1	70	25	17	86	44	47	49	31	83	61	85	101	23

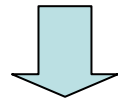
## Que es AC?

AC; (Auxiliary Channel) Canal auxiliar.

AC es un canal designado a llevar información adicional en una señal modulada de control de transmisión.

La información adicional del AC es transmitida por la modulación de la portadora piloto de un tipo similar a CP a través de DBPSK. La referencia de la modulación diferencial esta contenida en el primer cuadro del símbolo y toma la señal puntual correspondiente al valor  $W_i$  estipulado en la sección 3.13.1

- ➡ Los detalles del AC están especificados en la referencia de ARIB STD-B31.
- ➡ Recientemente, se ha propuesto una nueva utilización del AC, esto para poder llevar el control de transmisión a un a estación retransmisora. Los detalles se explicaran en el seminario #9



En el sistema DVB-T, El CP es insertado para sincronización de portadora en lugar de AC, pero el CP no puede contener información. Este es la ventaja del AC

**TMCC; transmission management and configuration control signal**  
**Manejo de transmisión y configuración de la señal de control**

La señal TMCC se usa para transmitir la información de como el receptor demodulara la información, tales como la configuración jerárquica y los parámetros de transmisión de segmentos OFDM

Tabla 3-20: Asignación de bit

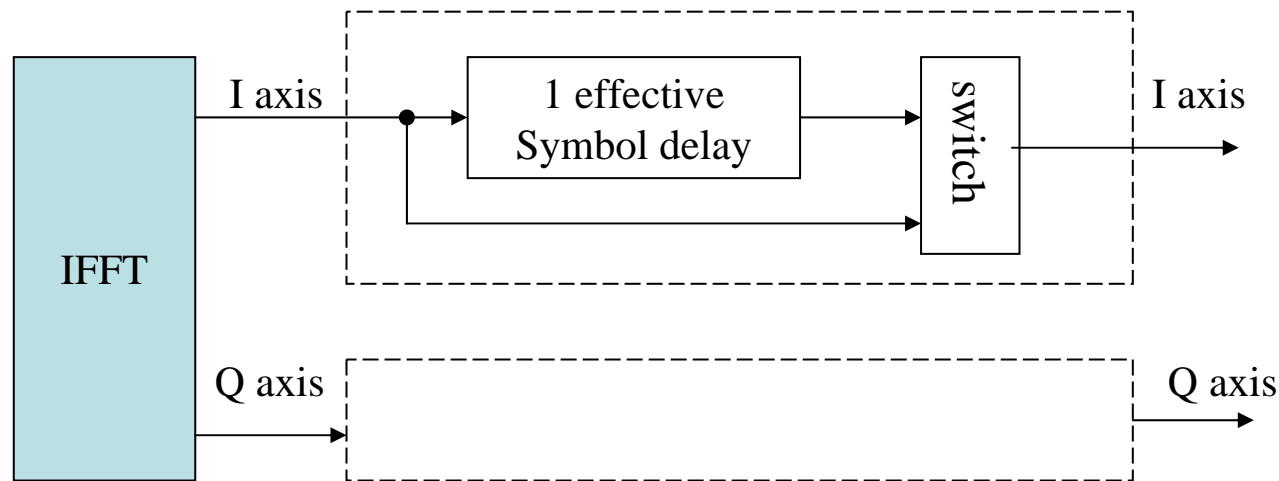
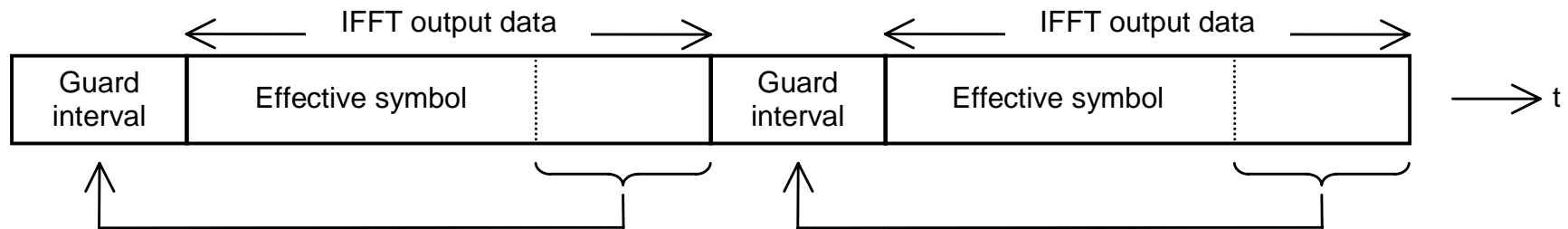
$B_0$	Referencia para la demodulación diferencial
$B_1 - B_{16}$	Sincronización de señal (w0 = 0011010111101110, w1 = 1100101000010001)
$B_{17} - B_{19}$	Identificación del tipo de segmento (diferencial: 111; sincrono: 000)
$B_{20} - B_{121}$	Información TMCC (102 bits)
$B_{122} - B_{203}$	Bit de paridad

