



TV: TeleVisión – Plan 2010

MPEG-2



Contenido

1. Introducción
 1. Estructuras de datos
 2. Modos de predicción
2. Tipos de imágenes
 1. Modo cuadro
 2. Modo campo
3. Decisiones a nivel de macrobloque
4. Escalabilidad
5. Perfiles y niveles
6. Sistema

1. Introducción (1)

- MPEG-2:

- Es un estándar de codificación genérica de audio y vídeo.
- Consta de las siguientes partes:
 - Parte 1 (Sistema) → Sincronización y transmisión de audio y vídeo.
 - Parte 2 (Vídeo) → Compresión de señales de vídeo.
 - Parte 3 (Audio) → Compresión de señales de audio.
 - Parte 4 (Pruebas de conformidad).
 - Parte 5 (Simulación software para codificación).
 - Parte 6 (Comandos y control para almacenamiento digital).
 - Parte 7 (AAC, *Advanced Audio Coding*).
 - ~~Parte 8 (Audio a 10 bits).~~
 - Parte 9 (Extensión para interfaces en tiempo real).

1. Introducción (2)

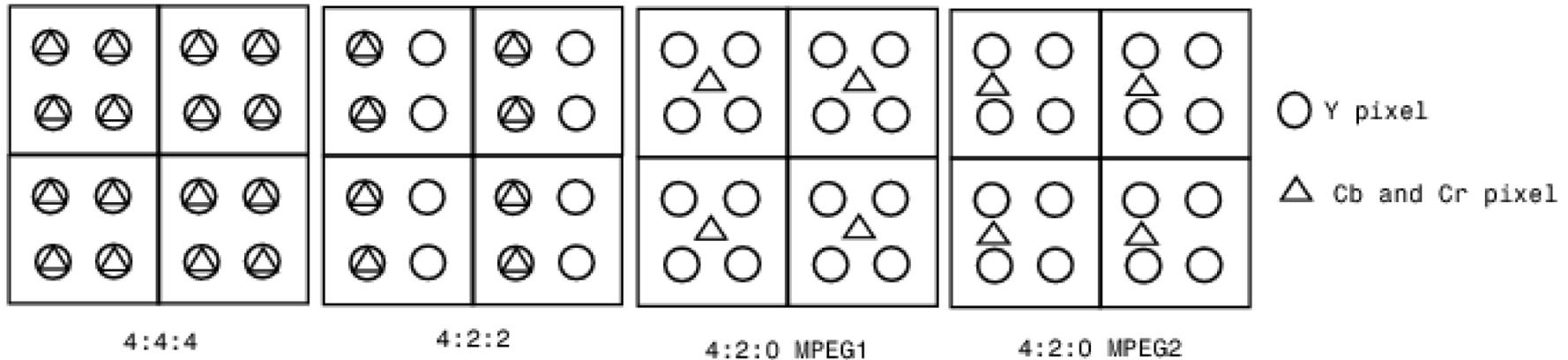
- MPEG-2:

- Se diseñó para la transmisión y el almacenamiento de vídeo con calidad de TV.
- Se puede utilizar en aplicaciones de alta y baja velocidad, con distintos niveles de resolución y con distintas calidades.
- Para gestionar tantas posibilidades (todas las posibles combinaciones de velocidades, resoluciones y calidades) surgen los conceptos de **perfiles** (*profiles*) y **niveles** (*levels*).
 - Perfiles → Definen las funcionalidades incluidas en el codificador.
 - Niveles → Definen los valores máximos de parámetros como la velocidad binaria, la resolución o la tasa de imágenes por segundo.
- Sigue un esquema híbrido predictivo-transformacional (al igual que H.261 y MPEG-1).

1. Introducción (3)

- **Características principales:**

- La señal de entrada puede ser tanto progresiva como entrelazada.
 - Esto da lugar a más modos de predicción que los vistos en codificadores anteriores.
- Permite 3 esquemas de muestreo de crominancia:
 - 4:2:0
 - 4:2:2
 - 4:4:4



- Es compatible con numerosas resoluciones y velocidades binarias.
 - Desde el formato SIF → Denominado “perfil bajo”.
 - Hasta la televisión en alta definición.

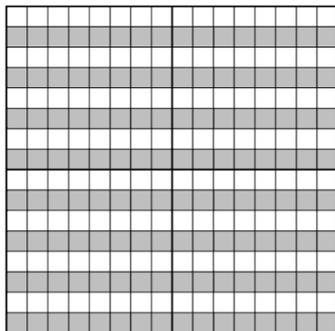
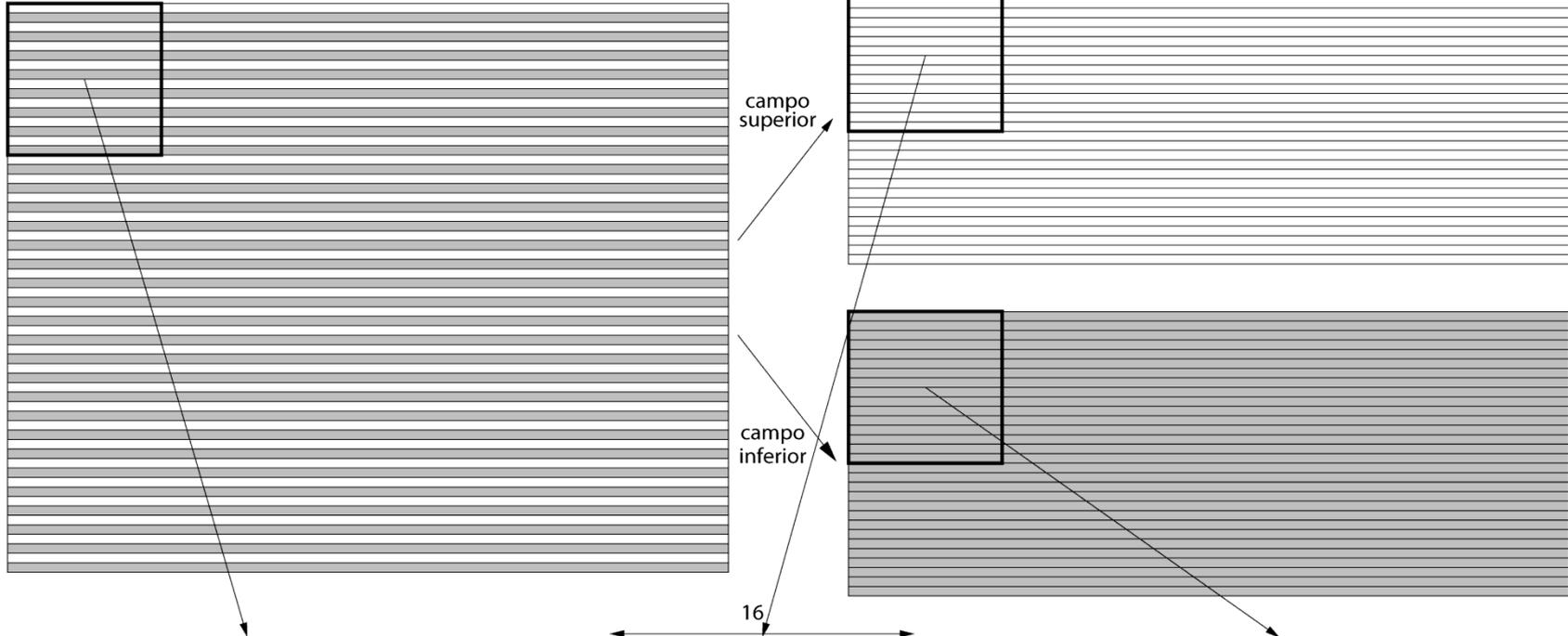
1.1. Estructuras de datos (1)

- El procesamiento de las imágenes se realiza utilizando las mismas estructuras de datos definidas para MPEG-1 (secuencia, GOP, cuadro, tira, macrobloque y bloque).
- Sin embargo, MPEG-2 permite distintos formatos de muestreo → Los macrobloques tendrán dimensiones diferentes según en muestreo utilizado.
 - Para uniformizar el proceso de codificación se asumen macrobloques de 16×16 muestras de luminancia:
 - 4:2:0 → Cada crominancia tendrá asociada un macrobloque de 8×8 muestras.
 - 4:2:2 → Cada crominancia tendrá asociada un macrobloque de 8×16 muestras.
 - 4:4:4 → Cada crominancia tendrá asociada un macrobloque de 16×16 muestras.
- Si la señal de entrada es progresiva → Todas las muestras de un macrobloque pertenecerán al mismo instante temporal.
- Si la señal de entrada es entrelazada → Se decide, a-priori, si se va a desentrelazar o no los datos antes de trabajar con ellos.
 - Modo campo (*field mode*) → Cuando se desentrelazan los datos.
 - Modo cuadro (*frame mode*) → Cuando no se desentrelazan los datos.

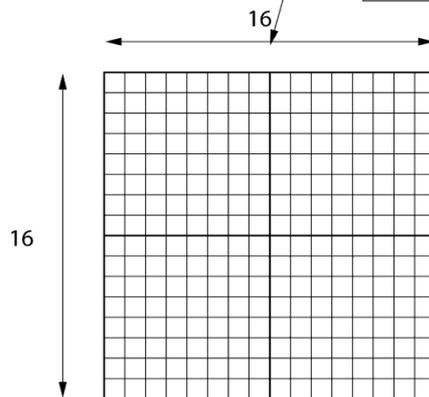
1.1. Estructuras de datos (2)

campos desentrelazados (field)

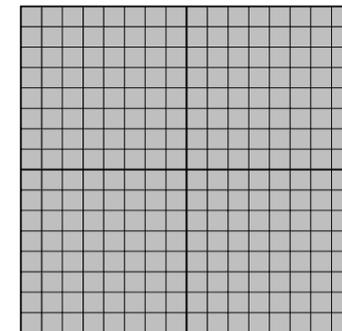
campos entrelazados (frame)



macrobloque de luminancia en modo cuadro

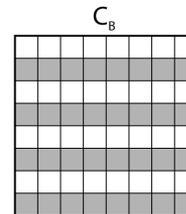
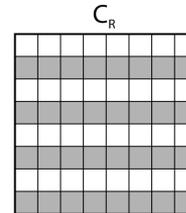
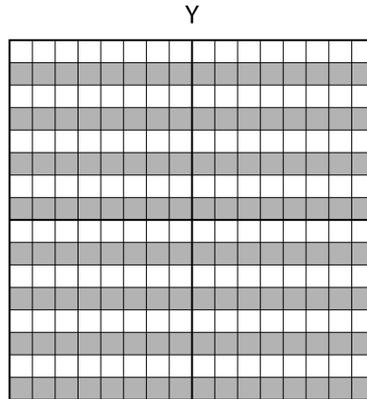


macrobloques de luminancia en modo campo

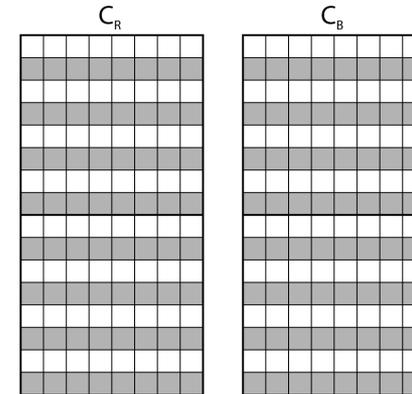


1.1. Estructuras de datos (3)

modo cuadro

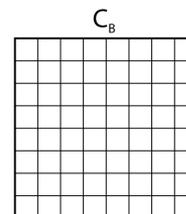
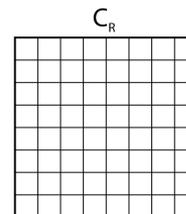
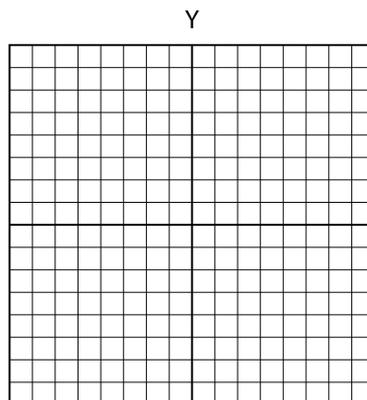


