

## [ANEXO 1]

### [Continuación del marco teórico]

#### Sistema de transmisión según la norma brasileña ISDB-Tb / SBTVD

En la transmisión, una o más entradas conteniendo haz de datos Transporte de stream (TS), definidas en el sistema MPEG-2, se deben remultiplexar obligatoriamente para crear un único TS. Ese TS debe obligatoriamente ser sometido a la etapa de codificación de canal múltiple, de acuerdo con la intención de servicio y debe, obligatoriamente, ser entonces enviado como una señal OFDM común (ver Figura xx1). (Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2007)

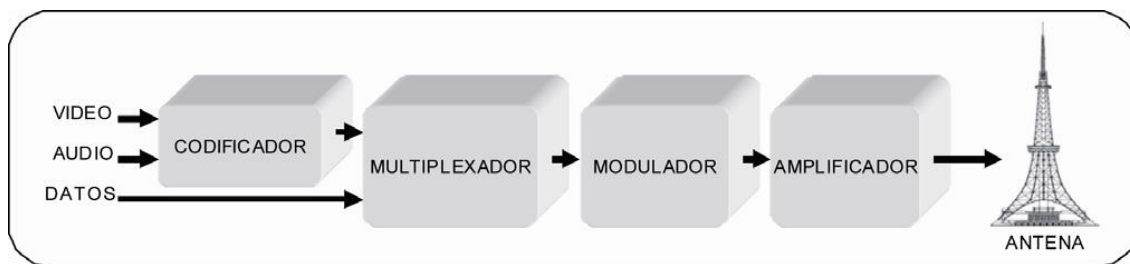


Figura 1 **Visión general del sistema de transmisión**

La transmisión digital terrestre debe utilizar obligatoriamente el *time interleaving* (*Entrelazado de tiempo*) para proveer una codificación con la menor tasa de errores para recepción móvil, en las cuales son inevitables las variaciones de intensidad de campo. El espectro de la radiodifusión de televisión digital debe obligatoriamente consistir en 13 bloques OFDM sucesivos, con cada segmento ocupando 1/14 del ancho de canal de televisión.

Un segmento OFDM debe obligatoriamente tener una configuración que permita la conexión de múltiples segmentos para abastecer un ancho de transmisión que atienda a la necesidad del medio. En la entrada del sistema de transmisión las señales ya codificadas (audio y video) y las de datos deben ser multiplexadas para luego ser moduladas, tal cual como se muestra en

el esquema general del sistema de transmisión (fig.xx1). (Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2007)

### Transmisión jerárquica

La codificación de canal debe obligatoriamente ser realizada en unidades de segmento OFDM. Un único canal de televisión debe obligatoriamente ser usado simultáneamente para servicio de recepción fija, recepción móvil y recepción portátil (transmisión jerárquica).

Cada capa jerárquica debe obligatoriamente consistir en uno o más segmentos OFDM. Parámetros como esquema de modulación de portadoras OFDM, tasa de *inter code* y de *time interleaving* pueden ser especificados para cada capa jerárquica. Pueden ser definidas hasta tres capas jerárquicas, siendo que un segmento puede ser usado para recepción parcial, siendo también considerada una capa jerárquica (ver Figura xx2).

El número de segmentos y el conjunto de parámetros de codificación de cada capa jerárquica pueden ser configurados por el radiodifusor. La señal TMCC debe obligatoriamente contener las informaciones de control e informaciones necesarias para auxiliar al receptor en la identificación de los modos de operación

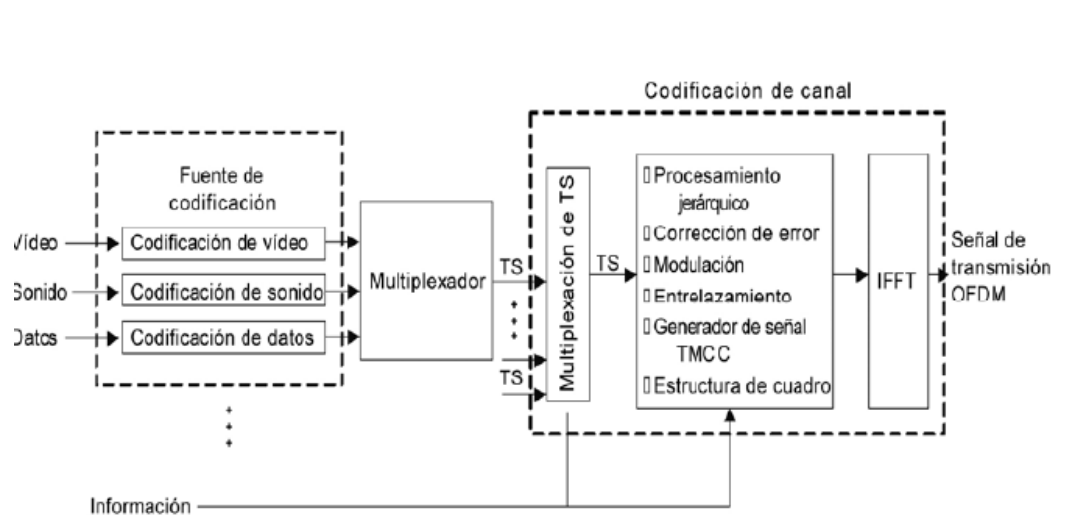
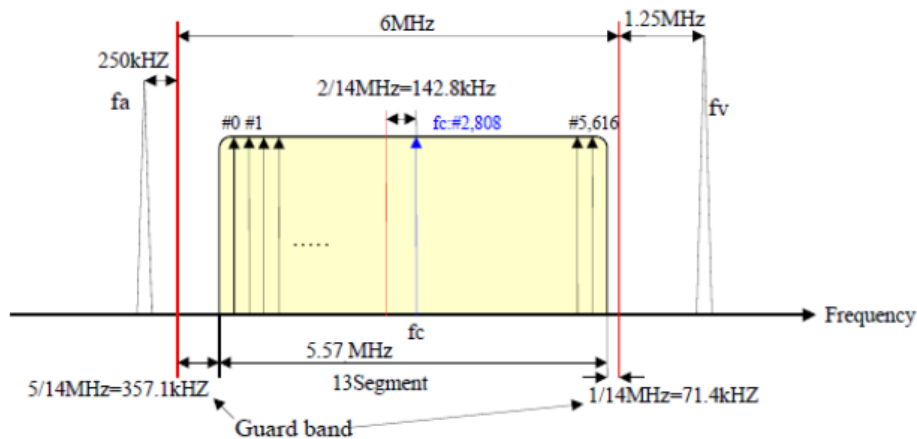