Ver los detalles de información de TMCC en 3.15.6 de ARIB STD-B31

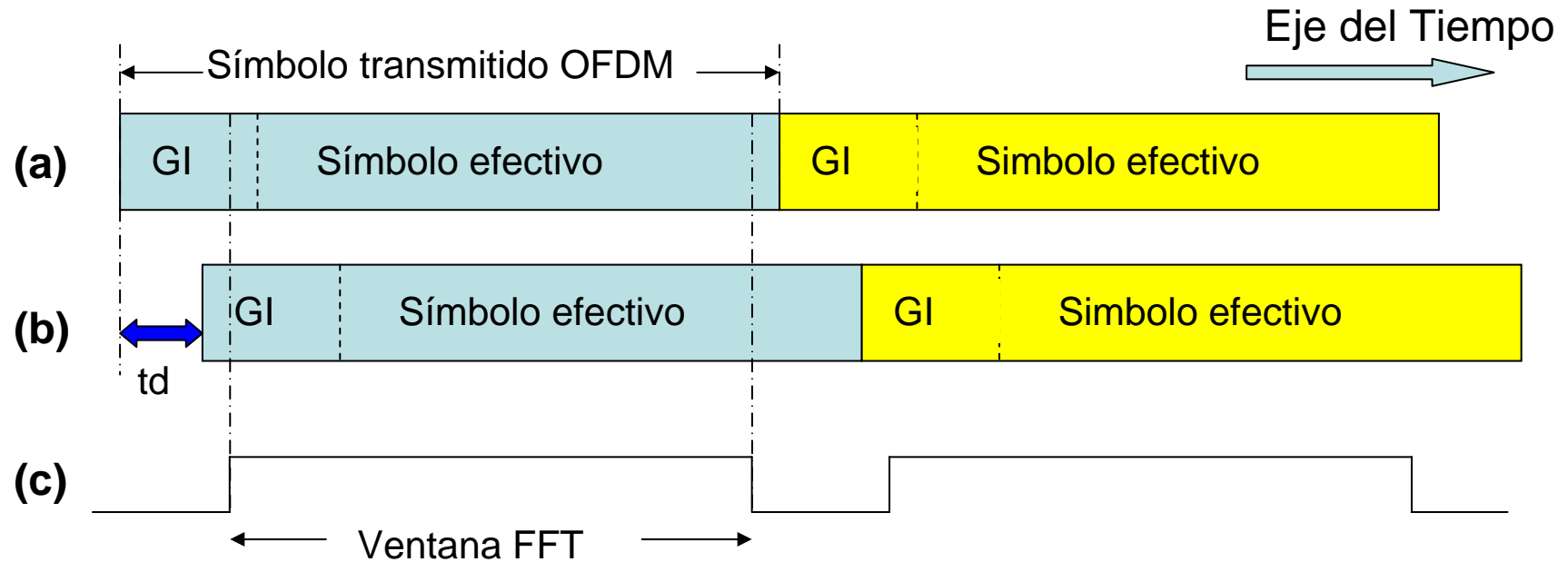


## Intervalo de Guarda

Un intervalo de guarda, la parte de la IFFT (Rápida transformada inversa de Fourier) de datos de salida para la duración específica, es agregado sin ninguna modificación al principio del símbolo efectivo. Esta operación se muestra en la Fig. 3-33.



# Efecto del intervalo de guarda



(a) : Onda directa del transmisor, (b) : onda reflejada (onda multi-path)

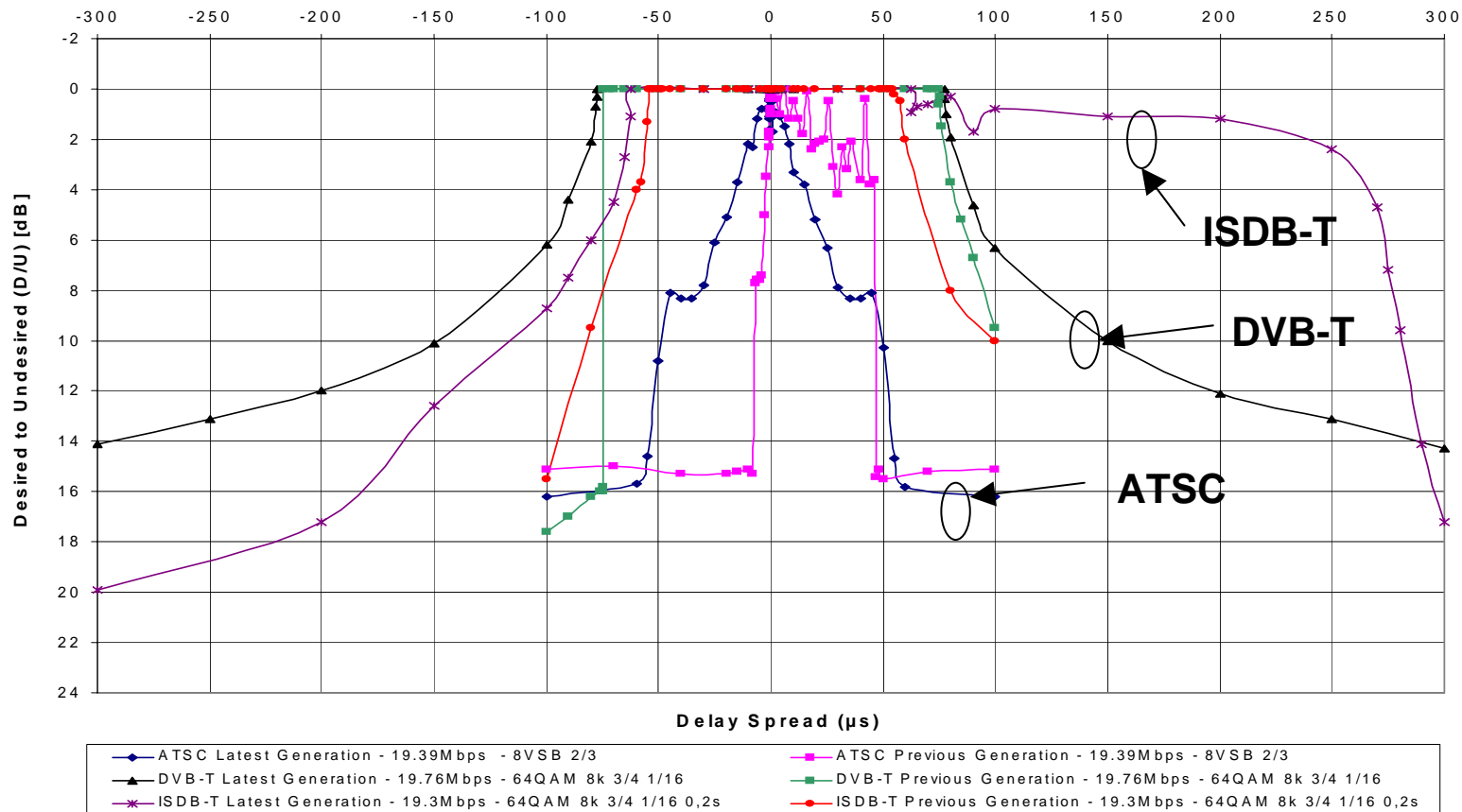
GI: Intervalo de guarda ,  $td$ : tiempo de retardo del multi-path, (c) Ventana FFT del receptor.