4:2:0

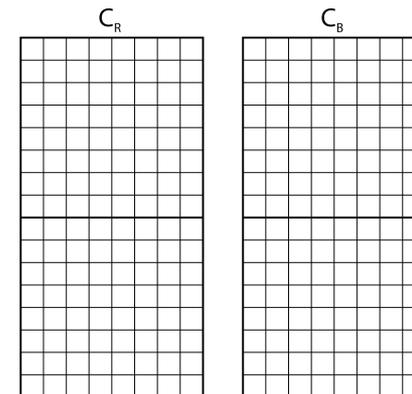


4:2:2

modo campo



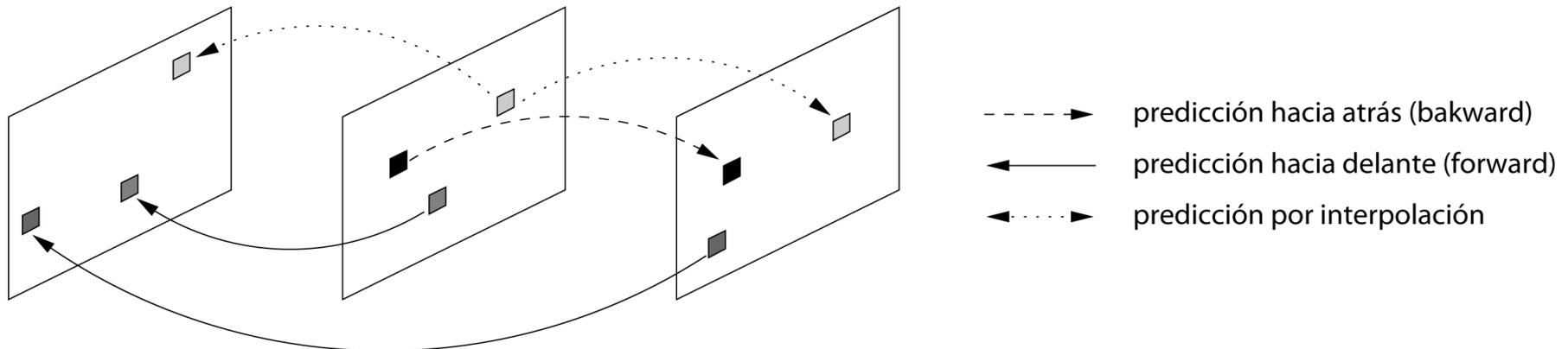
4:2:0



4:2:2

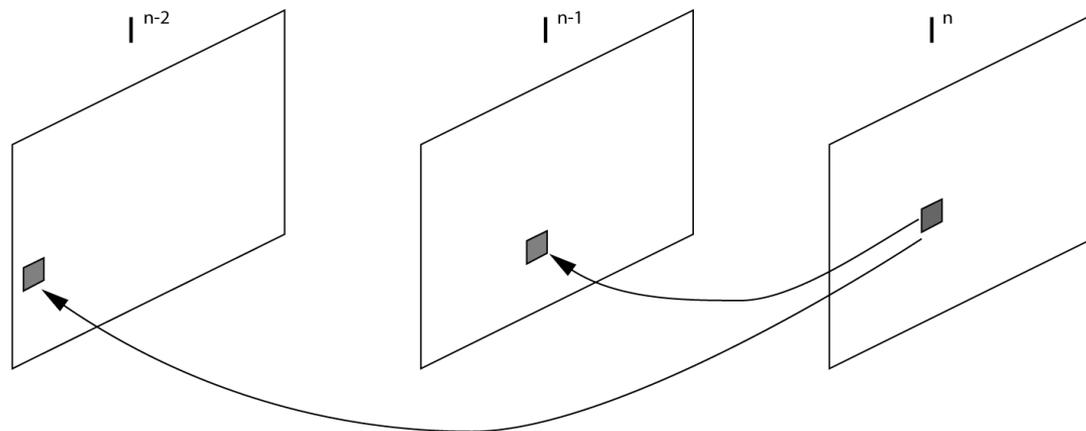
1.2. Modos de predicción (1)

- A nivel de macrobloque, MPEG-2 permite los mismos modos de predicción que MPEG-1:
 - **Intracadro:**
 - Cuando un macrobloque se codifica sin utilizar predicciones basadas en otros cuadros.
 - **Intercadro:**
 - Cuando un macrobloque se codifica utilizando una predicción obtenida a partir de otro cuadro.
 - Hacia delante (*forward*, FW) → Se usan predicciones obtenidas de cuadros anteriores.
 - Hacia atrás (*backward*, BW) → Se usan predicciones obtenidas de cuadros posteriores.
 - Por interpolación → Se usan predicciones obtenidas de un cuadro anterior y un cuadro posterior.



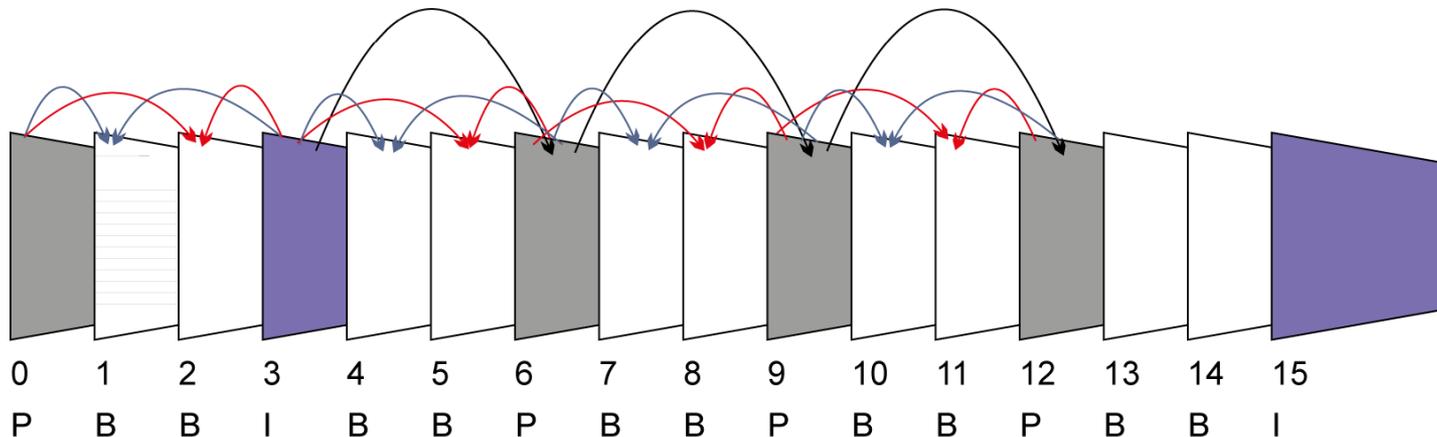
1.2. Modos de predicción (2)

- Además de estos tipos de predicción, MPEG-2 incluye uno nuevo denominado *Dual Prime*.
 - Versión modificada del interpolado en la que sólo se utilizan predicciones hacia delante → La predicción del macrobloque se obtiene como promedio de dos predicciones obtenidas de cuadros o campos anteriores en el tiempo.
 - La utilización de este modo está restringida a ciertos tipos de aplicación.



2. Tipos de imágenes

- Al igual que MPEG-1, MPEG-2 define 3 tipos de imágenes en función de la codificación que se les aplique:
 - Imágenes tipo I → Modo intracuadro.
 - Imágenes tipo P → Modo intercuadro con predicción hacia delante.
 - Imágenes tipo B → Modo intercuadro con predicción hacia delante, hacia atrás o por interpolación.
 - Imágenes tipo D → No están contempladas.
- Además, en MPEG-2 también se mantiene el mismo concepto de GOP que en MPEG-1.



- Sin embargo, dado que permite trabajar en modo cuadro o en modo campo, surgen algunas particularidades en el modo de codificar a nivel de macrobloque.

2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (1)

- Este modo es el utilizado si:
 - La secuencia de entrada es progresiva.
 - La secuencia de entrada es entrelazada y se ha seleccionado el modo cuadro (trabajar con imágenes sin desentrelazar).
 - ¿Cuándo tiene esto sentido?

2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (2)

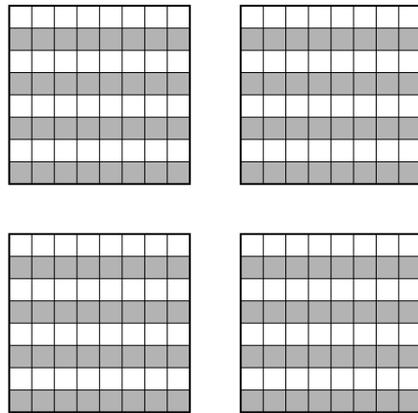
- **Imágenes tipo I:**

- No dependen de otras imágenes → Todos los macrobloques se codifican utilizando predicción intracuadro (siempre sin desentrelazar la información).
- Si la señal de entrada es progresiva, el funcionamiento es idéntico al de MPEG-1.
- Si la señal de entrada es entrelazada, existen dos posibilidades a la hora de organizar los bloques de cada macrobloque para calcular la DCT:
 - Desentrelazando las líneas de los dos campos.
 - Sin desentrelazar las líneas de los dos campos.
- Esta decisión se realiza a nivel de macrobloque, por lo que en una misma imagen pueden coexistir macrobloques en los que la DCT se haya aplicado separando bloques en modo cuadro y otros en los que se haya aplicado separándolos en modo campo.

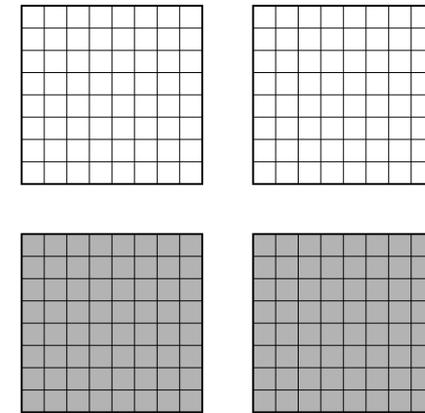
2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (3)

- Imágenes tipo I:

separación de bloques en modo cuadro



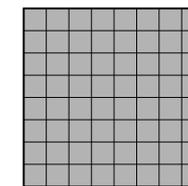
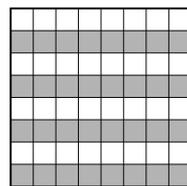
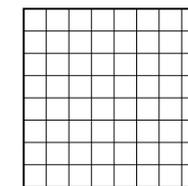
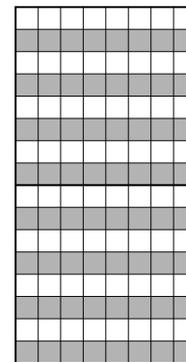
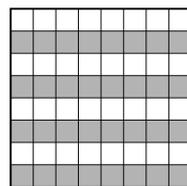
separación de bloques en modo campo



Y

C_R

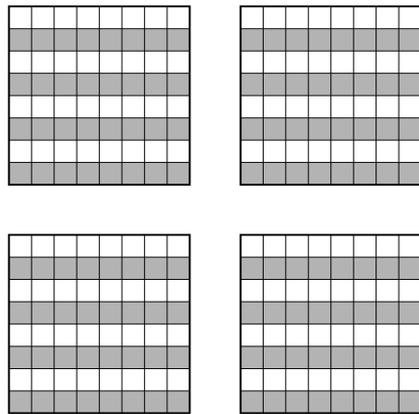
4:2:2



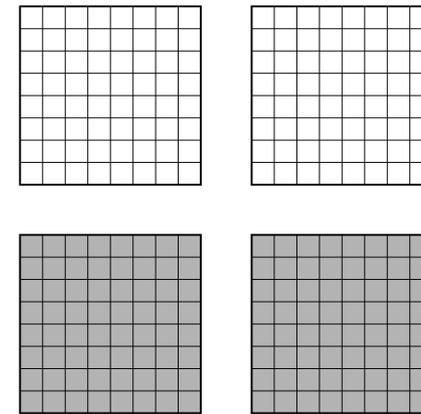
2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (4)

- **Imágenes tipo I:**

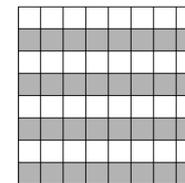
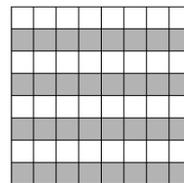
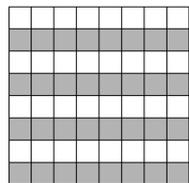
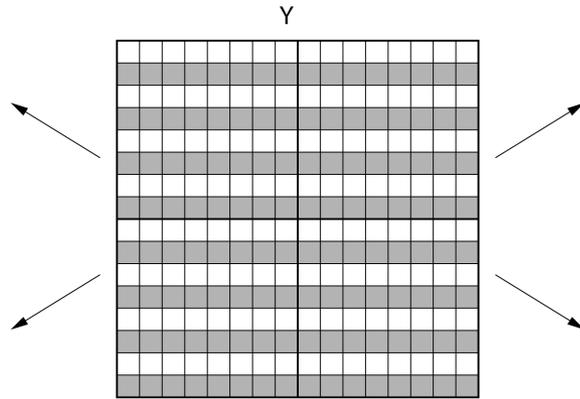
separación de bloques en modo cuadro



separación de bloques en modo campo



Y



4:2:0

2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (5)

- **Imágenes tipo I (ventajas y desventajas):**

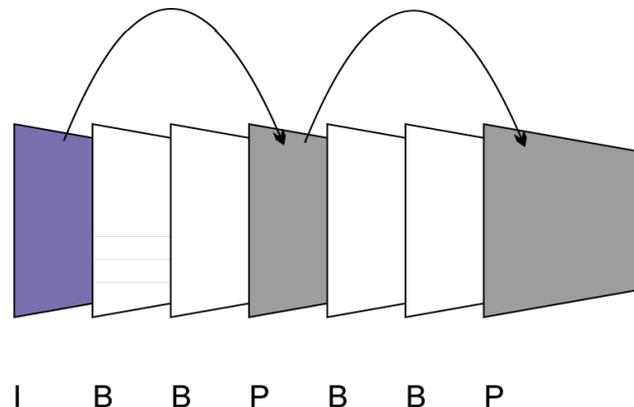
- Siguen siendo las mismas que en MPEG-1:

- ✓ Facilitan en comienzo de la decodificación → Ya que no requieren la previa decodificación de ninguna otra imagen.
- ✓ Eliminan la propagación de errores de transmisión → Estos errores sólo se propagan con las imágenes que utilizan predicción.
- ✓ Permiten la existencia de GOPs cerrados → En edición es necesario extraer segmentos de vídeo que no requieran decodificar otras partes de la secuencia.
- ✓ Permiten la reproducción hacia atrás → Seleccionando únicamente las imágenes de tipo I es posible visualizar la secuencia en orden inverso.
- ✗ Su codificación es poco eficiente → Al no utilizar predicciones temporales.
- ✗ Al ocupar más bits que otros tipos de imágenes producen retardos en el buffer.