Figura2 Diagrama en bloques del sistema de transmisión

Fuente: ABNT NBR 15602

## Recepción parcial

El segmento central del espectro, que consiste en 13 segmentos, puede ser sometido al proceso de entrelazamiento de frecuencia sin la participación de las demás porciones del espectro de radiodifusión. Ese tipo de configuración permite la creación de un servicio portátil (*one-seg*), que consiste en una de las capas del servicio de televisión.



One TV channel frequency spectrum.

## Esquema de codificación de canal

### Parámetros principales

Todas las especificaciones técnicas referentes a la codificación de canal deben obligatoriamente estar de acuerdo con la ARIB STD-B31:2005, sección 3, con la ITU Recommendation BT.1306, Anexo 1.c, y también con la Tabla xx1.

Tabla xx1. Parámetros del sistema de transmisión

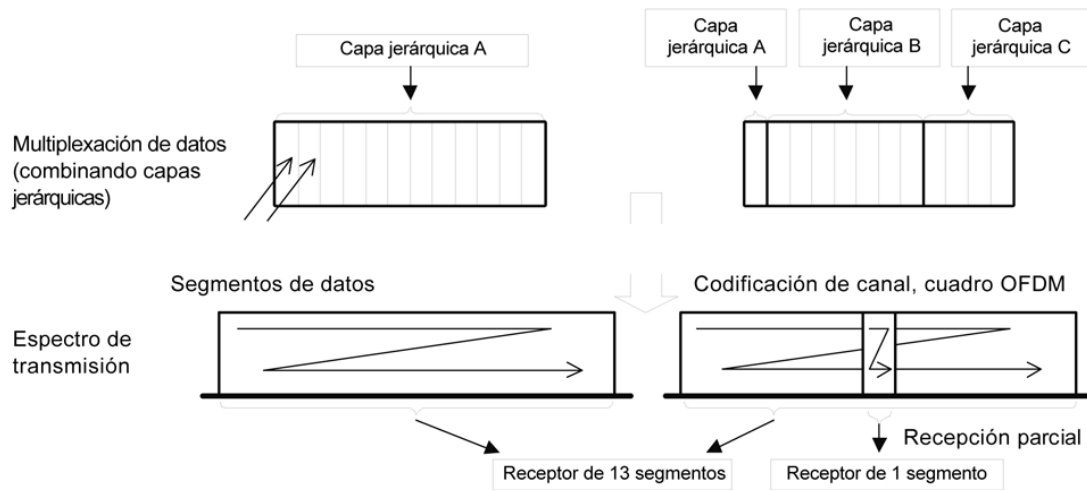
Parámetros		Valores
1	Número de segmentos	13
2	Ancho del segmento	6.000/14 = 428,57 kHz
3	Banda UHF	5,575 MHz 1 (modo 1) 5,573 MHz 2 (modo 2) 5,572 MHz 3 (modo 3)
4	Número de portadoras	1 405 (modo 1) 2.809 (modo 2) 5.617 (modo 3)
5	Método de modulación	DQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
6	Duración de los símbolos activos	252 $\mu$ s (modo 1) 504 $\mu$ s (modo 2) 1.008 $\mu$ s (modo 3)
7	Separación de portadoras	Bws/108 = 3,968 kHz (modo 1) Bws/216 = 1,984 kHz (modo 2) Bws/432 = 0,992 kHz (modo 3)
8	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 63; 31,5; 15,75; 7,875 $\mu$ s (modo 1) 126; 63; 31,5; 15,75 $\mu$ s (modo 2) 252; 126; 63; 31,5 $\mu$ s (modo 3)
9	Duración total de los símbolos	315; 283,5; 267,75; 259,875 $\mu$ s (modo 1) 628; 565; 533,5; 51 7,75 $\mu$ s (modo 2) 1 260; 1 134; 1 071; 1 039,5 $\mu$ s (modo 3)
10	Duración del cuadro de transmisión	204 símbolos OFDM
11	Codificación de canal	Código convolucional, tasa = 1/2 con 64 estados Punzado para las tasas 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
12	Entrelazamiento interno	Entrelazamiento intra e inter-segmentos (entrelazamiento en frecuencia) Entrelazamiento convolucional con profundidad de <i>interleaving</i> 0; 380; 760; 1.520 símbolos (modo 1) 0; 190; 380; 760 símbolos (modo 2), 0; 95; 190; 380 símbolos (modo 3)

Los datos transmitidos deben obligatoriamente consistir en un grupo TS, que incluye múltiples TSP definidos en el sistema MPEG-2.

Los segmentos de datos se deben someter obligatoriamente a la codificación de canal requerida. Posteriormente, señales piloto se deben agregar obligatoriamente al segmento de datos en la sección de cuadro OFDM para formar un segmento OFDM (con ancho de 6/14 MHz).

Todos los 13 segmentos OFDM deben obligatoriamente ser convertidos colectivamente en señales de transmisión OFDM por la IFFT.