La ventana FFT del receptor corta una señal con longitud del TS (símbolo efectivo), esta señal es alimentada al FFT para demodular la señal OFDM. Si la ventana se fija dentro del intervalo del "símbolo transmitido en OFDM" la interferencia intersimbolo (ICI) no ocurrirá. Como resultado, si el tiempo de retardo del multi-path no es mas largo que el GI, la Interferencia multi-path es casi compensada.

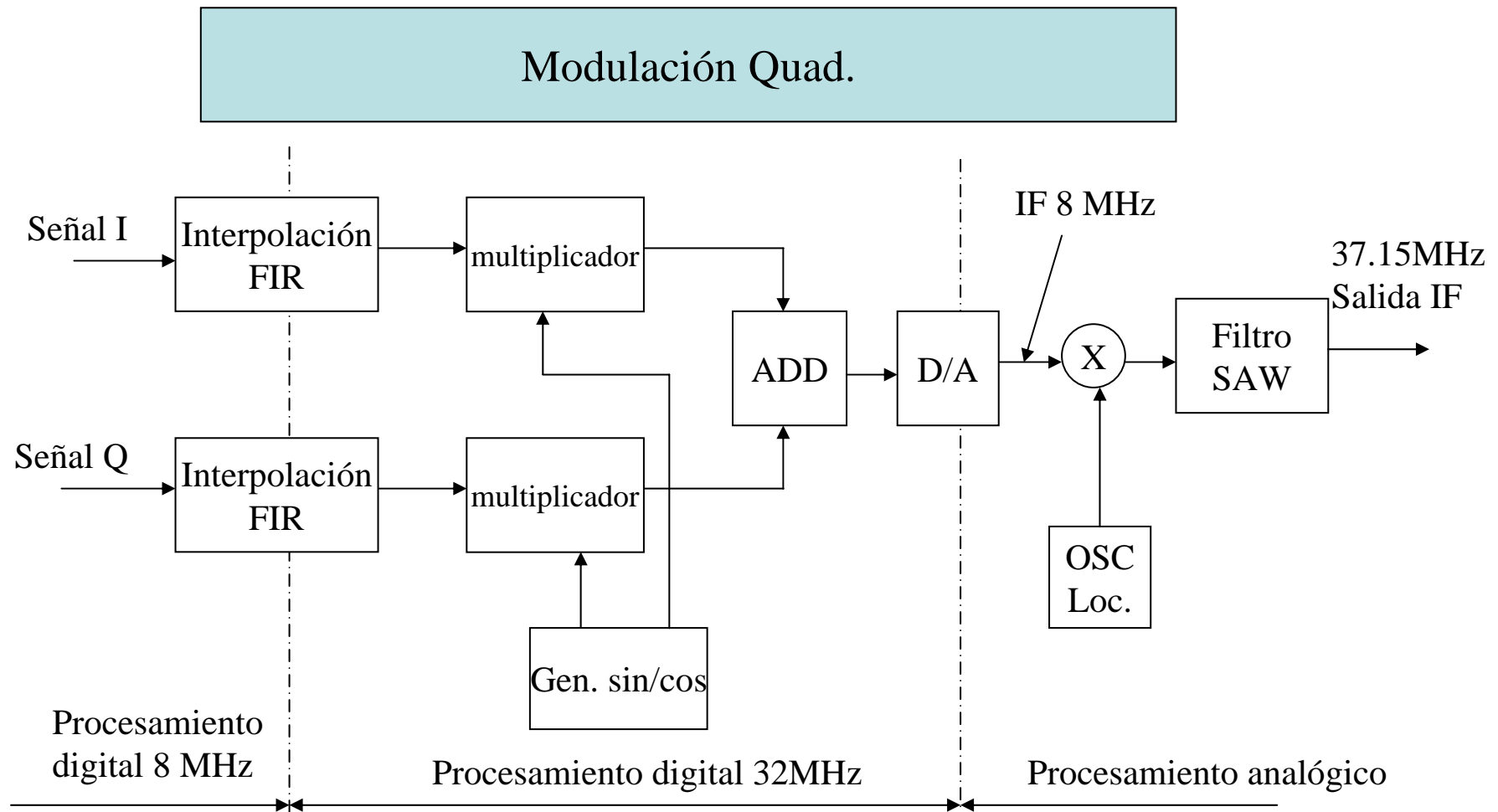
# Características bajo condiciones multi-path