2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (6)

- **Imágenes tipo P:**

- Se decide, a nivel de macrobloque, si se va a utilizar predicción intracuadro o intercuadro.
- Con predicción intracuadro:
 - Los macrobloques se tratan del mismo modo que en las imágenes tipo I → Si la señal es entrelazada existe la opción de formar bloques desentrelazados sobre los que aplicar la DCT.
- Con predicción intercuadro:
 - Los macrobloques se codifican haciendo uso de predicciones tomadas de un cuadro anterior que puede ser de tipo I o de tipo P.
 - Por lo tanto, se utiliza una predicción hacia delante (FW).



2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (7)

- **Imágenes tipo P:**

- Si se utiliza predicción intercuadro y la secuencia de entrada es entrelazada, a nivel de macrobloque existen dos alternativas:

1. Utilizar el macrobloque entrelazado (16x16 muestras) para calcular la predicción:

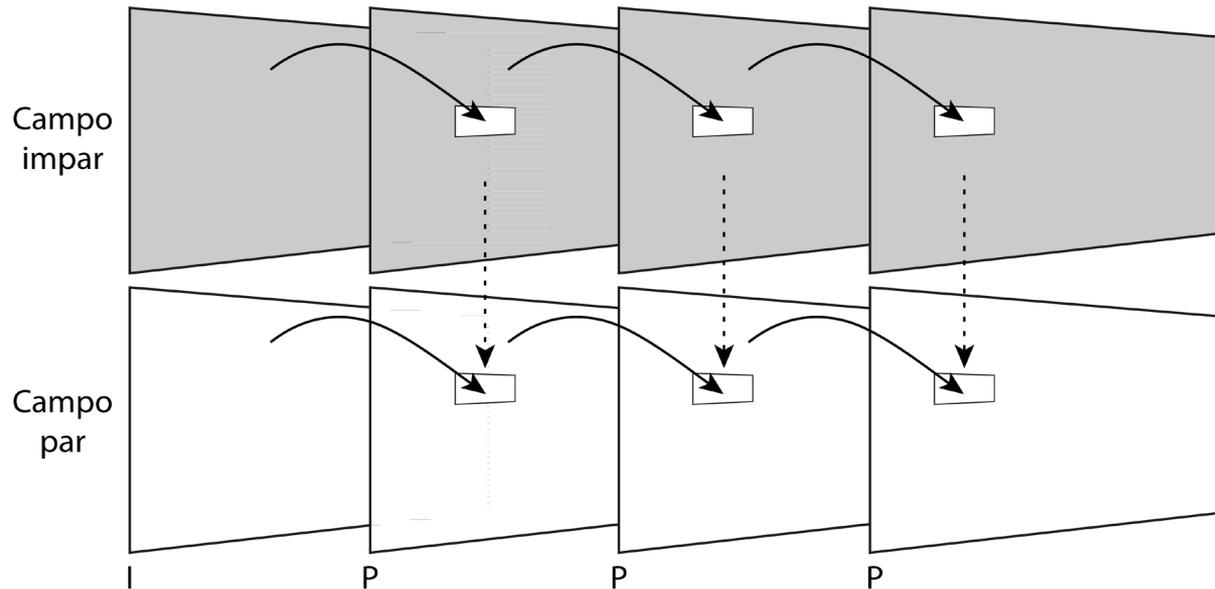
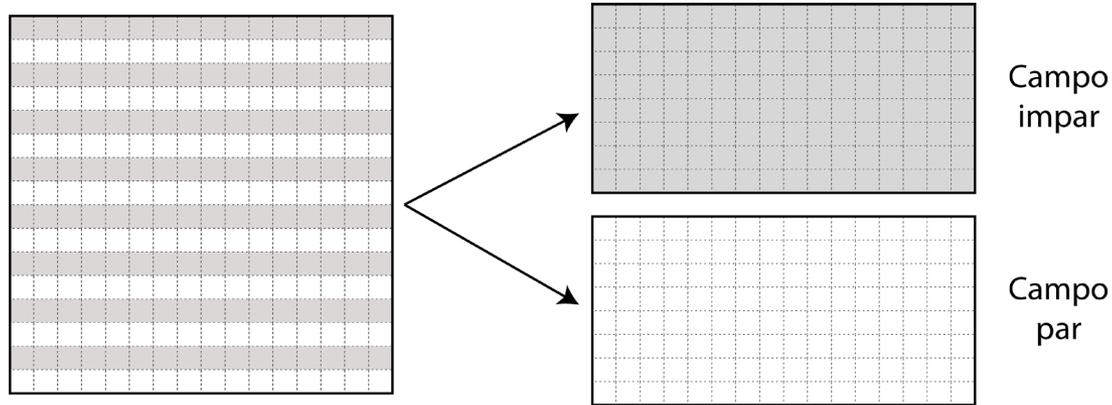
- Se toma como referencia el cuadro I o P anterior.
- Dicho cuadro también será analizado sin desentrelazar.
- El resultado de la predicción será **1 vector de movimiento**.

2. Descomponer el macrobloque de luminancia en dos bloques desentrelazados (8x16 muestras):

- La predicción se calcula para cada uno de estos bloques por separado, empleando como referencia:
 - Bien el **campo de igual paridad** de la imagen I o P previa.
 - Bien el **campo de paridad contraria** que se haya codificado en primer lugar dentro del cuadro actual.
- El resultado de la predicción serán **2 vectores de movimiento**, uno para cada bloque de 8x16 muestras.

2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (8)

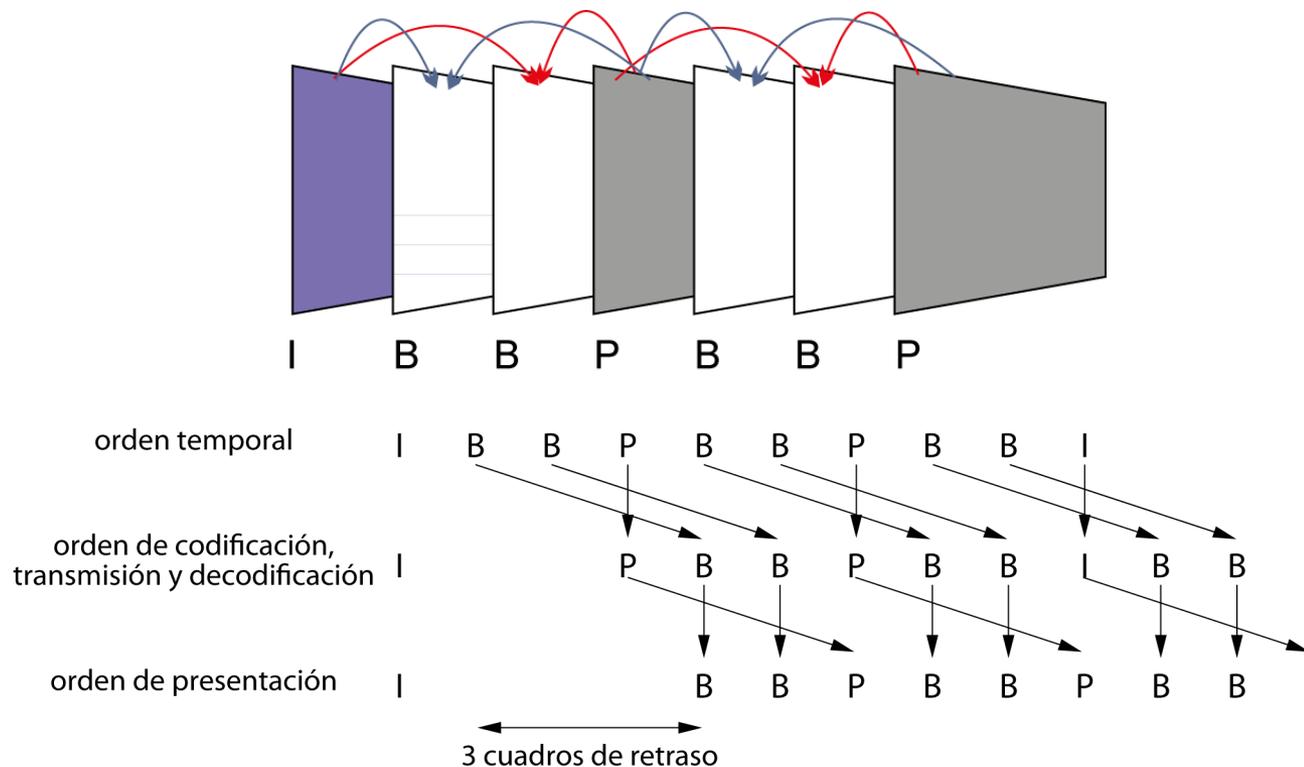
- Imágenes tipo P:



2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (9)

• Imágenes tipo B:

- Utilizan como predicción una imagen previa, una futura o una combinación de ambas.
- Las imágenes de referencia pueden ser de tipo I o tipo P.
- Su coste computacional y de memoria es alto (requieren el cálculo de dos predicciones).
- Su codificación es la más eficiente.
- Nunca pueden usarse como referencia para otros cuadros.



2.1. Tipos de imágenes: Modo cuadro (10)

- **Imágenes tipo B (modos de predicción):**

- Intracuadro:

- Los macrobloques se tratan del mismo modo que en las imágenes tipo I.

- Intercuadro con predicción FW:

- Predicciones tomadas de un cuadro anterior que puede ser de tipo I o de tipo P.
- Si la secuencia es entrelazada se puede optar por desentrelazar (dos bloques de 8×16 que dan lugar a 2 vectores) o no desentrelazar (un bloque de 16×16 que da lugar a un vector).

- Intercuadro con predicción BW:

- Predicciones tomadas de un cuadro posterior que puede ser de tipo I o de tipo P.
- Si la secuencia es entrelazada se puede optar por desentrelazar (dos bloques de 8×16 que dan lugar a 2 vectores) o no desentrelazar (un bloque de 16×16 que da lugar a un vector).

- Intercuadro con interpolación:

- Predicciones calculadas como el promedio de una predicción obtenida de un cuadro anterior (I o P) y otro cuadro posterior (I o P).
- Si la secuencia es entrelazada y se decide no desentrelazar → Un bloque de 16×16 y 2 vectores.
- Si la secuencia es entrelazada y se decide desentrelazar → Dos bloques de 8×16 y 4 vectores.

2.2. Tipos de imágenes: Modo campo (1)

- Este modo puede ser utilizado sólo si la secuencia de entrada es entrelazada.
 - La secuencia se trata a nivel de campo para cada cuadro.
 - El procesamiento se realiza de forma independiente para cada campo.
- **Imágenes tipo I:**
 - En el primer campo todos los macrobloques (16x16) se codifican utilizando predicción intracuadro (de forma idéntica a MPEG-1).
 - En el segundo campo los macrobloques pueden ser codificados de dos formas:
 - Utilizando predicción intracuadro.
 - Utilizando una predicción hacia delante (FW) en la que se utiliza como referencia el primer campo ya codificado.
 - De este modo se sigue cumpliendo la condición de que un cuadro tipo I pueda ser decodificado sin necesidad de utilizar información de ninguna otra imagen.

2.2. Tipos de imágenes: Modo campo (2)

- **Imágenes tipo P:**

- Los macrobloques se codifican haciendo uso de predicciones tomadas de imágenes previas que pueden ser de tipo I o tipo P.

- Predicción intracuadro:

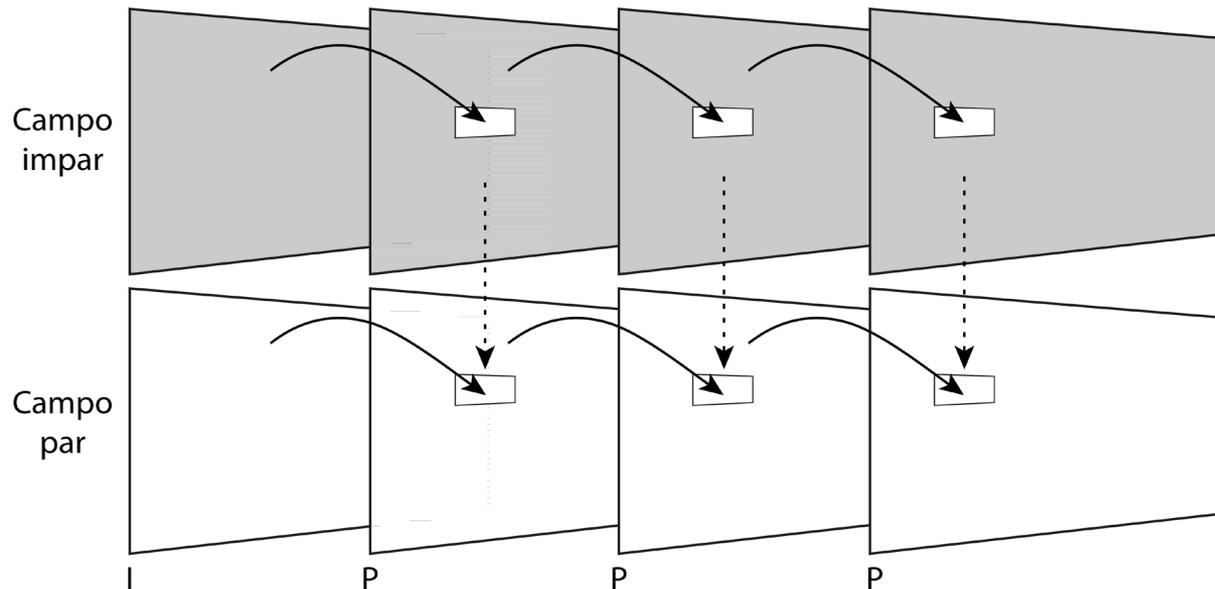
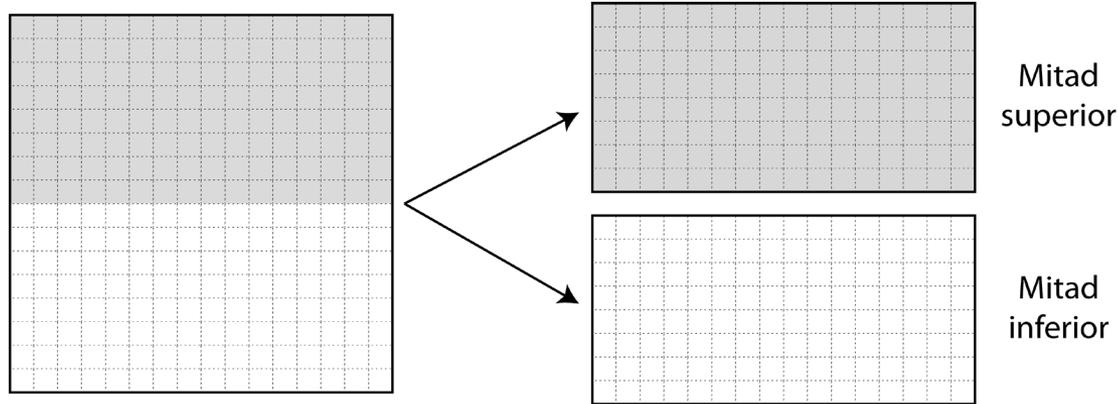
- El macrobloque se trata de forma idéntica que en las imágenes tipo I:
 - En el primer campo codificado se usa predicción intra.
 - En el segundo campo se decide si utilizar predicción intra o si utilizar el campo anterior.
- Cada macrobloque (16x16) se divide en bloques de 8x8 sobre los que se aplica la DCT.