El esquema de codificación de canal debe obligatoriamente permitir la transmisión jerárquica en la cual múltiples capas jerárquicas, con diferentes parámetros de transmisión, pueden ser transmitidas simultáneamente (ver Figura xx3).



**Figura 3 — Ejemplo de transmisión jerárquica y recepción parcial**

Cada capa jerárquica debe obligatoriamente consistir en uno o más segmentos OFDM. Parámetros como esquema de modulación de la portadora, tasa del *inter code* y longitud del *time interleaving* pueden ser especificados para cada capa jerárquica. Hasta tres capas jerárquicas pueden ser transmitidas en un canal de 6 MHz

Los parámetros del segmento OFDM deben obligatoriamente estar de acuerdo con la Tabla 2 y los parámetros de la señal de transmisión deben obligatoriamente estar de acuerdo con la Tabla 3.

La tasa de datos por segmento debe obligatoriamente estar de acuerdo con la Tabla xx4 y la tasa de datos para todos los 13 segmentos debe obligatoriamente estar de acuerdo con la Tabla 5.

**Tabla 2 — Parámetros del segmento OFDM**

Modo		Modo 1		Modo 2		Modo 3	
Ancho de la banda		3000/7 = 428,57 kHz					
Separación entre frecuencias portadoras		250/63 kHz		125/63 kHz		125/126 kHz	
Número de portadoras	Total	108	108	216	216	432	432
	Datos	96	96	192	192	384	384
	SP <sup>a</sup>	9	0	18	0	36	0
	CP <sup>a</sup>	0	1	0	1	0	1
	TMCC <sup>b</sup>	1	5	2	10	4	20
	AC1 <sup>c</sup>	2	2	4	4	8	8
	AC2 <sup>c</sup>	0	4	0	9	0	19
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK	QPSK 16QAM 64QAM	DQPSK
Símbolos por cuadro		204					
Tamaño del símbolo efectivo		252 $\mu$ s		504 $\mu$ s		1008 $\mu$ s	
Intervalo de guarda		63 $\mu$ s (1/4), 31,5 $\mu$ s (1/8), 15,75 $\mu$ s (1/16),		126 $\mu$ s (1/4), 63 $\mu$ s (1/8), 31,5 $\mu$ s (1/16),		252 $\mu$ s (1/4), 126 $\mu$ s (1/8), 63 $\mu$ s (1/16),	
Longitud del cuadro		64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16),		128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16),		257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16),	
Frecuencia de muestreo de la IFFT		512/63 = 8,12698 MHz					
Entrelazamiento interno		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)					
Codificador externo		RS (204,188)					
<sup>a</sup> SP y CP son usados por el receptor para fines de sincronización y demodulación. <sup>b</sup> MCC es información de control. <sup>c</sup> AC se usa para transmitir información adicional. AC1 está disponible en igual número en todos los segmentos, mientras que AC2 está disponible solamente en segmento de modulación diferencial.							

**Tabla xx3 — Parámetros de la señal de transmisión**

Modo		Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos OFDM $N_s$		13		
Ancho de banda		$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 250/63 \text{ kHz}$ = 5,575MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/63 \text{ kHz}$ = 5,573MHz	$3000/7 \text{ kHz} \times N_s + 125/126 \text{ kHz}$ = 5,572 MHz
Número de segmentos de modulación diferencial		$n_d$		
Número de segmentos de modulación sincrona		$n_s$ ( $n_s + n_d = N_s$ )		
Separación entre frecuencias portadoras		$250/63 = 3,968 \text{ kHz}$	$125/63 = 1,984 \text{ kHz}$	$125/126 = 0,992 \text{ kHz}$
Número de portadoras	Total	$108 \times N_s + 1 = 1\ 405$	$216 \times N_s + 1 = 2\ 809$	$432 \times N_s + 1 = 5\ 617$
	Datos	$96 \times N_s = 1\ 248$	$192 \times N_s = 2\ 496$	$384 \times N_s = 4\ 992$
	SP	$9 \times n_s$	$18 \times n_s$	$36 \times n_s$
	CP <sup>a</sup>	$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$
	TMCC	$n_s + 5 \times n_d$	$2 \times n_s + 10 \times n_d$	$4 \times n_s + 20 \times n_d$
	AC1	$2 \times N_s = 26$	$4 \times N_s = 52$	$4 \times N_s = 104$
	AC2	$4 \times n_d$	$9 \times n_d$	$19 \times n_d$
Esquema de modulación de las portadoras		QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Símbolos por cuadro		204		
Tamaño del símbolo efectivo		252 $\mu\text{s}$	504 $\mu\text{s}$	1008 $\mu\text{s}$
Intervalo de guarda		63 $\mu\text{s}$ (1/4), 31,5 $\mu\text{s}$ (1/8), 15,75 $\mu\text{s}$ (1/16), 7,875 $\mu\text{s}$ (1/32)	126 $\mu\text{s}$ (1/4), 63 $\mu\text{s}$ (1/8), 31,5 $\mu\text{s}$ (1/16), 15,75 $\mu\text{s}$ (1/32)	252 $\mu\text{s}$ (1/4), 126 $\mu\text{s}$ (1/8), 63 $\mu\text{s}$ (1/16), 31,5 $\mu\text{s}$ (1/32)
Longitud del cuadro		64,26 ms (1/4), 57,834 ms (1/8), 54,621 ms (1/16), 53,0145 ms (1/32)	128,52 ms (1/4), 115,668 ms (1/8), 109,242 ms (1/16), 106,029 ms (1/32)	257,04 ms (1/4), 231,336 ms (1/8), 218,484 ms (1/16), 212,058 ms (1/32)
<i>Inner code</i>		Código convolucional (1/2, 2/3, 3/4 5/6, 7/8)		
<i>Outer code</i>		RS (204,188)		

<sup>a</sup> El número de CP representa la suma de los CP en el segmento más un CP agregado a la derecha de la banda total.