## • Características de cada sistema DTTB

La siguiente grafica muestra la degradación por un multi-path, esto fue realizado y medido por la Universidad Mackenzie Presbyterian en otoño del 2005



Como se muestra, con una longitud de intervalo de guarda de (+/- 63 us), El sistema ISDB-T trabaja bien con casi una relación de 0dB D/U. En adición a esto, los demoduladores mas recientes LSI están integrados con la tecnología de compensación adaptativa, por lo que se puede abarcar en 0D/U hasta 250us



- (1) interpolación/FIR; Convierte el muestreo de 8 Mhz a un muestreo de 32 MHz
- (2) Mod. Quad; Multiplica la señal I y Q y las suma con un procesamiento de señal de 32 Mhz. La salida es una señal de 8 Mhz en OFDM con un muestreo de 32 Mhz.
- (3) El circuito análogo consiste en un convertidor de FI a 37.15 Mhz e incluye un filtro SAW.

## 5. Sistema de transmisión ISDB-T<sub>SB</sub>

1. Generalidades del sistema de transmisión ISDB-T<sub>SB</sub>
2. Sistema de transmisión consecutivo
3. Ejemplo de una estación con un transmisor consecutivo

En relación al estándar ARIB; B31 cláusula 3.12 – cláusula 3.15

## 1. Sistema de transmisión ISDB-T<sub>SB</sub>

### (1) Que es el sistema ISDB-T<sub>SB</sub>?

El sistema de transmisión ISDB-TSB es un sistema único de la familia del sistema ISDB-T.

Este sistema de transmisión ha sido estandarizado para la utilización de banda estrecha en sistemas de transmisión ISDB-T, la cual esta enfocada para audio y servicios de datos, por lo tanto se ha llamado ISDB-TSB.

### (2) Compatibilidad con el sistema ISDB-T

(a) Tienen la misma construcción del segmento de transmisión. Pero, considerando una banda estrecha de recepción, solo 1 segmento y 3 segmentos de transmisión son estandarizados.

(b) Adopta los mismo parámetros de transmisión del sistema ISDB-T.

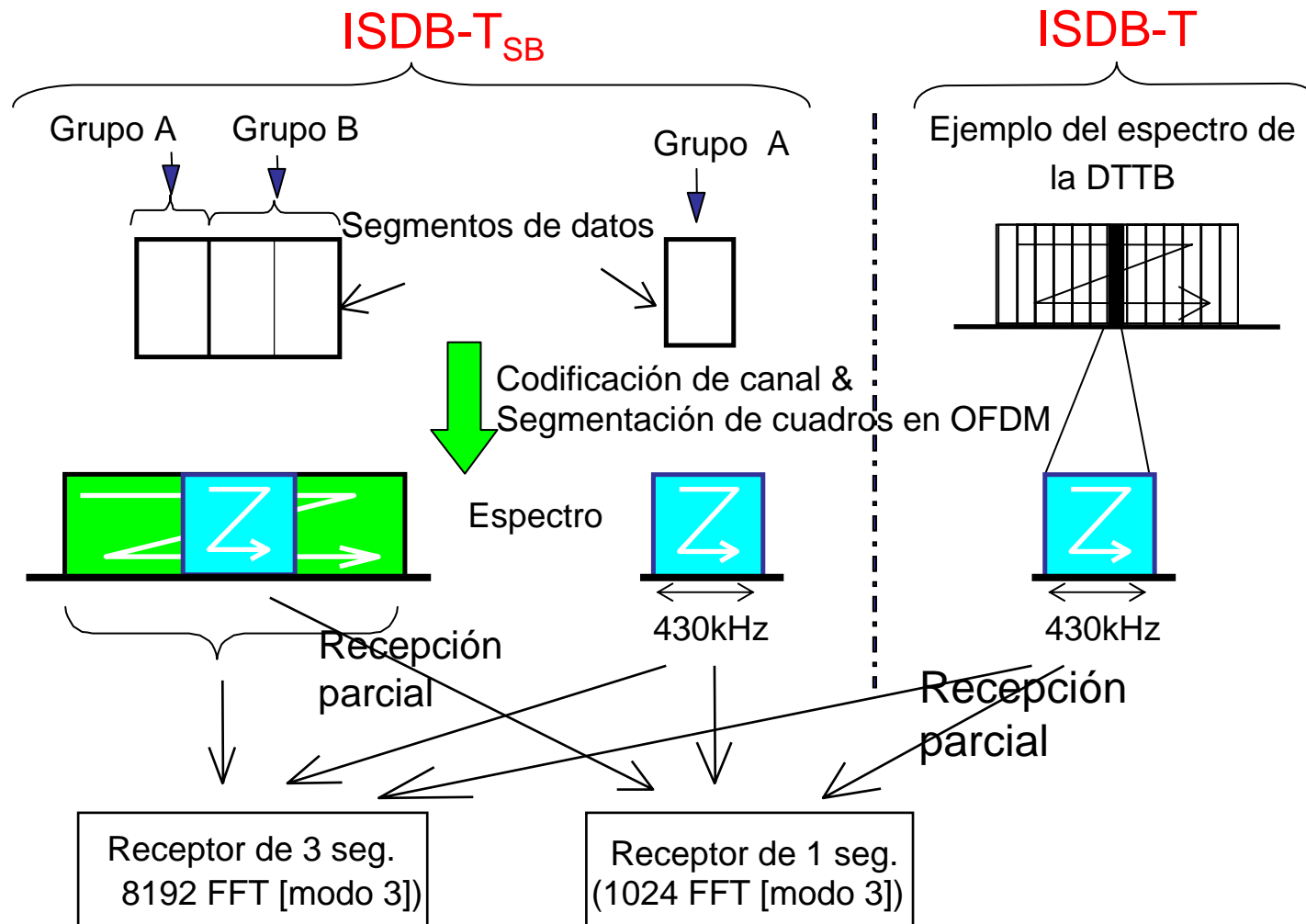
(c) Compatibilidad en un receptor de un segmento con el sistema ISDB-T en recepción parcial