- Predicción intercuadro:

- Para cada macrobloque de un campo se obtiene una predicción a partir de: una imagen anterior tipo I o P.
 - El campo de igual paridad de la imagen I o P anterior.
 - El campo de paridad opuesta en la misma imagen y previamente codificado.
- En ambos casos, al igual que ocurre con las imágenes tipo P en modo cuadro, existen dos posibilidades:
 - Utilizar directamente el macrobloque de 16x16 → Se genera un único vector de movimiento.
 - Dividir el macrobloque en dos bloques de 8x16 (en este caso mitad superior y mitad inferior) → Se obtienen dos vectores de movimiento.

2.2. Tipos de imágenes: Modo campo (3)

- Imágenes tipo P:

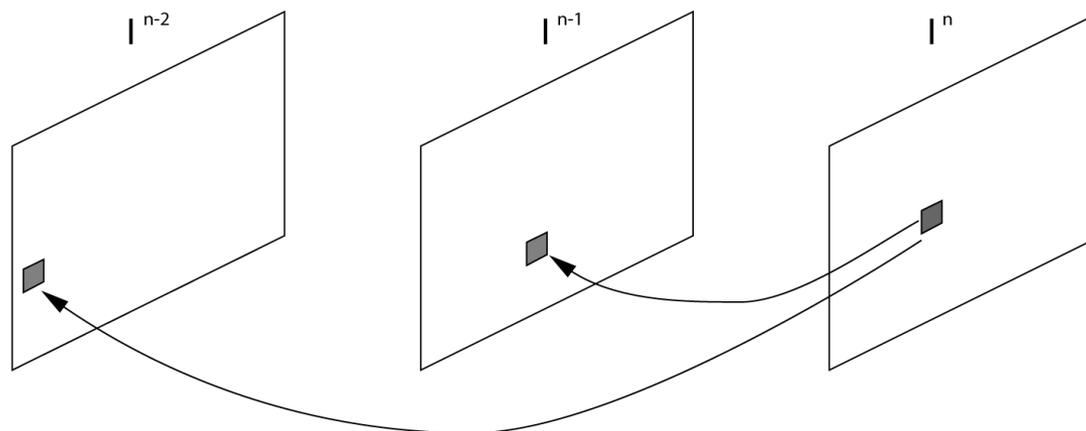


2.2. Tipos de imágenes: Modo campo (4)

- **Imágenes tipo P:**

- Modo *Dual Prime*:

- Consiste en un refinamiento de los vectores de movimiento transmitidos.
- A partir del vector obtenido utilizando como predicción el campo de igual paridad de la imagen anterior, se obtiene otro vector que apunta a otro macrobloque en el campo de paridad opuesta en la imagen anterior.
- Este nuevo vector se extrapola a partir del vector inicial y un factor de corrección.
- Se usa como predicción la interpolación entre los macrobloques a los que apuntan los dos vectores.
- Se consiguen errores menores (como en las imágenes tipo B), pero sin un coste demasiado elevado (predicción en una única imagen) y sin el retardo asociado a las imágenes tipo B.



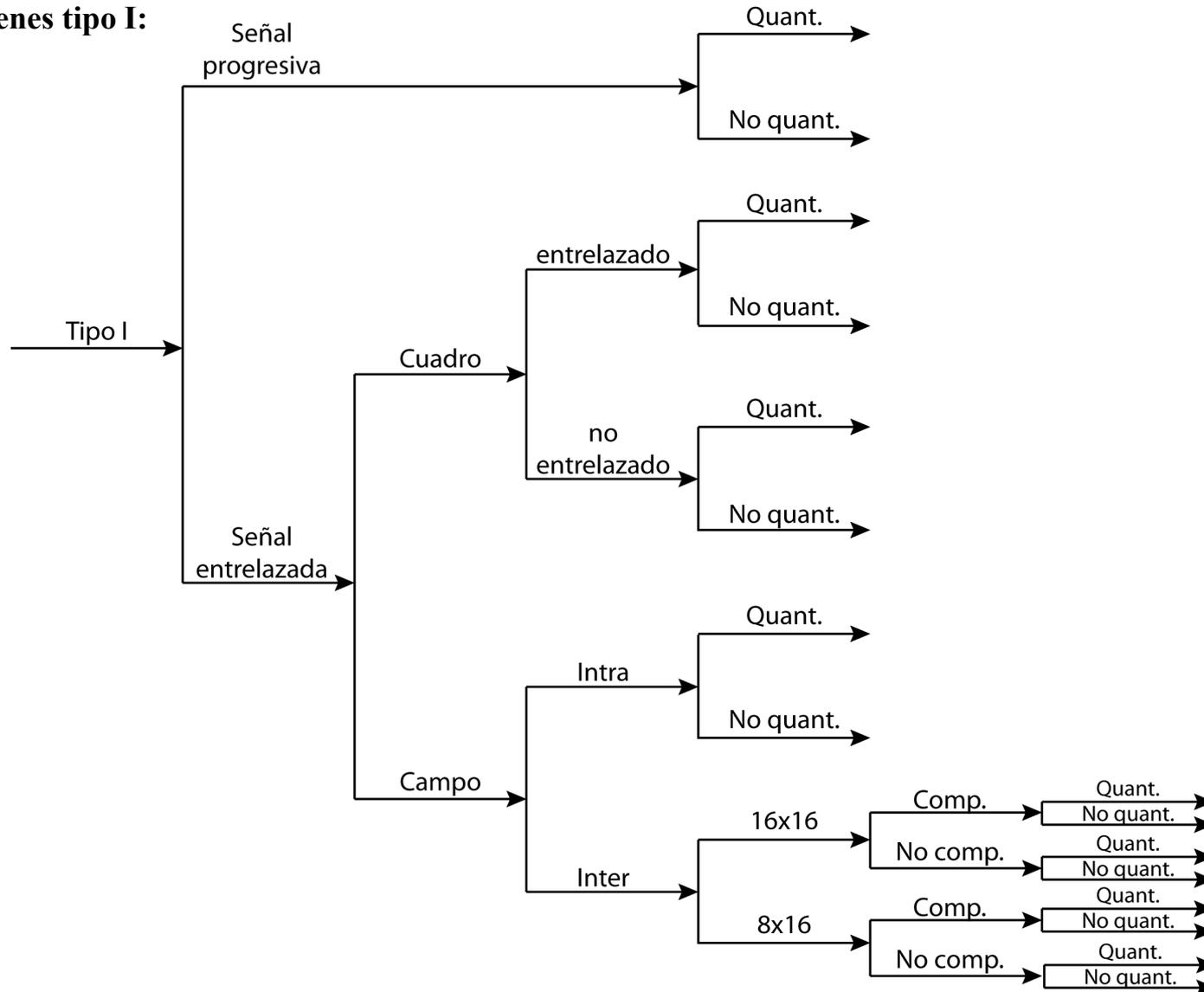
2.2. Tipos de imágenes: Modo campo (5)

- **Imágenes tipo B:**

- Utilizan predicciones tomadas del cuadro anterior (tipo I o P) y/o del cuadro posterior (tipo I o P).
- Dan lugar a 4 tipos de predicción.
- Intracuadro:
 - Los macrobloques se tratan del mismo modo que en las imágenes tipo I.
- Intercuadro con predicción FW:
 - Predicciones tomadas de un campo anterior que puede ser de tipo I o de tipo P.
 - Se puede optar por usar dos bloques de 8×16 que dan lugar a 2 vectores, o un bloque de 16×16 que da lugar a un vector.
- Intercuadro con predicción BW:
 - Predicciones tomadas de un campo posterior que puede ser de tipo I o de tipo P.
 - Se puede optar por usar dos bloques de 8×16 que dan lugar a 2 vectores, o un bloque de 16×16 que da lugar a un vector.
- Intercuadro con interpolación:
 - Predicciones calculadas como el promedio de una predicción obtenida de un campo anterior (I o P) y otro cuadro posterior (I o P).
 - Se puede optar por usar dos bloques de 8×16 que dan lugar a 4 vectores, o un bloque de 16×16 que da lugar a dos vectores.

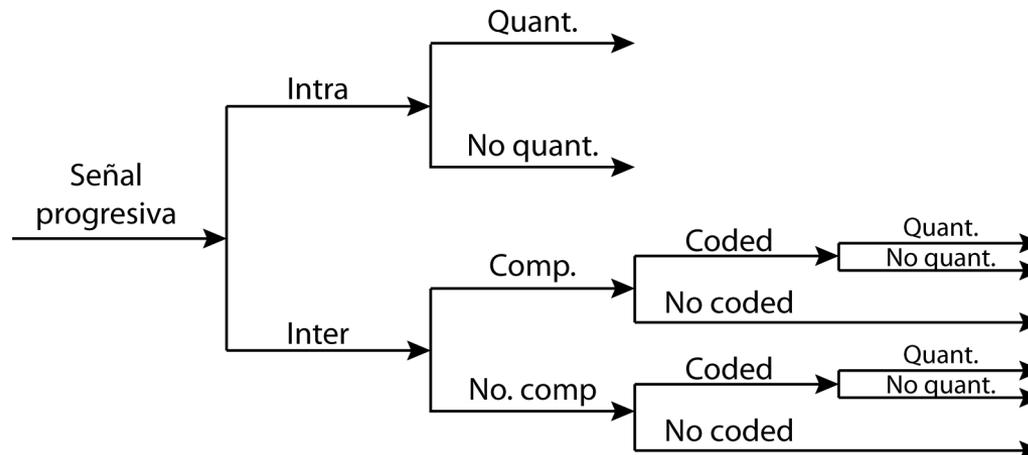
3. Decisiones a nivel de macrobloque (1)

• **Imágenes tipo I:**



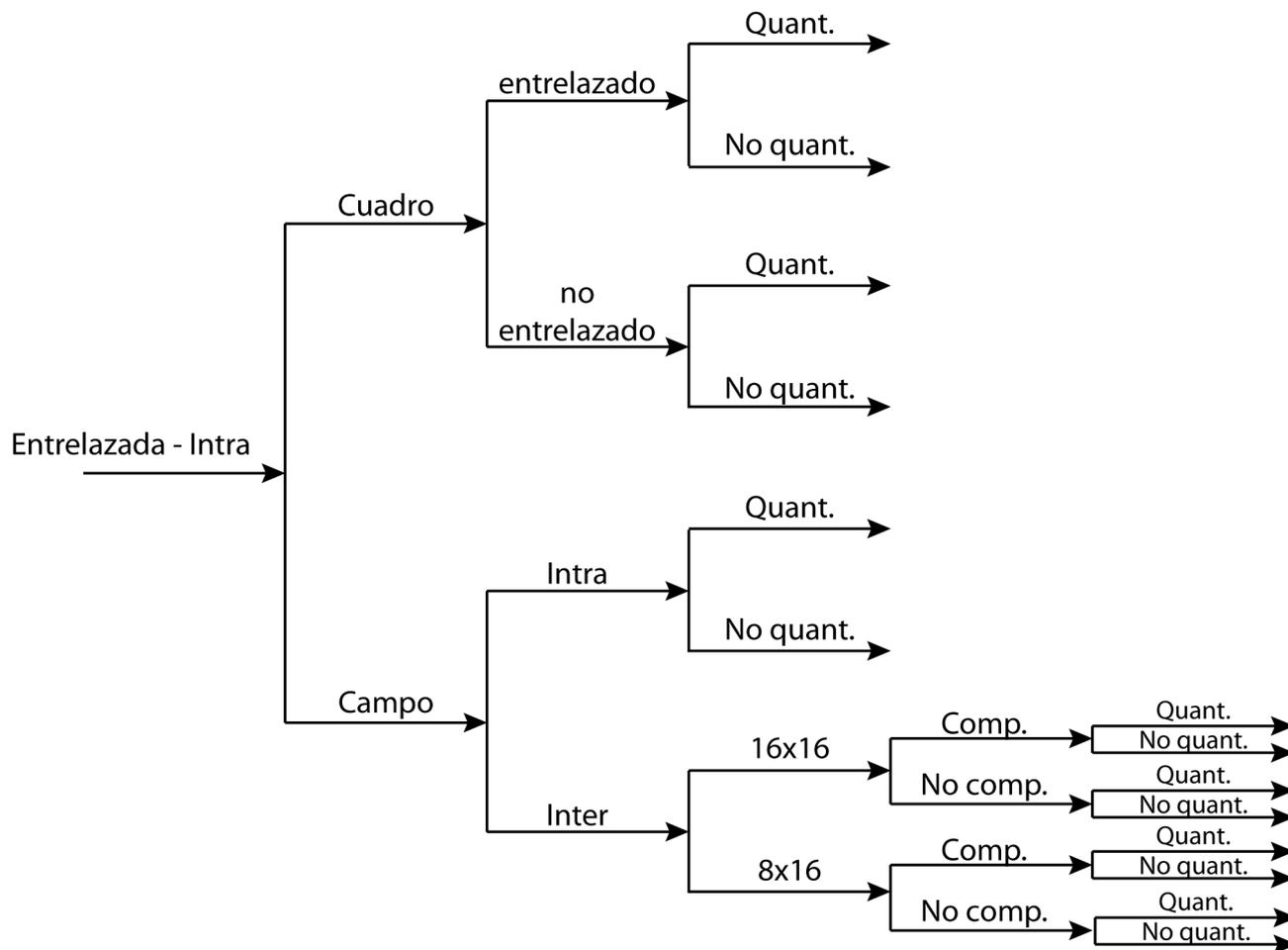
3. Decisiones a nivel de macrobloque (2)