**Tabla 4 — Tasa de datos de un único segmento**

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por cuadro	Tasa de datos <sup>a</sup> kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
QPSK	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/1 68	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
64QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28

<sup>a</sup> Esa tasa de datos representa la tasa de datos (bits) por segmento para parámetros de transmisión:  
tasa de datos (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/longitud del cuadro.



**Tabla 5 — Tasa total de datos para 13 segmentos**

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

NOTA En esta tabla, los mismos parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos durante la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13 segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por esos segmentos, que puede ser determinado de acuerdo con la Tabla 4.

### Configuración básica de la codificación de canal

La Figura xx4 muestra, de manera simplificada, la estructura del sistema de transmisión del sistema de televisión digital terrestre brasileño.

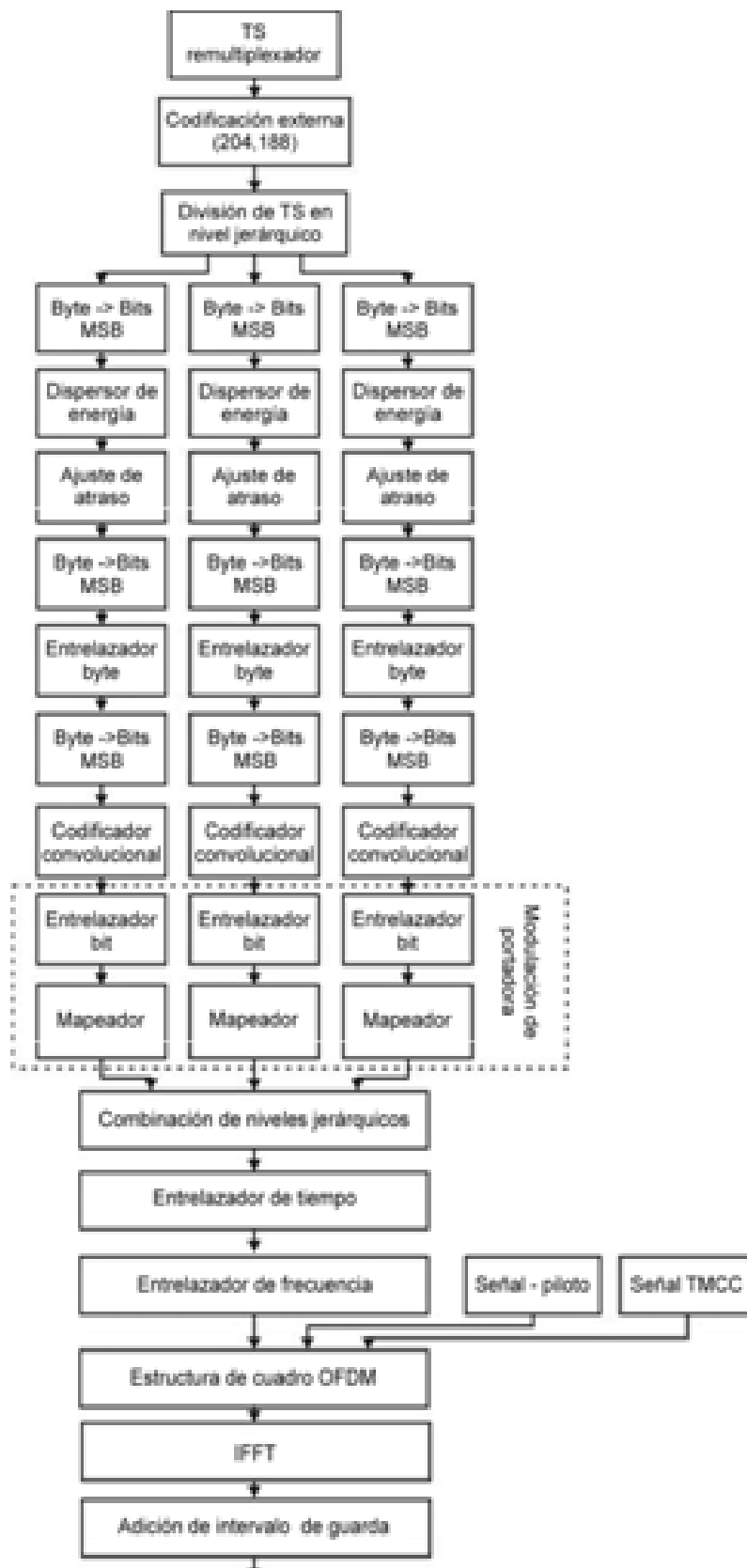
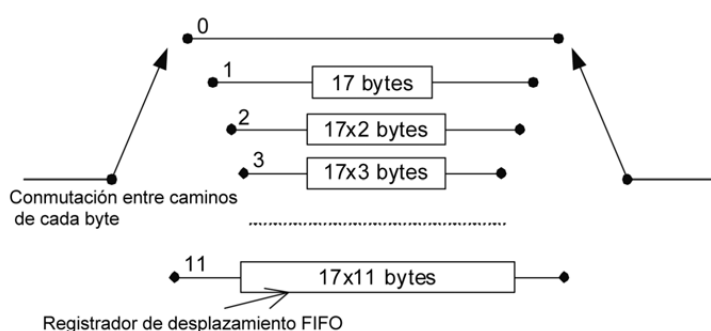


Figura 4 — Diagrama en bloques de la codificación de canal

### Byte interleaving

La transmisión TSP con 204 bytes, que es protegida por medio de la codificación RS y por la dispersión de energía, sufre el *byte interleaving* por la codificación convolucional. El *interleaving* debe ser obligatoriamente de 12 bytes. Sin embargo, el byte siguiente al byte de sincronización debe obligatoriamente pasar por un camino de referencia que no cause atraso (ver Figura xx11).