### (3) Eficiencia en el uso de la frecuencia

(a) Sistema de transmisión consecutivo. Este tipo de sistema es único y solo para el sistema ISDB-TSB, este sistema de transmisión se utiliza para transmitir canales plurales sin intervalo de guarda.

(b) Para lograr la transmisión consecutiva, se utiliza la tecnología de compensación de fase del lado del transmisor.

# Transmision y recepcion parcial en ISDB-T<sub>SB</sub>



## Parámetros de transmisión

Modo	1	2	3
Segmentos	1 o 3		
Ancho de banda	430kHz o 1.3MHz		
Separación entre portadoras	3.97kHz	1.98kHz	0.99kHz
Total de portadoras	109 / 325	217 / 649	433 / 1297
Portadoras de datos	96 / 288	192 / 576	384 / 1152
Portadoras TMCC AC, CP SP	13 / 37	25 / 73	49 / 145
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		



## Parámetros de transmisión (continuación)

Modo	1	2	3
Longitud del símbolo	252 $\mu$ s	504 $\mu$ s	1.008ms
Intervalo de guarda	1/4 ~ 1/32 de la longitud del símbolo		
Símbolos/cuadro	204		
Duración de cuadro	53 ~ 64ms	106 ~ 129ms	212 ~ 257ms
Código interno	Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Código externo	(204,188) código RS		
Interleaving	Tiempo y frecuencia		

## Ejemplo de información bit-rate(Velocidad TS)

	1 segmento	3 segmentos	notas
QPSK, $r=1/2, T_g=1/4$	280kbps	0.84Mbps	<b>Velocidad mínima</b>
QPSK, $r=1/2, T_g=1/16$	330kbps	0.99Mbps	
QPSK, $r=2/3, T_g=1/16$	440kbps	1.32Mbps	
16QAM, $r=1/2, T_g=1/16$	660kbps	1.98Mbps	
64QAM, $r=7/8, T_g=1/32$	1.87Mbps	5.20Mbps	<b>Máxima velocidad</b>
Ancho de banda	430kbps	1.3Mbps	

La información de la velocidad de transferencia no depende del modo de transmisión 1,2 o 3, estas dependen de la modulación, velocidad de codificación e intervalo de guarda.

# Utilización del espectro (1)

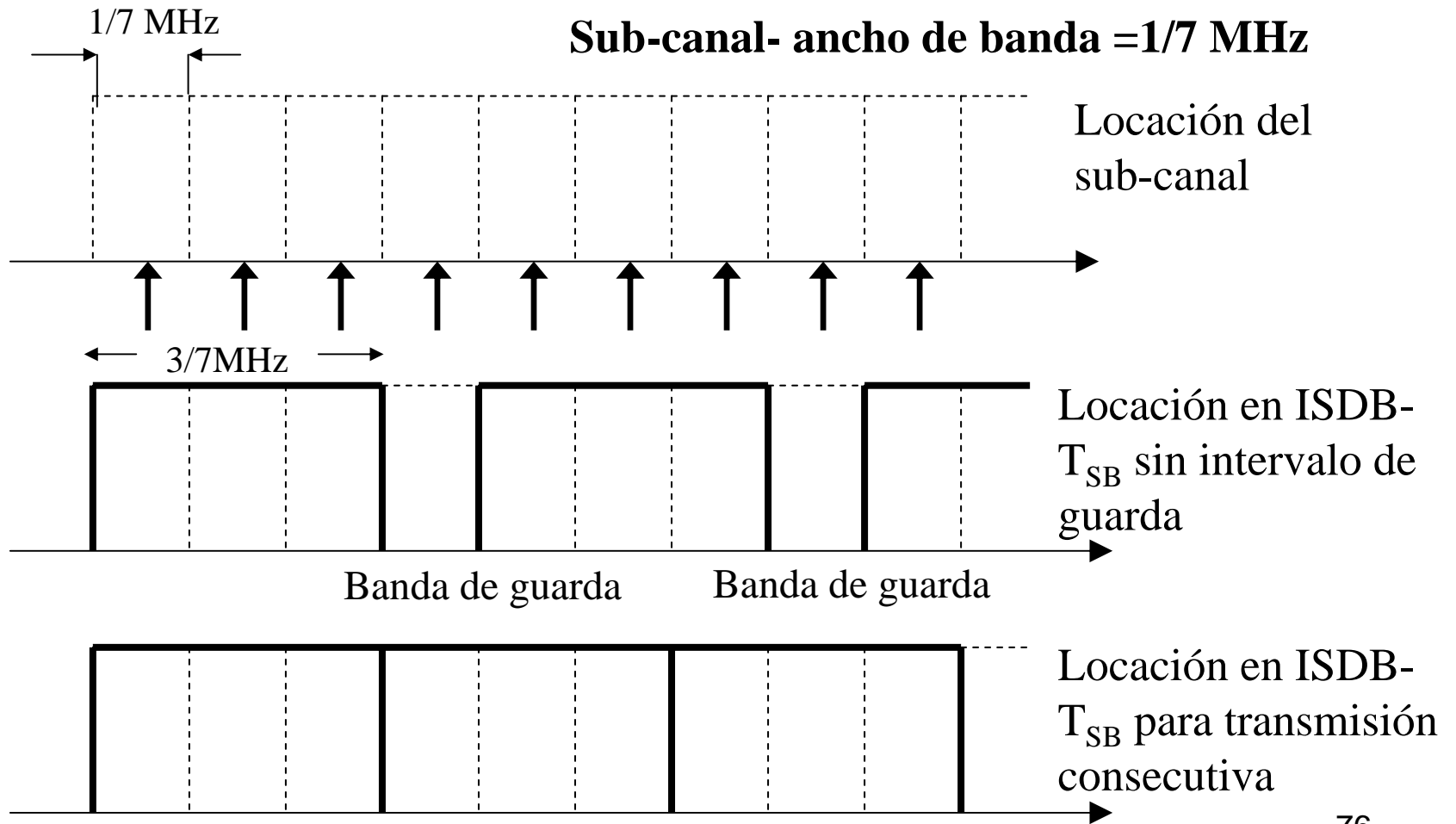
Las bandas de frecuencia para transmisión se ven como una secuencia de segmentos, los cuales usan  $1/14$  de el ancho de banda del canal.