- Imágenes tipo P:



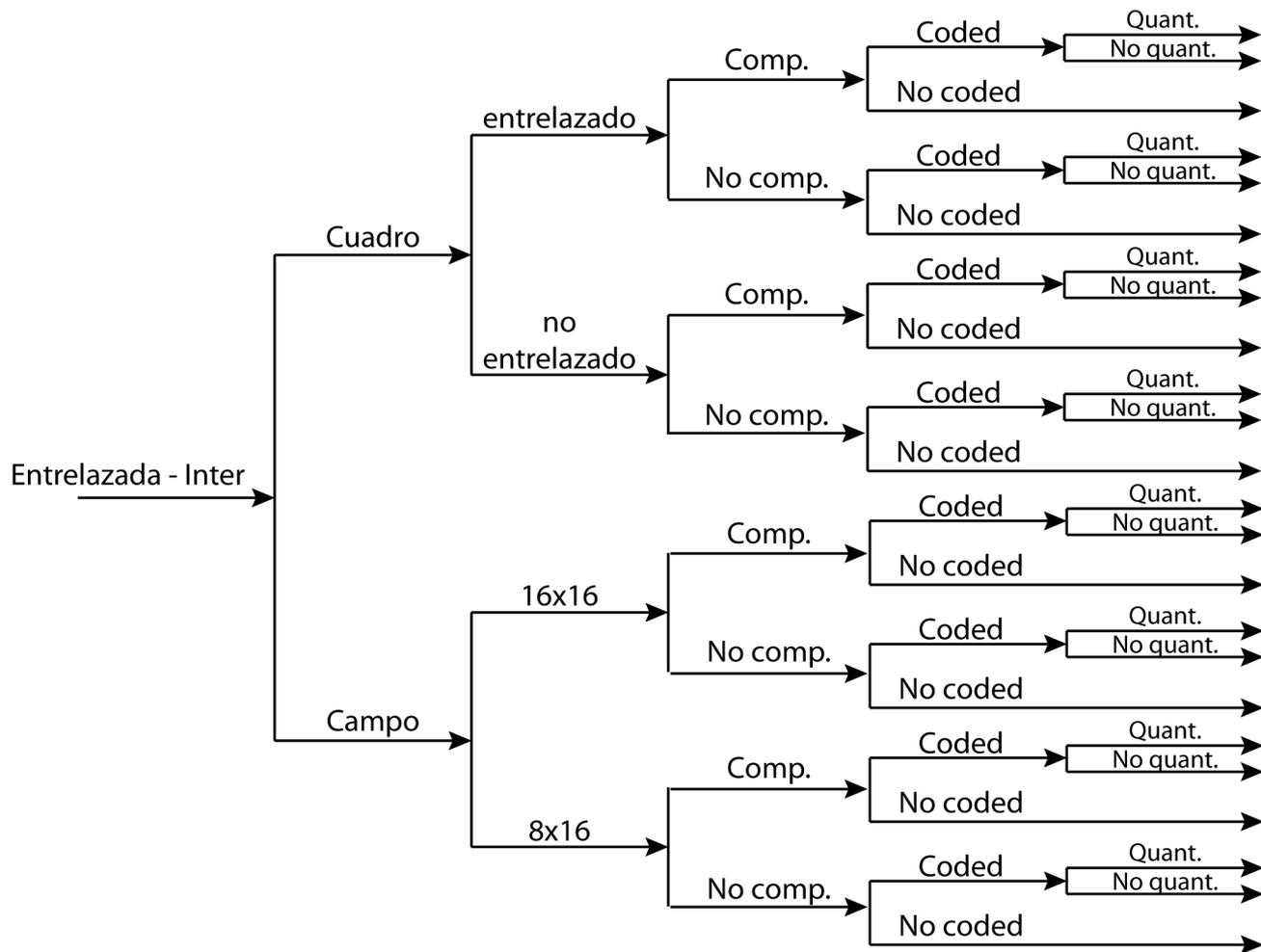
3. Decisiones a nivel de macrobloque (3)

- Imágenes tipo P:



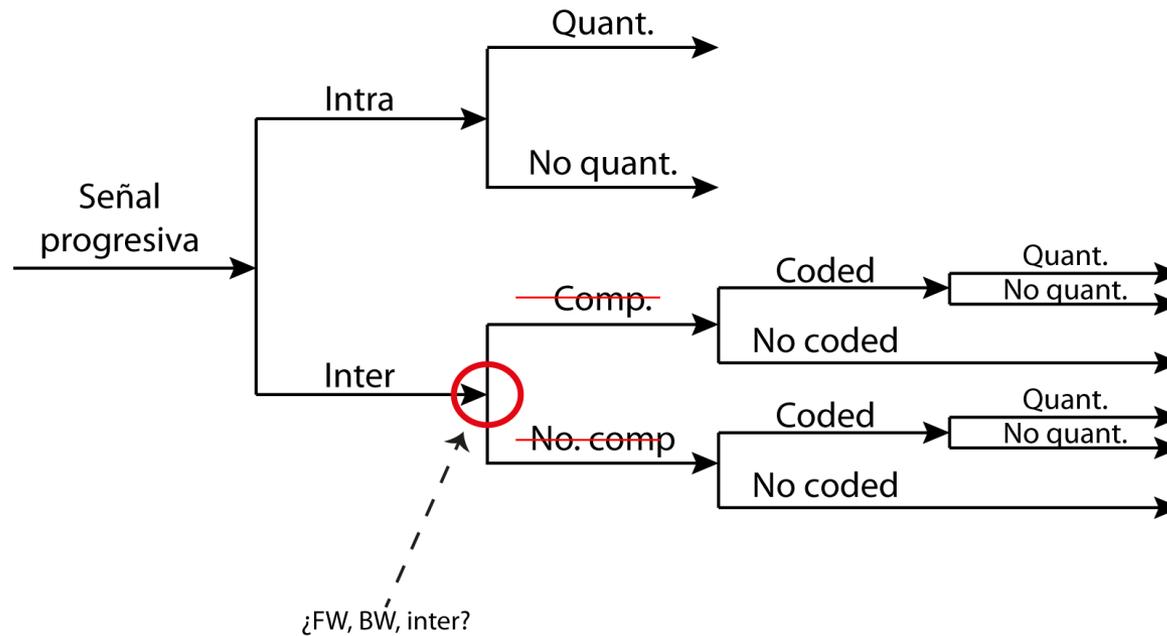
3. Decisiones a nivel de macrobloque (4)

- Imágenes tipo P:



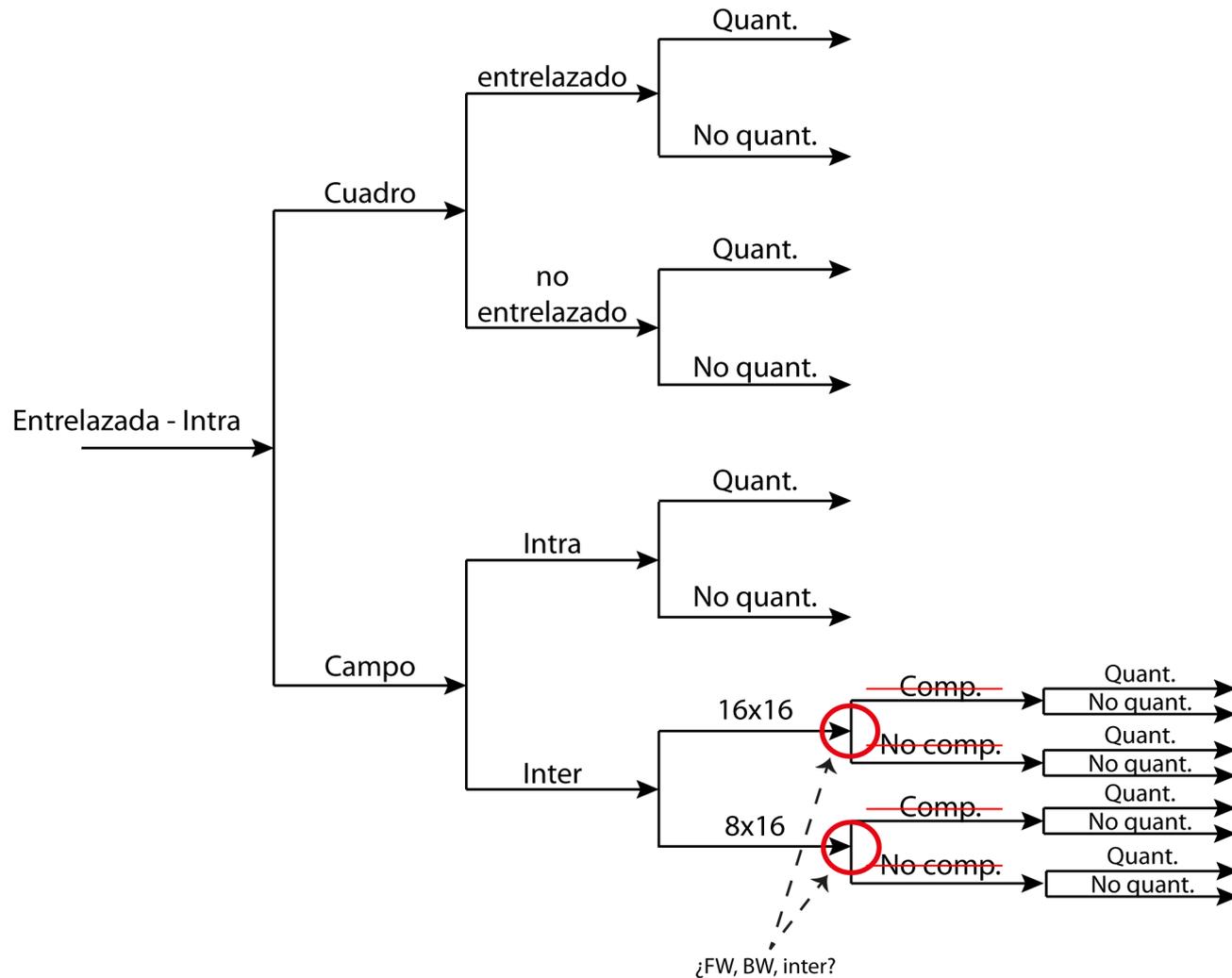
3. Decisiones a nivel de macrobloque (5)

- Imágenes tipo B:



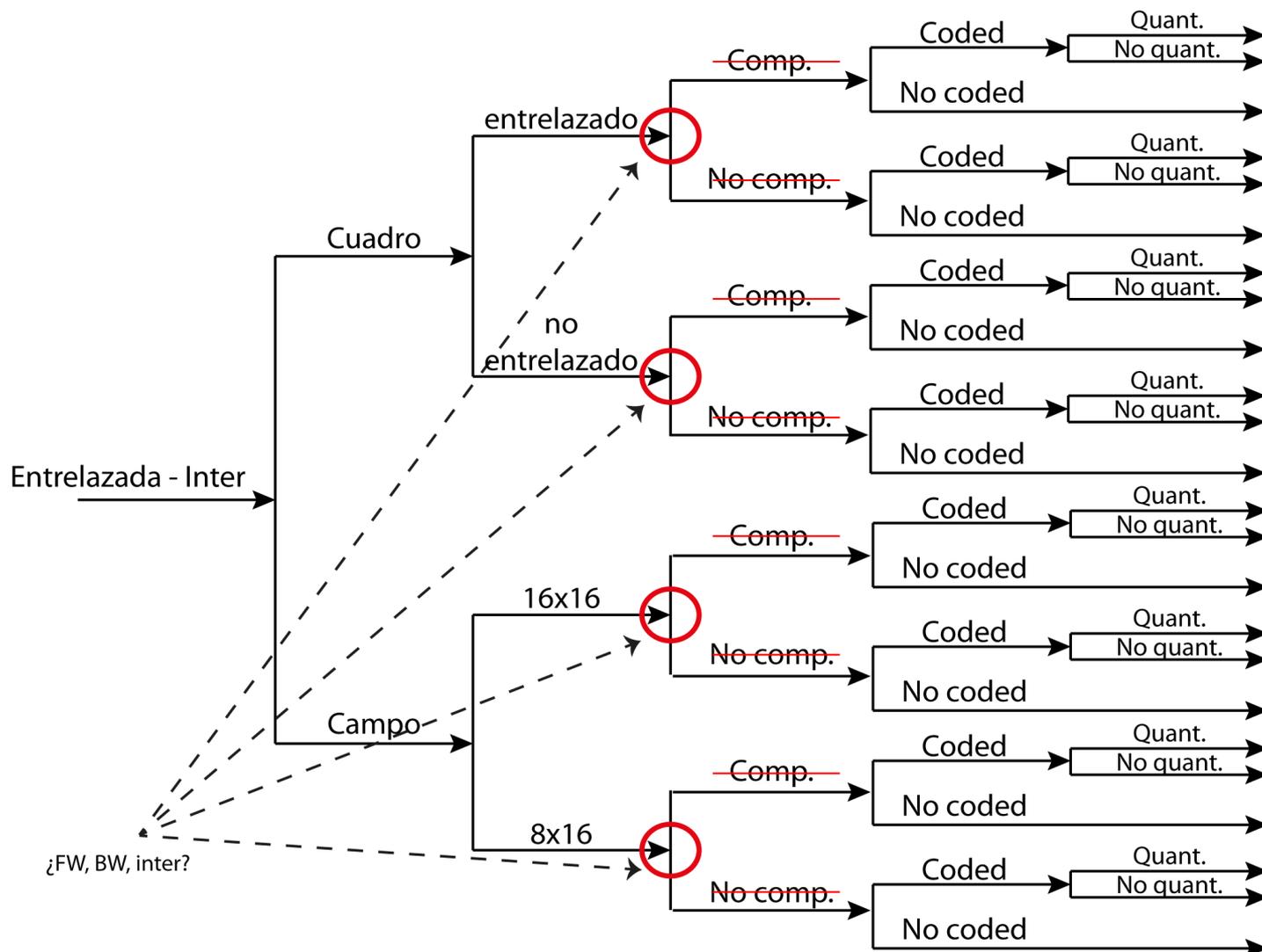
3. Decisiones a nivel de macrobloque (6)