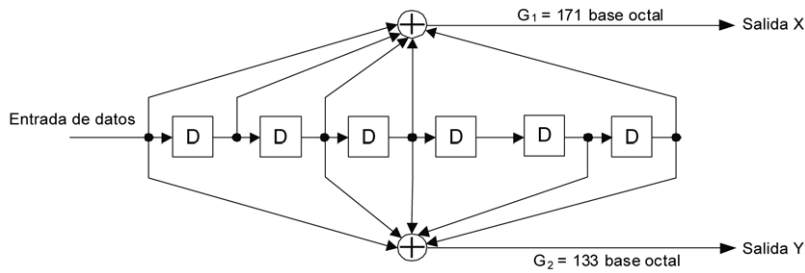


**Figura 11 — Circuito de byte interleaving**

En el circuito de *interleaving*, el camino 0 no debe tener atraso. El tamaño de la memoria para el camino 1 debe ser obligatoriamente de 17 bytes, para el camino 2 debe ser obligatoriamente de  $2 \times 17 = 34$  bytes, y así sucesivamente. Las entradas y las salidas deben ser obligatoriamente conmutadas para diferentes caminos a cada byte de manera secuencial y cíclica, en el orden ascendente en número de camino (camino 0 > camino 1 > camino 2 > ... camino 11 > camino 0 > camino 1 > camino 2 ...).

### Codificación interna (*inner code*)

El código interno debe ser obligatoriamente un código convolucional con punzonado (descarte de bit seleccionado, según un criterio definido), con el código-madre de profundidad  $k$  de 7 y tasa de codificación de  $1/2$ . El código polinomial generador (código-madre) debe ser  $G1 = 171OCT$  y  $G2 = 133OCT$  (ver Figura xx12).



**Figura 12 — Circuito de codificación del código convolucional con profundidad  $k$  de 7 y tasa de codificación de  $\frac{1}{2}$**

La tasa de codificación seleccionable del código interno es la secuencia de la señal de transmisión punzado en el tiempo y debe obligatoriamente estar de acuerdo con la Tabla xx9. El punzonado se debe establecer obligatoriamente de forma que el estándar mostrado en la Tabla xx9 sea iniciado por el cuadro de sincronización, para asegurar la confiabilidad del receptor en compensar la sincronización entre los modos punzados.

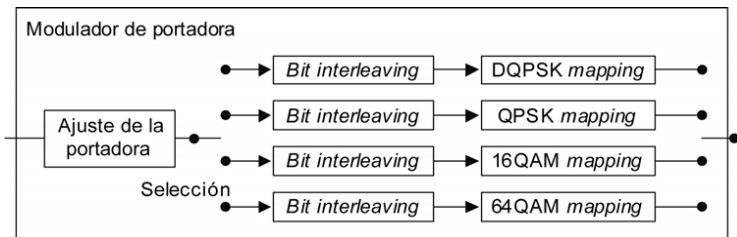
**Tabla 9 — Tasa del código interno y secuencia de la señal de transmisión**

Tasa de codificación	Curva de punzonado	Secuencia de transmisión de la señal
$\frac{1}{2}$	X: 1 Y: 1	X1, Y1
$\frac{2}{3}$	X: 10 Y: 11	X1, Y1, Y2
$\frac{3}{4}$	X: 10 1 Y: 110 0	X1, Y1, Y2, X3
$\frac{5}{6}$	X: 10 10 1 Y: 110 10	X1, Y1, Y2, X3, Y4, X5
$\frac{7}{8}$	X: 1000 10 1 Y: 1111 10 10 0 1 1 0	X1, Y1, Y2, Y3, Y4, X5, Y6, X7

## Modulación de portadora

### Configuración de la modulación de la portadora

En el proceso de modulación de la portadora la señal de entrada debe ser obligatoriamente entrelazada bit por bit y mapeada por medio del esquema especificado para cada capa jerárquica (ver Figura xx13).



**Figura 13 — Configuración de la modulación de la portadora**

### Ajuste de atraso

Los atrasos de transmisión y recepción deben ser obligatoriamente equivalentes a 120 símbolos de portadoras y son el resultado del *bit interleaving* del modulador de las operadoras. El tiempo de atraso varía dependiendo del esquema de modulación de la portadora, es decir, dependiendo del número de bits comprendido en el símbolo de la portadora.

La diferencia en el tiempo de atraso se debe corregir obligatoriamente en el lado de la entrada del *bit interleaving* a través de la adición de un valor de ajuste de atraso de acuerdo con la Tabla 10, tal que el atraso total de transmisión y recepción sea igual a 2 símbolos OFDM.

**Tabla 10 — Ajuste del valor de atraso requerido como resultado del *bit interleaving***

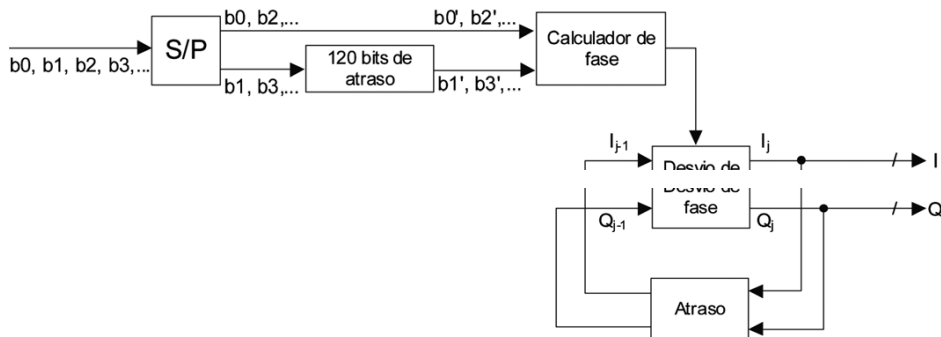
Modulación de portadora	Valor del ajuste de atraso (número de bits) <sup>a</sup>		
	Modo 1	Modo 2	Modo 3
DQPSK/QPSK	384 x N-240	768 x N-240	1 536 x N-240
16QAM	768 x N-480	1 536 x N-480	3 072 x N-480
64QAM	1 152 x N-720	2 304 x N-720	4 608 x N-720

<sup>a</sup> N representa el número de segmentos usados por la capa jerárquica.