Es esquema BST-OFDM provee lo siguiente.

- DTV usa 13 segmentos, dejando uno como banda de guarda.
- DSB usa 1 o 3 segmentos
- La recepción de 1-segmento de 13 segmentos-TV se logra con un receptor DSB.
- Transmisión consecutiva de segmentos sin intervalos de guarda.
- re-empaquetamiento de frecuencia sistemática a través de la era digital

# Locación de frecuencia en transmisión consecutiva

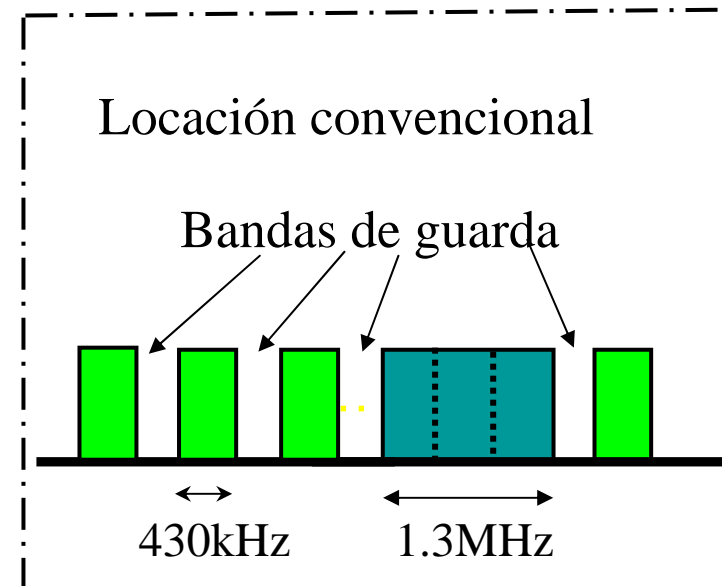
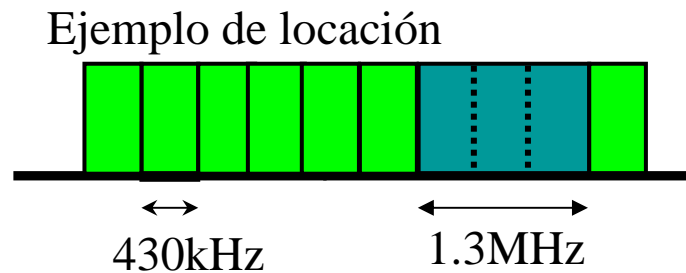
## Concepto de sub-canal