- Imágenes tipo B:



3. Decisiones a nivel de macrobloque (7)

- Imágenes tipo B:



4. Escalabilidad (1)

- **Flujo de datos escalable** → El que tiene la propiedad de que parte de él puede recuperarse y decodificarse de manera independiente del resto.
- Ventajas de la escalabilidad:
 - Permite que existan decodificadores con menor capacidad de procesamiento (más baratos) → Que permitan reproducir vídeo a menor resolución espacial o temporal, o con menor calidad.
 - Permite la división del flujo binario en función de la prioridad de la transmisión en presencia de errores:
 - Los niveles más básicos de información se deberán proteger adecuadamente para asegurar su recepción correcta.
 - Los niveles de refinamiento del flujo escalable pueden relajarse más en cuanto a protección.
- Niveles de escalabilidad considerados en MPEG-2:
 - Nivel base → El nivel inferior.
 - Uno o dos niveles de mejora → Contienen datos que permiten mejorar la calidad de las imágenes decodificadas, a partir de los datos del nivel base.

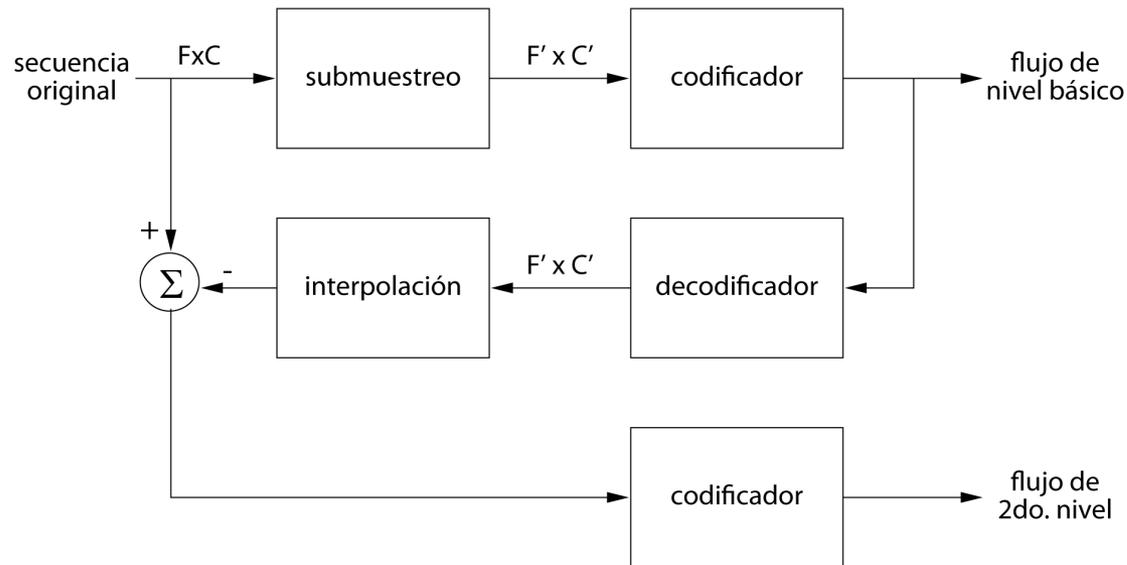
4. Escalabilidad (2)

- Tipos de escalabilidad:

- Espacial:

- Los distintos niveles ofrecen secuencias decodificadas con diferente resolución espacial:

- El nivel superior (o de mejora) se genera a partir de la imagen del nivel inferior reconstruida e interpolada.
- Un ejemplo de este tipo de escalabilidad es el de la HDTV con TV integrada.



4. Escalabilidad (3)

- **Tipos de escalabilidad:**
- **SNR (Signal to Noise Ratio):**
 - La información de cada nivel se obtiene cuantificando con mayor o menor precisión los coeficientes de la DCT:
 - Mayor precisión en la cuantificación → Mayor SNR (mayor tasa binaria).
 - Menor precisión en la cuantificación → Menor SNR (menor tasa binaria).
 - En el nivel inferior se usa poca precisión y en el nivel superior se refina la precisión de la cuantificación.
- **Temporal:**
 - Similar a la espacial, sólo que submuestreando e interpolando la señal en el tiempo:
 - Nivel inferior → Señal submuestreada en el tiempo (sólo se envían algunas imágenes).
 - Nivel superior → Se rellena con imágenes intermedias.

4. Escalabilidad (4)

- **Tipos de escalabilidad:**
- **Partición de datos:**
 - La codificación se realiza igual que en el modo fundamental (sin escalabilidad).
 - Los bits resultantes de la codificación se agrupan por niveles de distinta prioridad:
 - El nivel básico contendrá, por ejemplo, información de cabeceras, vectores de movimiento, coeficientes de continua, etc.
 - El nivel superior contendrá datos menos críticos como, por ejemplo, coeficientes DCT de alta frecuencia.
 - Permite, por ejemplo, adaptar el flujo a transmisiones por distintos canales con distintos niveles de probabilidad de error (el básico irá por el canal de menor error).
- **Híbrida:**
 - Combinación de las escalabilidades SNR, espacial y temporal.
 - En este caso se permiten un nivel básico y dos de mejora.

5. Perfiles y niveles (1)

- MPEG-2 debe dar soluciones a aplicaciones muy variadas → Para conseguirlo se usan los perfiles y los niveles.
- **Perfil (*Profile*):**
 - Algoritmos de codificación que se añaden a los del perfil inferior.
 - Hace referencia al grado de complejidad del codificador implementado.
- **Nivel (*Level*):**
 - Conjunto de parámetros soportados por la implementación (resolución, imágenes por segundo, tasa binaria...).
- Cada implementación responde a un par perfil/nivel:
 - El perfil define la complejidad de la implementación en términos algorítmicos.
 - El nivel define las resoluciones de las imágenes y los formatos de las secuencias permitidos.

5. Perfiles y niveles (2)

- **Perfiles:**

- Simple → Es el más sencillo.
- Principal → Permite el uso de imágenes tipo B.
- SNR → Incorpora la opción de utilizar escalabilidad SNR. Por lo tanto, considera 2 niveles de escalabilidad.
- Espacial → Añade la escalabilidad espacial (escalabilidad híbrida → 3 niveles).
- Alto → Como el espacial, salvo porque también permite el muestreo 4:2:2.
- 4:2:2 → Similar al principal, salvo porque también permite el muestreo 4:2:2.
- MVP (*Multi View Profile*) → Establece la codificación conjunta de secuencias de la misma escena adquiridas por varias cámaras. Considera la escalabilidad temporal.

Elemento sintáctico	Perfil						
	Simple	Principal	SNR	Espacial	Alto	4:2:2	MVP
Muestreo crominancia	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0	4:2:0 4:2:2	4:2:0 4:2:2	4:2:0
Cuadros B	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Escalabilidad	No	No	SNR	SNR o	SNR o	No	temporal
Nr. niveles escalabilidad	0	0	2	3	3	0	2

5. Perfiles y niveles (3)

- **Niveles:**

- Alto (*High*) → Permite una relación de aspecto 16:9. Full-HD.
- Alto-1440 (*High-1440*) → Dobra la resolución de la TV estándar.
- Principal (*Main*).
- Bajo (*Low*).

Parámetro	Nivel			
	Alto	Alto-1440	Principal	Bajo
Columnas	1920	1440	720	352
Filas	1152	1152	576	288
cuadros/s	60	60	30	30
Veloc (Mb/s)	90	60	15	4

5. Perfiles y niveles (4)

- No todos los niveles están soportados por todos los perfiles.

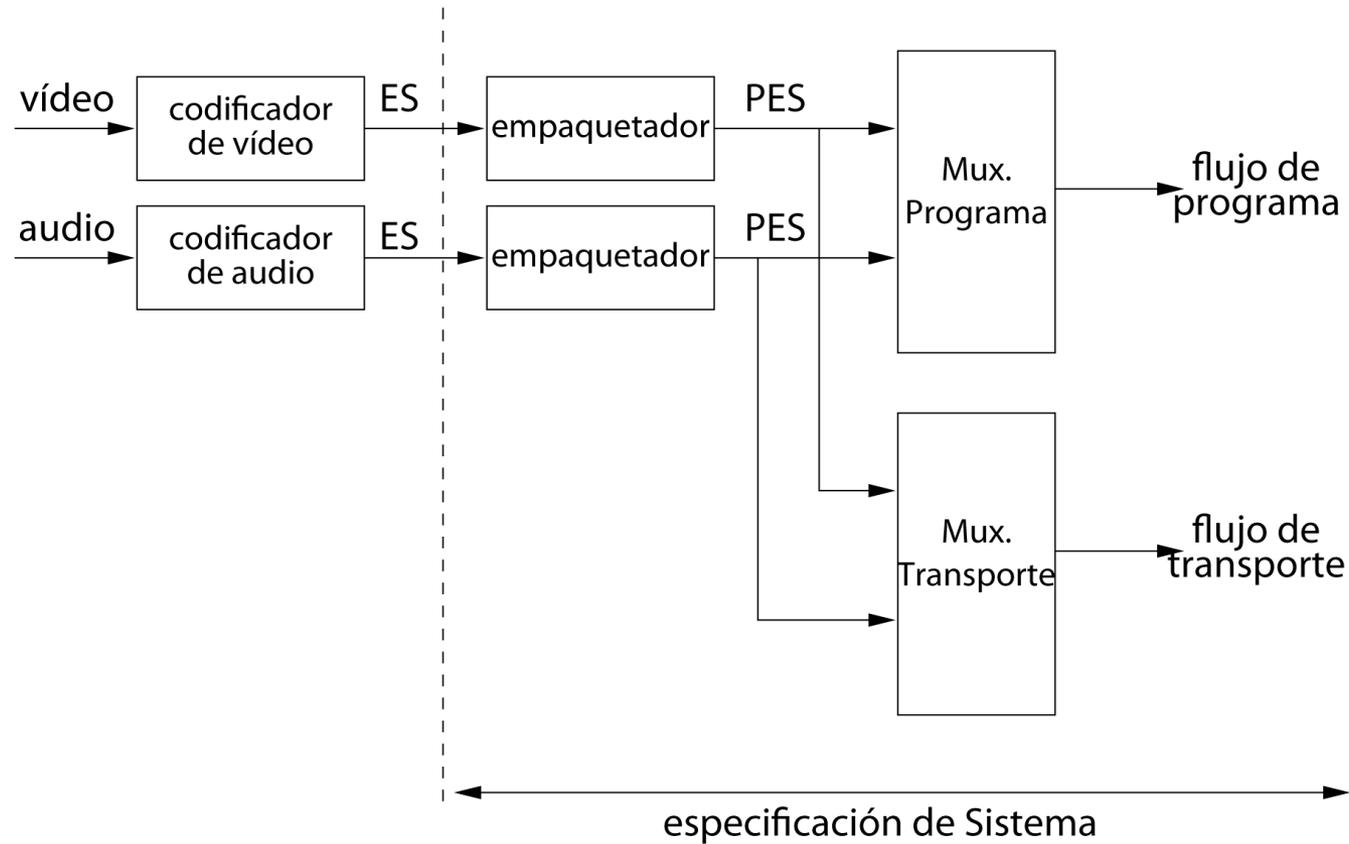
- De entre las combinaciones permitidas, la del perfil principal y el nivel principal (**MP@ML**, *Main Profile at Main Level*) es la que se emplea en la mayoría de las aplicaciones de difusión → Televisión estándar.