## Bit interleaving y mapping

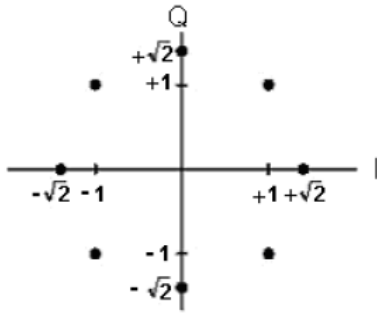
### DQPSK

La señal de entrada debe ser obligatoriamente 2 bits por símbolo y mapeada en DQPSK con desplazamiento en  $\pi/4$  para salida de datos multibit, para ejes I y Q. Después de la conversión serie-paralelo, los 120 bits de atraso se deben insertar obligatoriamente en la entrada del calculador de fase para *bit interleaving* (ver Figuras 14 y 15). El cálculo de fase se debe realizar obligatoriamente de acuerdo con la Tabla 11.



NOTA ( $I_j$  y  $Q_j$ ) y ( $I_{j-1}$  y  $Q_{j-1}$ ) representan los símbolos de salida y el símbolo OFDM inmediatamente precedente al símbolo de salida, respectivamente.

**Figura 14 — Diagrama de sistema del modulador DQPSK  $\pi/4$  shift**



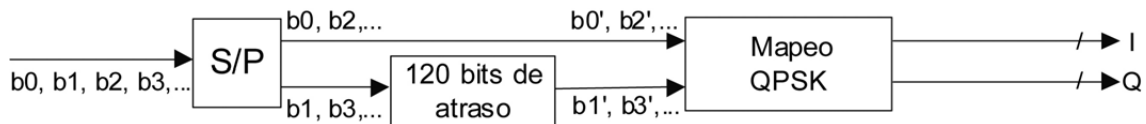
**Figura 15 — Constelación DQPSK - Desplazamiento  $\pi/4$**

**Tabla 11 — Cálculo de fase**

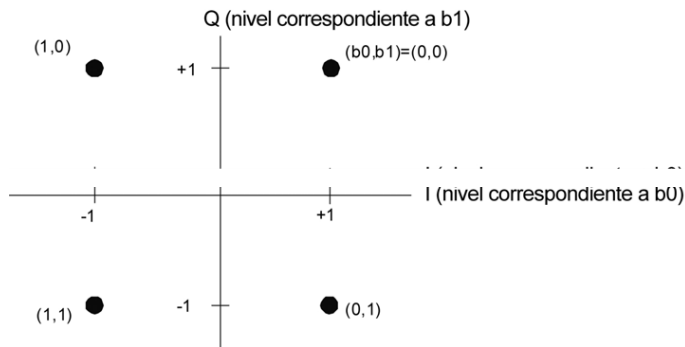
Entrada $b_0' b_1'$	Salida $\theta_j$
0 0	$\pi/4$
0 1	$-\pi/4$
1 0	$3\pi/4$
1 1	$-3\pi/4$

### Mapeo QPSK

La señal de entrada debe ser obligatoriamente 2 bits por símbolo y la salida mapeada de datos QPSK debe ser obligatoriamente multibit, en los ejes I y Q. Para realizar el mapeo, los 120 elementos de atraso se deben insertar obligatoriamente en la entrada del *mapper* para el entrelazamiento de *bit* (ver Figuras 16 y 17).



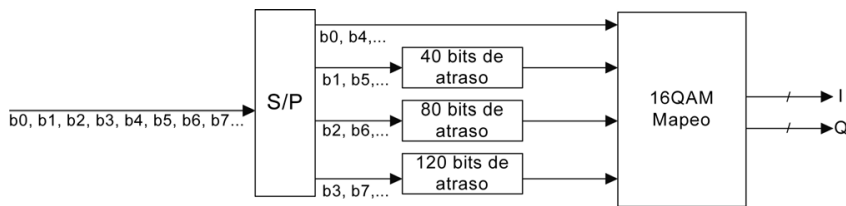
**Figura 16 — Diagrama del sistema de modulación QPSK**



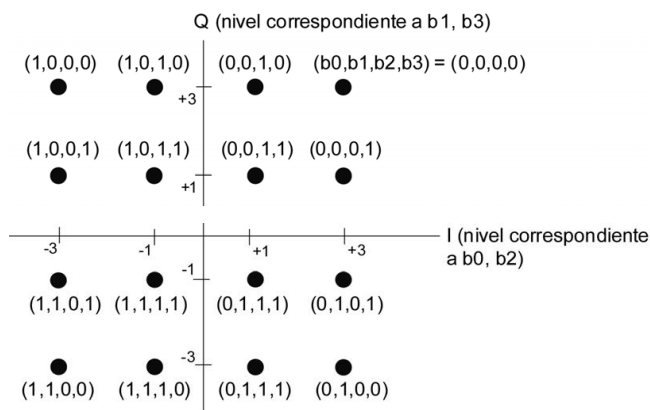
**Figura 17 — Constelación QPSK**

### 16QAM

La señal de entrada debe ser representada obligatoriamente por 4 bits por símbolo y la salida mapeada de datos debe ser obligatoriamente multibit en los ejes I y Q. Para realizar el mapeo, los elementos de atraso se deben insertar obligatoriamente en la entrada b1 y b3 para *bit interleaving* (ver Figuras xx18 y xx19).