## Utilización del espectro (2)

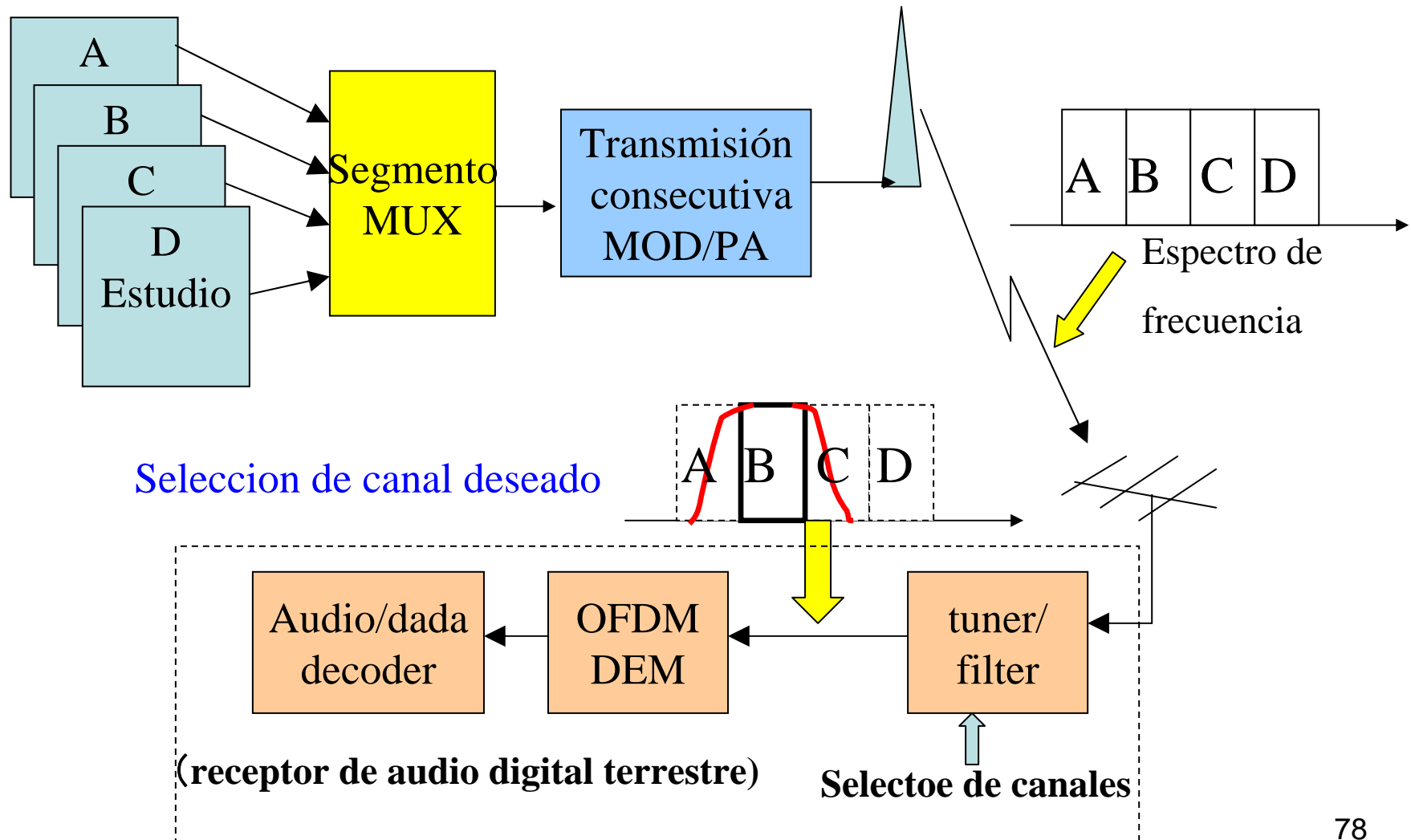
### Transmisión consecutiva segmentada de canales DSB