		PERFILES					
		Simple	Principal	4:2:0	SNR	Especial	Alto
NIVELES	Alto						
	Alto-1440						
	Principal						
	Bajo						

6. Sistema (1)

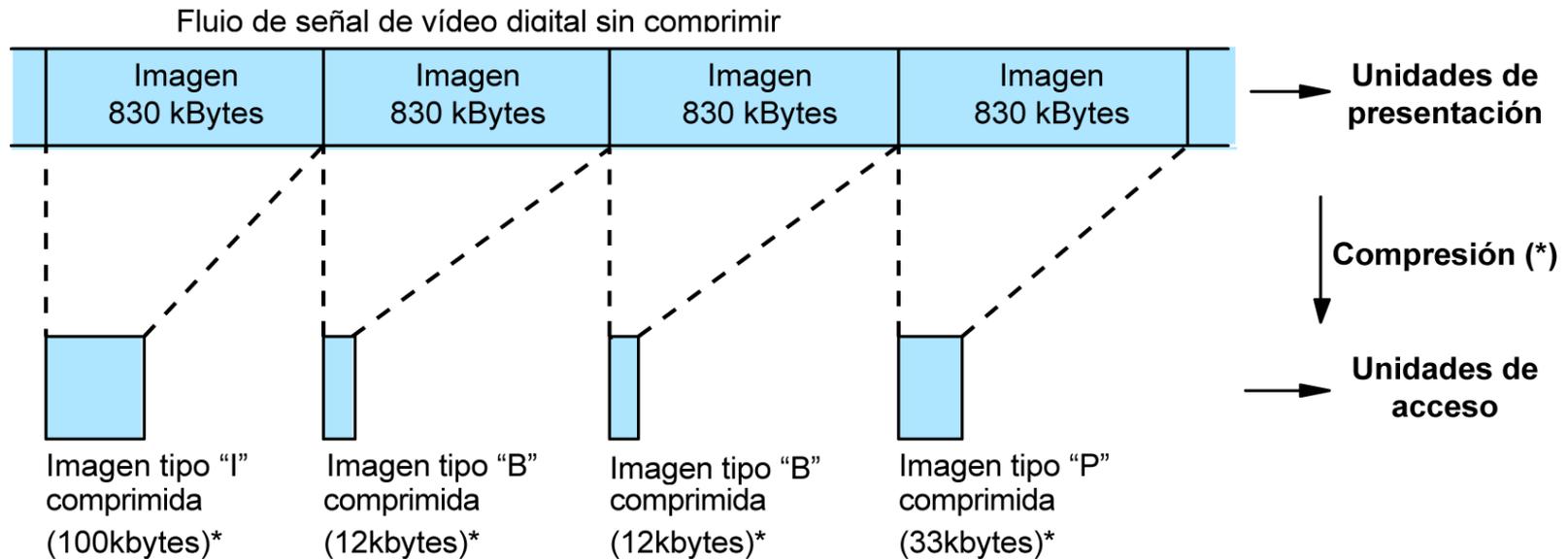
- Se centra en la sincronización y el multiplexado de uno o varios flujos de vídeo, audio y datos para su almacenamiento o transmisión por canales digitales.
- Programa:
 - Servicio particular que está siendo codificado → Secuencia de vídeo con su audio asociado (y quizás algunos datos auxiliares).
- Flujos elementales (*Elementary Streams*, ES):
 - Salida de los codificadores de vídeo y audio.
 - Cada programa se compone de múltiples ES: Uno para el video, varios para el audio (uno por idioma), otro para el texto...
- Flujos elementales empaquetados (*Packetized Elementary Streams*, PES):
 - Paquetes → Grupos de ES del mismo tipo.
- Los paquetes se combinan para generar dos tipos de flujos binarios a nivel de sistema:
 - Flujo de Programa (*Program Stream*, PS) → Un solo programa.
 - Flujo de Transporte (*Transport Stream*, TS) → Múltiples programas de forma simultánea.

6. Sistema (2)



6. Sistema (3)

- **Compresión:**



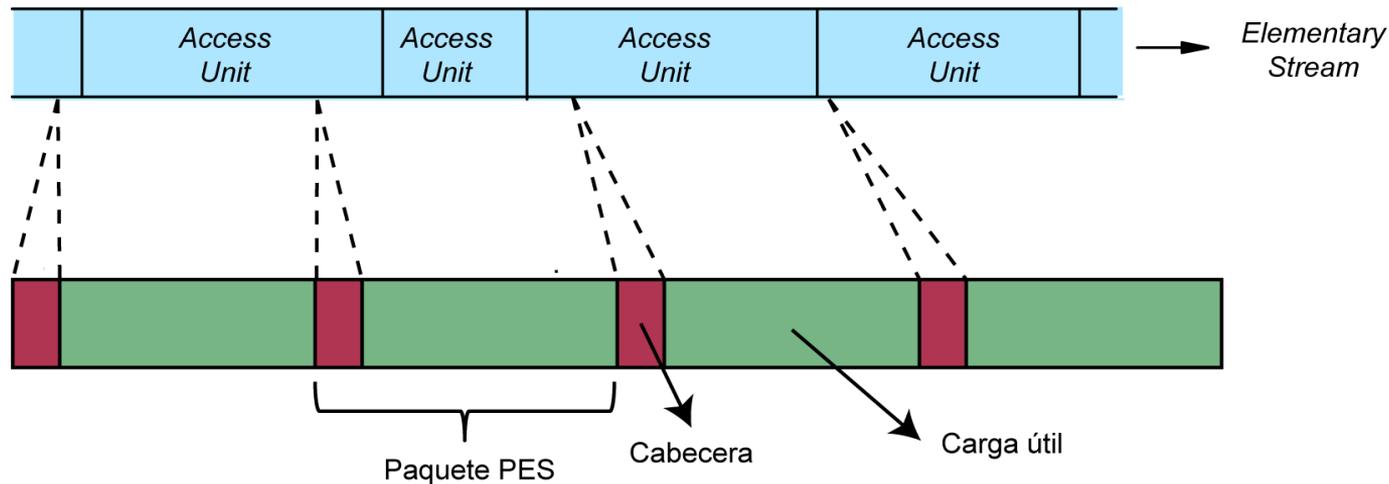
(*) El tamaño real depende del objetivo de velocidad y de la complejidad de la imagen

- La sucesión de las unidades de acceso constituyen los ES de vídeo → **Video ES**.
- El audio se comprime en paralelo, dando lugar a los ES de audio → **Audio ES**.

6. Sistema (4)

- **Empaquetado:**

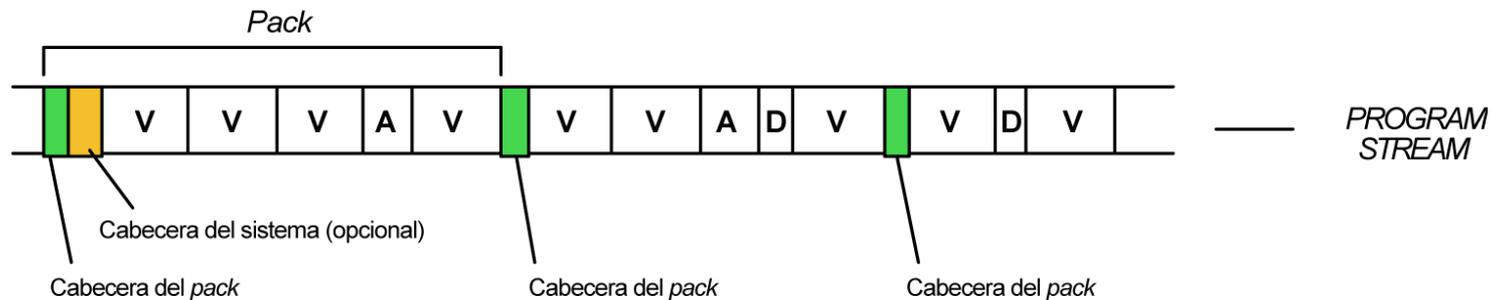
- Proceso mediante el que los ES (compuestos exclusivamente por *Access Units*) son divididos en PES (*Packetized Elementary Streams*).
- Los PES pueden ser de longitud variable (normalmente limitados a 64 kBytes).
- Cada paquete está compuesto por una cabecera (*header*) y una carga útil (*payload*).
- Una *Access Unit* puede comenzar en cualquier parte de la *payload*.
- Puede haber varias *Access Units* en un mismo paquete.



6. Sistema (5)

• Flujo de programa (*Program Stream*):

- Se crea a partir de uno o más PES pertenecientes al mismo programa audiovisual (deben compartir el mismo reloj de referencia).
- Son útiles en aplicaciones que involucran la grabación (por ejemplo, DVD) → Entornos con pocos errores.
- Se utilizan paquetes grandes y de longitud variable.
- Está compuesto por unidades denominadas *packs*, que a su vez se componen de:
 - Cabecera del *pack* (*pack header*).
 - Cabecera de sistema (*system header*) → Opcional.
 - Número indeterminado de paquetes PES.



V - Paquete PES de vídeo
A - Paquete PES de audio
D - Paquete PES de datos

6. Sistema (6)

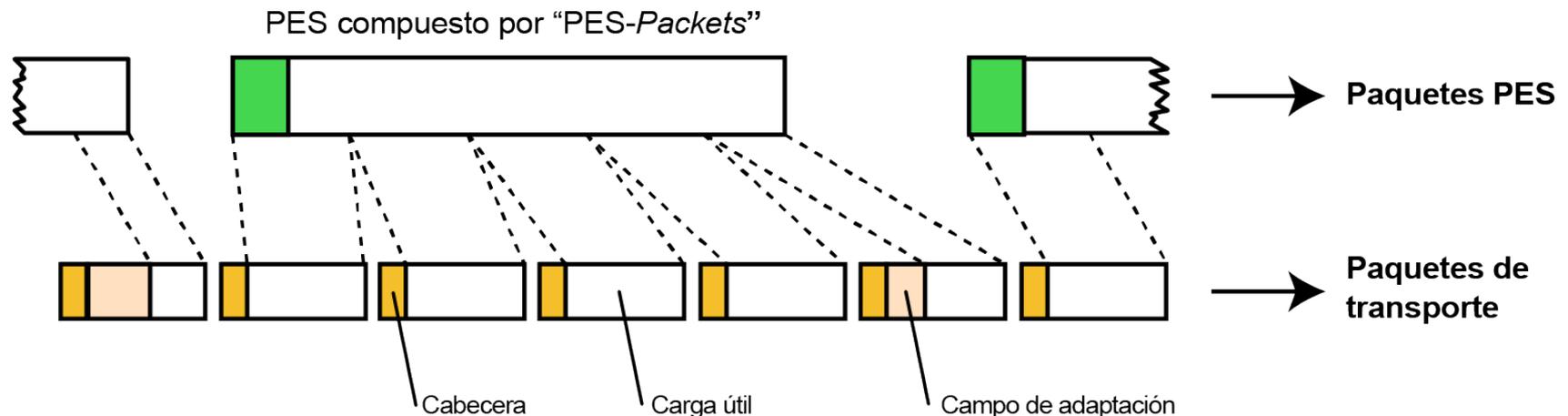
- **Flujo de programa (*Program Stream*):**

- La cabecera del *pack* debe aparecer, al menos, cada 0,7 segundos → Debido a que esta cabecera contiene información importante para sincronizar la información (*System Clock Reference*, SCR).
- La cabecera del sistema incluye distintas características del *Program Stream*:
 - Velocidad binaria máxima.
 - Número de ES de vídeo y audio que lo componen.
 - Información complementaria de temporización.
 - Etc.
- ¿Por qué para entornos libres de errores? → Es muy vulnerable a ellos.
 - Incluye paquetes de gran longitud. Un error en la cabecera de un paquete puede provocar la pérdida entera del paquete (ya que las cabeceras incluyen la información de sincronización).
 - La longitud de los paquetes es variable → Si el campo que identifica la longitud del paquete se corrompe, el decodificador perderá el sincronismo → Se perderá, como mínimo, un paquete.

6. Sistema (7)

• Flujo de transporte (*Transport Stream*):

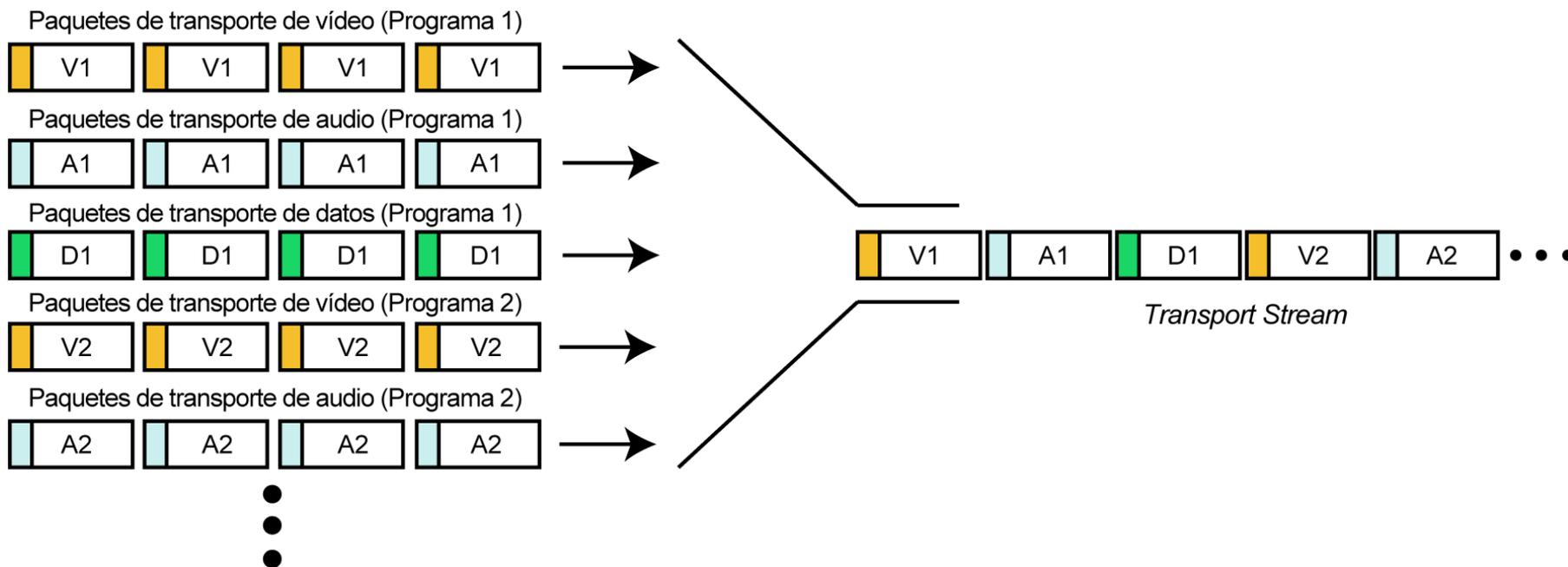
- Se crea a partir de uno o más PES pertenecientes a uno o varios programas audiovisuales (pueden o no compartir una misma base de tiempos).
- Diseñado para ser utilizado en entornos con pérdidas (transmisión de TV).
- Se utilizan paquetes cortos y de longitud fija (188 bytes).
- Cada paquete de transporte incluye:
 - Cabecera (*header*) → 4 bytes.
 - Campo de adaptación (*Adaptation Field*) → Utilizado eventualmente para rellenar el exceso de espacio disponible.
 - Carga útil (*payload*) → Datos de los PES.