**Figura 18 — Diagrama del sistema de modulación 16QAM**



**Figura 19 — Constelación 16QAM**



## **Entrelazado de tiempo y frecuencia.**

### 1). Entrelazador de tiempo

Una vez que las diferentes capas jerárquicas se combinan, deben ser obligatoriamente entrelazadas en el tiempo en unidades de símbolos de modulación.

La longitud del entrelazado de tiempo se debe especificar obligatoriamente como "1" para cada capa jerárquica, independiente<sup>2</sup> de las otras capas. Las diferencias de atrasos en el tiempo se deben corregir obligatoriamente del lado de la transmisión, usando el número del símbolo o atraso apropiado para cada capa tal como se muestra en la tabla 2.X3 entonces el número total de atraso de transmisión y recepción sea un múltiplo del número de cuadros. Cabe mencionar que el ajuste de atraso se debe realizar obligatoriamente en la señal antes del entrelazado de tiempo.

El entrelazado de tiempo tiene como objeto aumentar la robustez contra el desvanecimiento (fading) a través de aleatorización de símbolos de datos después de la modulación. La especificación de la longitud de entrelazamiento para cada capa jerárquica debe permitir obligatoriamente la especificación de la longitud de entrelazado excelente para cada capa.

El uso del código convolucional como método del entrelazado de tiempo busca reducir los atrasos de transmisión y recepción y reducir la cantidad de memoria necesaria en el receptor.

### 2). Entrelazador de frecuencia

Durante la división del segmento, los números 0 a 12 del segmento de datos deben ser obligatoriamente designados en forma secuencial para la parte de la recepción parcial, modulación diferencial (segmentos para los cuales el DQPSK se especifica para modulación de portadoras) y modulación coherente (segmento para el cual los QPSK, 16QAM y 64QAM se especifican para modulación de portadoras), tal como se muestra en la fig. 2.XX7.

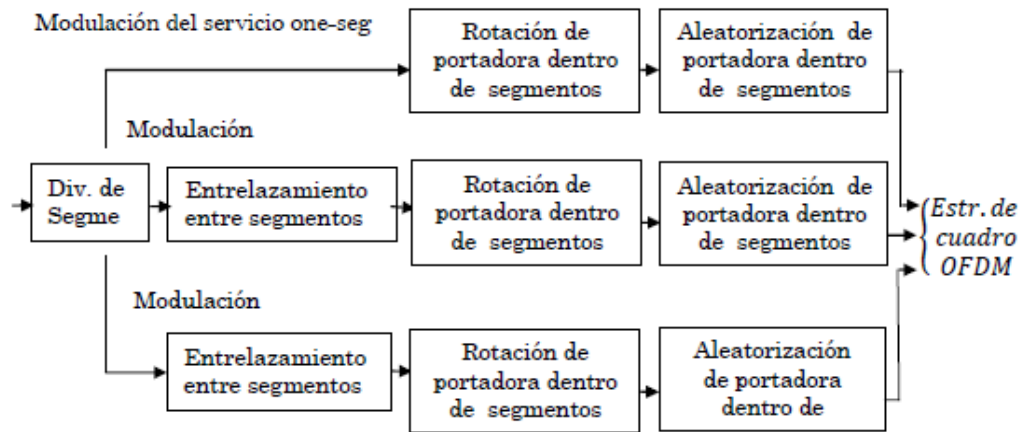


Fig. 27: Configuración de la sección de entrelazamiento en frecuencia [5].

En lo que se refiere a la relación entre configuración jerárquica y los segmentos de datos de un mismo nivel jerárquico, las capas jerárquicas obligatoriamente deben ser sucesivamente organizadas y nombradas capas A, B y C en forma secuencial, en orden ascendente del número de segmentos de datos (es decir, del segmento de número menor para el segmento de número mayor).

El entrelazamiento entre segmentos se debe realizar obligatoriamente en dos o más segmentos cuando pertenecen al mismo tipo de porción modulada, aunque pertenezcan a diferentes niveles jerárquicos, y no se debe realizar en la porción de recepción parcial, por considerar que se usa solamente en el receptor designado para recibir este segmento.

Debido a que la modulación diferencial y modulación síncrona difieren en términos de estructura de cuadro, el entrelazamiento entre segmentos debe ser formateado obligatoriamente en cada grupo.

En el entrelazamiento entre segmentos, realizado a lo largo de la capa limítrofe, se debe maximizar obligatoriamente el efecto del entrelazado de frecuencia.

Entonces según la fig. 2.7 se puede decir que existen dos tipos de entrelazamiento en frecuencia, y que son:

- Entrelazamiento entre segmentos: Este se debe realizar obligatoriamente en cada modulación diferencial (BQPSK) y modulación coherente (QPSK, 16 QAM, 64QAM).

- Entrelazamiento dentro del segmento: Este se debe realizar obligatoriamente en dos etapas, rotación de portadoras por números de segmentos, y la aleatorización de las portadoras.

### Estructura de cuadro

Dentro de este encontramos primeramente las condiciones para configuración de los segmentos OFDM, en donde trata de verificar que todos los procesamientos de los segmentos de datos para la codificación de canal deben estar completos cuando la etapa del entrelazado de tiempo y frecuencia se ejecute. El cuadro OFDM debe ser obligatoriamente concluido a través de la adición de varias señales piloto al segmento de datos. Luego encontramos la configuración del segmento OFDM para modulación diferencial y para modulación coherente, en esta parte se encuentra a los pilotos continuos (CP), pilotos disperso (SP), la señal para información de control de transporte (TMCC), y la señal de extensión para información adicional de transporte(AC) [5].