Transmisión de un transmisor sencillo manteniendo las condiciones en OFDM

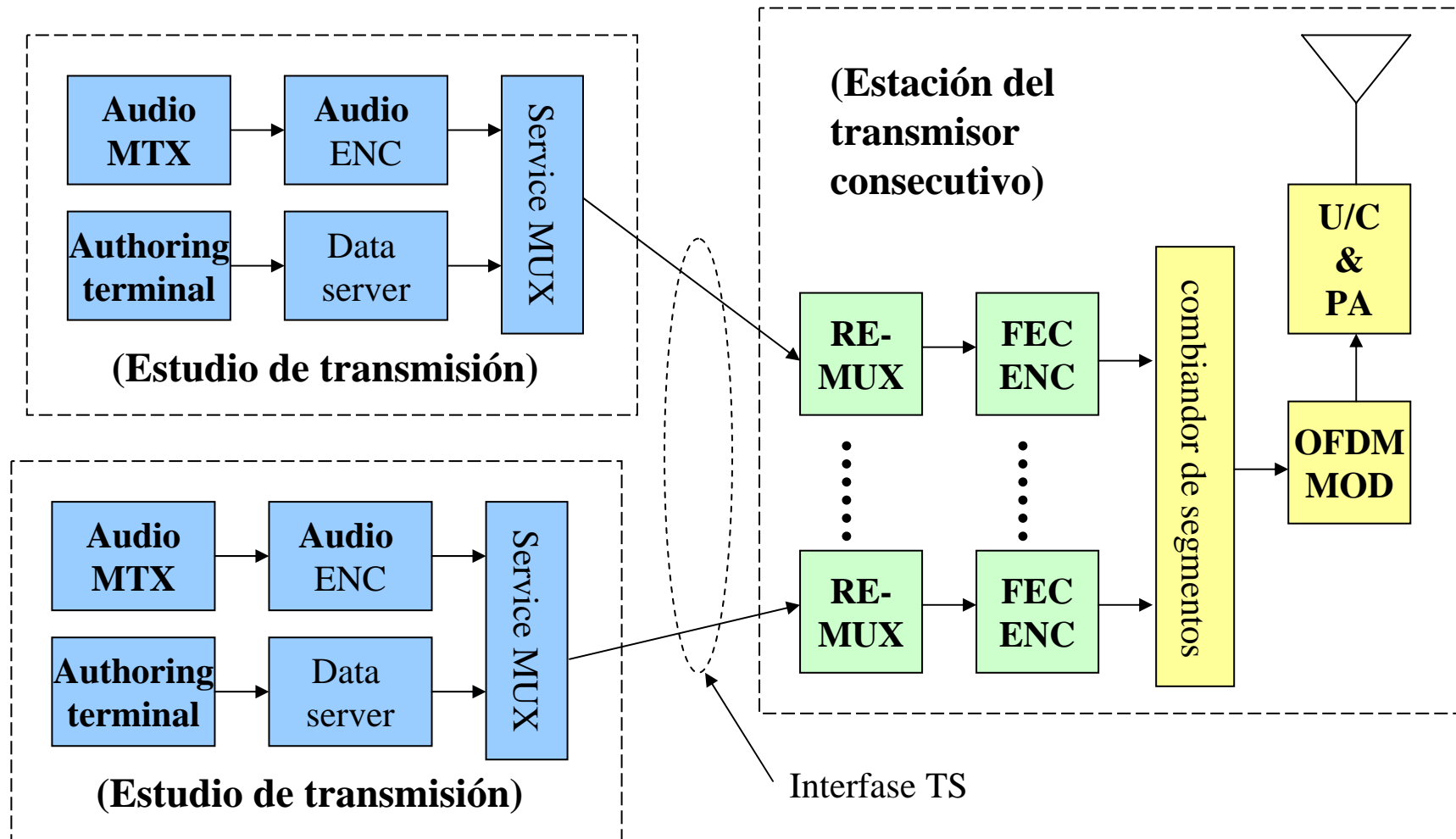


La utilización de la frecuencia se puede hacer eficiente y mejorar hasta un 150%.

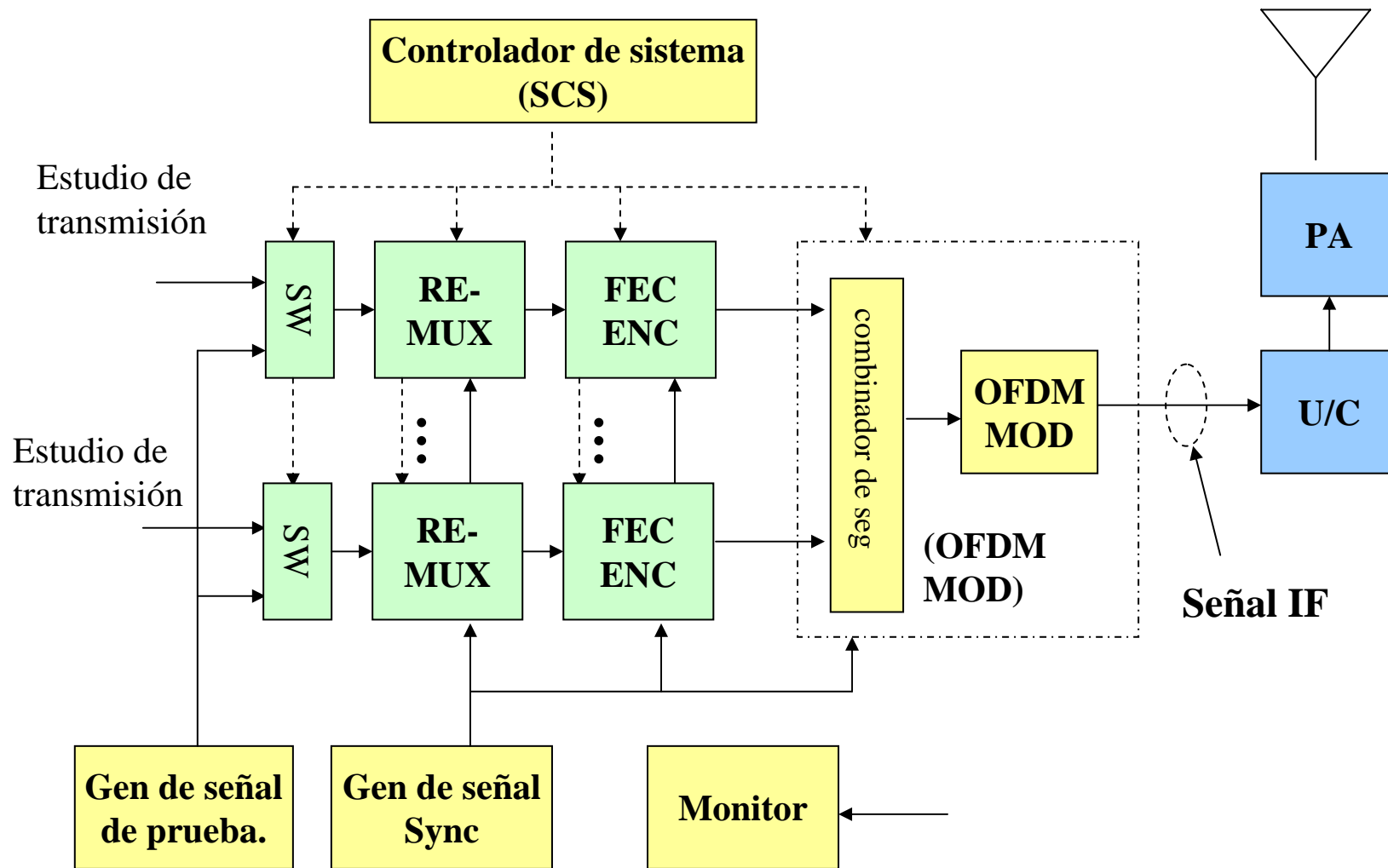
# Transmisión y recepción consecutiva



# Estudio ISDB-TSB & sistema de transmisión para transmisión consecutiva



# Detalles del transmisor en ISDB-T<sub>SB</sub> transmitter diagrama a bloques



Después del RE-MUX, el cuadro y reloj de cada canal son sincronizados



# FIN del seminario #3

Gracias por su atención