### Señal piloto

Acá se describe la señal piloto disperso, la señal piloto continuo, la señal de control TMCC, y el canal auxiliar.

- La señal piloto disperso debe ser obligatoriamente una señal BPSK que se correlaciona a la secuencia del bit de salida  $W_i$  del circuito de generación de PRBS.

El polinomio generador del PRBS es:

$$W_i = G(x) = x^{11} + x^9 + 1 \quad \text{Función Generadora}$$

La letra  $i$  de  $W_i$  corresponde al número  $i$  de la portadora del segmento OFDM.

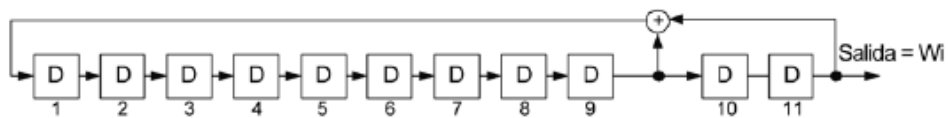


Figura 28: Circuito generador PRBS

Los valores iniciales de generación del circuito se deben definir para cada segmento y estos valores son específicos.

- La señal piloto continuo (CP) debe ser obligatoriamente una señal BPSK modulada de acuerdo con la posición de la portadora (número de la portadora dentro del segmento) dentro del cual se inserta, y también de acuerdo con el valor de  $W_i$ . La correspondencia entre el valor de  $W_i$  y la señal moduladora debe ser la misma que para la señal piloto dispersa. También el ángulo de fase del CP con relación a la posición de la portadora debe ser constante, en todo símbolo.

- La señal de control TMCC debe ser transmitida por medio de la señal DBPSK modulada de acuerdo con la configuración del espectro de transmisión. La referencia para la modulación diferencial B0 debe ser obligatoriamente estipulada por el  $W_i$  mostrado en la fig.2.xx8. Después de la codificación diferencial, la señal TMCC modulada debe asumir obligatoriamente el punto de la señal  $(+ 4/3, 0)$  y  $(- 4/3, 0)$  para la información 0 y 1, respectivamente.

- El canal auxiliar (AC) debe ser obligatoriamente un canal designado para transporte de información adicional para el control de la señal de transmisión. La información adicional AC debe ser transmitida por la modulación de la portadora-piloto en DBPSK (del tipo análogo a CP). La referencia para modulación diferencial debe ser obligatoriamente provista por el primer símbolo del cuadro y asume la señal que corresponde al valor de  $W_i$  estipulado en fig. 2.xx9. Al igual que en TMCC la señal AC modulada debe asumir obligatoriamente la señal  $(+ 4/3, 0)$  y  $(- 4/3, 0)$  para la información 0 y 1, respectivamente, disponible en la codificación diferencial, si no hay información adicional, la información 1 se inserta como bit de relleno. Deben estar disponibles dos canales AC, el AC1 es el canal en el cual se utiliza la misma posición de la portadora para todos los segmentos, sin importar el esquema de modulación usado, y el canal AC2 que solo debe ser empleado para el segmento con modulación diferencial. Para asegurar la diversidad de aplicaciones del AC, solo se debe usar un esquema de modulación DBPSK.

### Inserción de intervalo de guarda

Posterior a la salida de datos del IFFT, para una duración específica, se debe agregar obligatoriamente un intervalo de guarda, sin ninguna modificación, en el comienzo del símbolo efectivo, tal como se muestra en la fig.2.xx10.

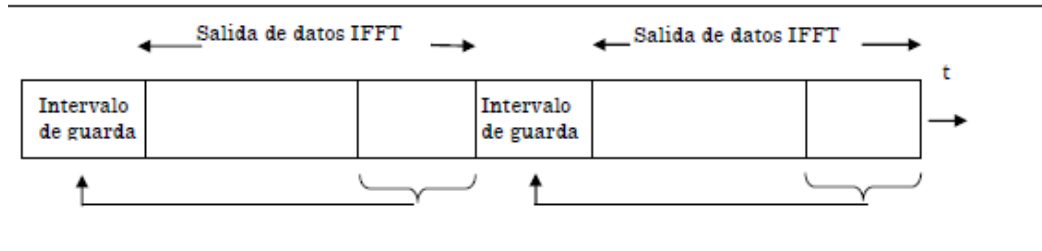


Fig. 29: Inserción de intervalo de guarda .

### Interleaving

La técnica de Interleaving o *entrelazado de datos* se basa en un principio básico de telecomunicaciones: tratar de corregir errores distribuidos es mucho más fácil que corregir errores producidos en forma consecutiva o en ráfaga.

Esto está directamente relacionado con el límite de capacidad de Shannon descrito en la sección anterior ya que una distribución más homogénea de los errores en el tiempo y la frecuencia hace que el canal se asimile a uno de ruido blanco o “gaussiano”, el canal idealizado para modelar el ruido y la interferencia. Lamentablemente el comportamiento de los canales inalámbricos difiere mucho de este canal idealizado, especialmente cuando existe movimiento relativo entre el transmisor y el receptor o cuando hay fenómenos de sombra u ocultamiento del receptor por causa de un objeto mucho mayor como un cerro o una torre.

El objetivo del Interleaving es ayudar tanto al código Reed-Solomon como al código convolucional a hacer bien su trabajo de corregir los errores producidos durante la transmisión. La técnica de Interleaving consiste en simplemente reordenar o alterar el orden de los símbolos de información transmitidos en el dominio del tiempo o la frecuencia. La razón del por qué el Interleaving temporal puede ayudar a decodificar correctamente la información transmitida en el lado receptor puede apreciarse gráficamente en la Figura xx10.