6. Sistema (8)

- **Flujo de transporte (*Transport Stream*):**

- A partir de paquetes de transporte de distinto tipo (y de distintos programas), se genera el *Transport Stream*.



6. Sistema (9)

- **Información específica de los programas (*Program Specific Information, PSI*):**

- El flujo de transporte puede contener información de varios programas audiovisuales → Cada programa está distribuido en uno o varios flujos elementales PES distribuidos en paquetes de transporte.

- Los paquetes incluyen en la cabecera el **PID (*Packet Identifier*)** → Identifica el flujo de transporte al que pertenece el paquete. Es un campo de 4 bytes.

- Para que el decodificador pueda recuperar un programa a través de los PID de los paquetes, es necesario incluir información adicional que relacione los PID con los programas a los que pertenecen.

- Esta información se denomina **información específica de los programas (*Program Specific Information, PSI*)**.

- Comprende la inclusión en el flujo de transporte de 4 tipos de tablas:

- Tabla de asociación de programas (*Program Association Table, PAT*).

- Tabla de acceso condicional (*Conditional Access Table, CAT*).

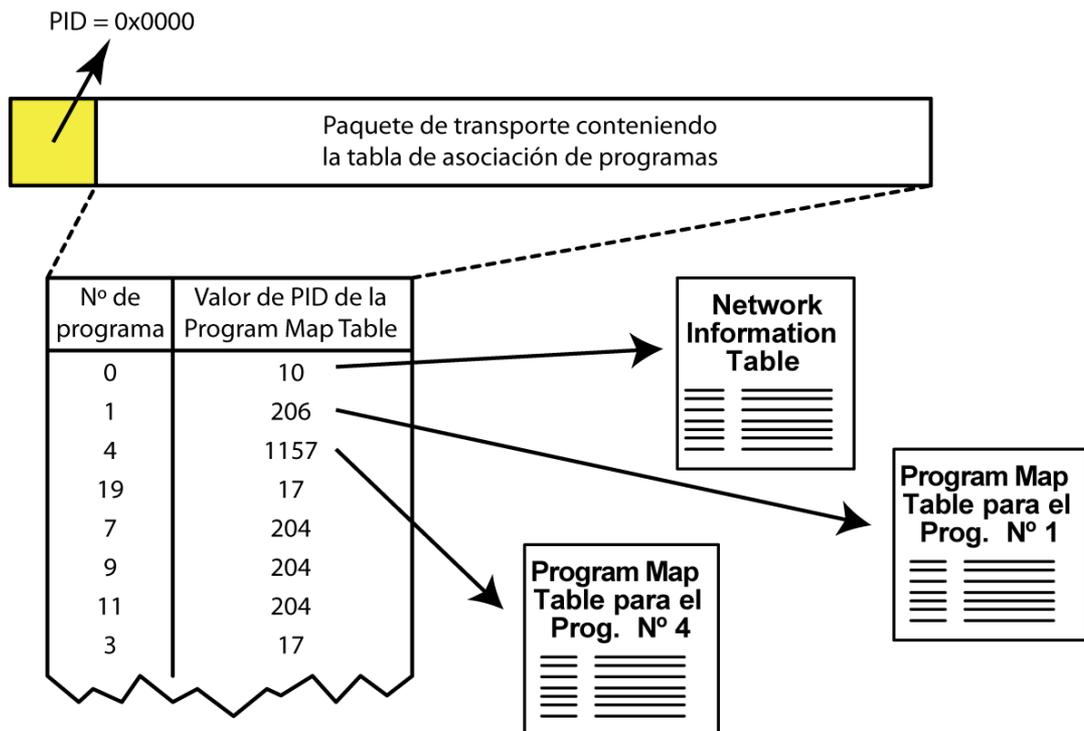
- Tabla de mapa de programas (*Program Map Table, PMT*).

- Tabla de información de la red (*Network Information Table, NIT*).

6. Sistema (10)

- **Tabla de asociación de programas (PAT):**

- Es de inclusión obligatoria.
- Es transportada por los paquetes con PID=0x0000
- Contiene una lista completa de todos los programas disponibles en el *Transport Stream*.
- Debe transmitirse sin cifrar.



- Cada programa aparece junto con el valor de PID de la PMT que contiene los detalles de dicho programa.

- Ejemplo: Los paquetes con PID=206 serán los correspondientes al programa 1.

- Una misma PMT puede contener detalles de varios programas

- Ejemplo: La PMT con PID=204 contiene detalles de los programas 7, 9 y 11.

6. Sistema (11)

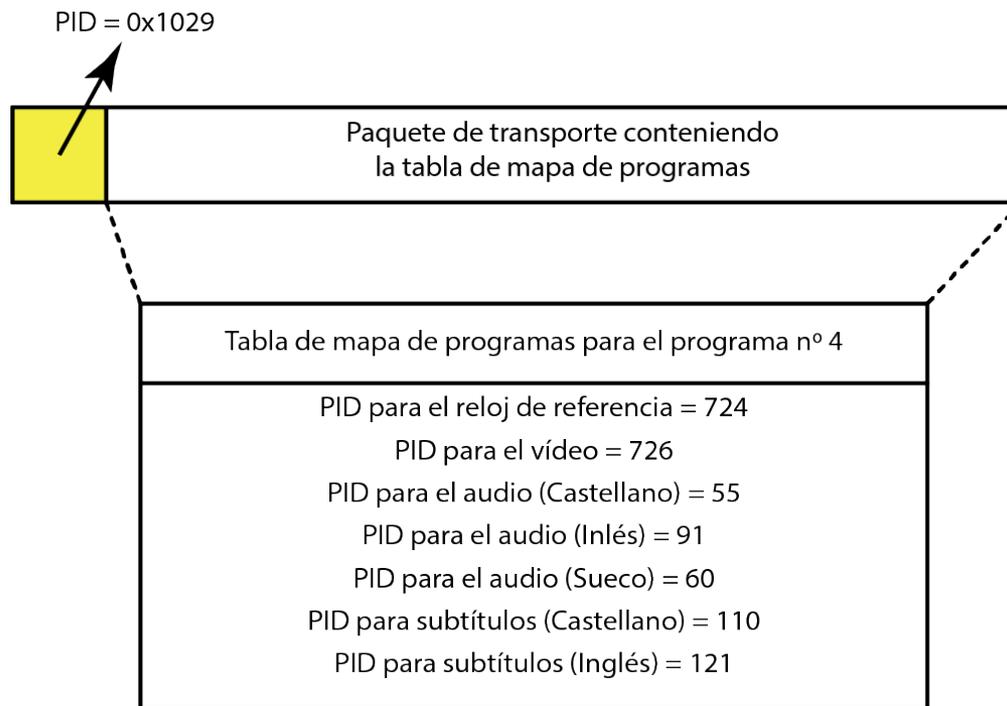
- **Tabla de acceso condicional (CAT):**

- Debe estar presente sólo si alguno de los programas es de acceso condicional.
- Es transportada por los paquetes con PID=0x0001
- Proporciona:
 - Detalles de los sistemas de cifrado empleados.
 - Valores de los PID de los paquetes de transporte que contienen información de control de acceso condicional.
- Los datos para el acceso condicional se envían en forma de mensajes de gestión de derechos (*Entitlement Management Messages*, EMM) → Especifican los niveles de autorización a los servicios a los que se puede acceder.
- El formato de la información contenida en los EMM no está especificado en MPEG-2, dado que depende del tipo de sistema de cifrado empleado.

6. Sistema (12)

- **Tabla de mapa de programas (PMT):**

- Cada programa incluido en un *Transport Stream* tiene asociada una tabla de este tipo.
- Proporciona distintos detalles acerca del programa y de los flujos elementales que comprende.
- Pueden ser transportadas por paquetes con valores PID arbitrarios, excepto 0x0000 (reservado para PAT) y 0x0001 (reservado para CAT).
- Pueden contener datos cifrados (por ejemplo, para el control de acceso).



- Con esta tabla un decodificador es capaz de determinar que para el canal 4:
 - El flujo elemental de vídeo se encuentra en los paquetes de transporte identificados mediante el PID= 726.
 - El flujo elemental cuyos paquetes están etiquetados con PID=55 transporta la información correspondiente al audio en castellano.

6. Sistema (13)

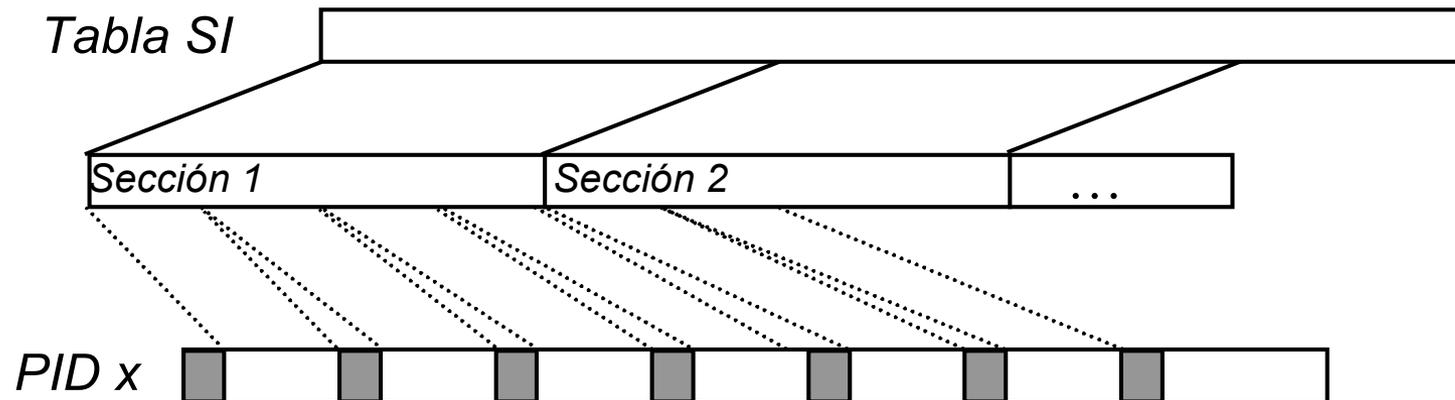
- **Tabla de información de la red (NIT):**

- Es opcional.
- Su contenido es privado → Lo define el *broadcaster*, no MPEG.
- Su PID aparece asociado al programa 0 en la tabla de asociación de programas (en DVB se transporta por los paquetes con PID=0x0010).
- Lleva información de la red física por donde se transporta la información:
 - Frecuencias de los canales.
 - Detalles de los transpondedores de los satélites.
 - Características de modulación.
 - Originador del servicio.
 - Nombre del servicio.
 - Detalles de redes alternativas disponibles.
 - Etc.

6. Sistema (14)

- **Secciones:**

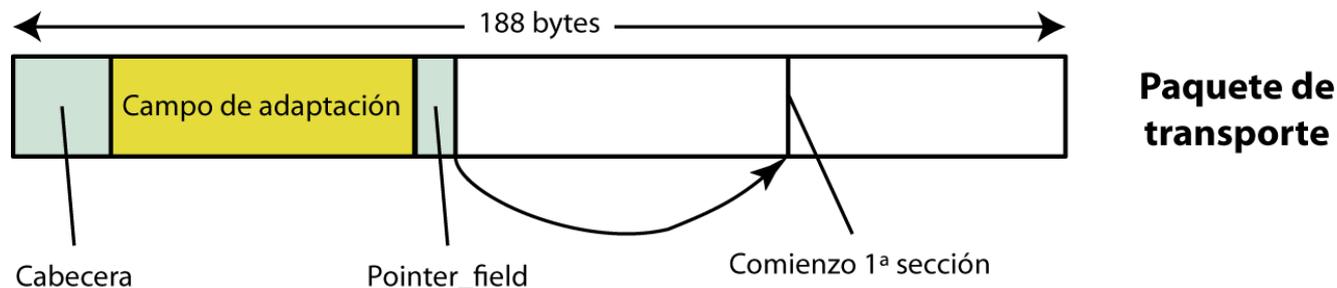
- Según su importancia, cada tabla está constituida por una o varias secciones (256 como máximo).
- Cada sección tiene una longitud máxima de 1024 bytes (excepto las de las NIT, que puede alcanzar los 4094 bytes).
- Las secciones se distribuyen a lo largo de los paquetes de transporte (dentro de la carga útil).



6. Sistema (15)

• Secciones:

- Al contrario que sucede con la división de los datos del PES en paquetes de transporte, las secciones de las tablas pueden empezar en cualquier punto del paquete de transporte.
- La posición del comienzo de una sección está indicada por el campo *pointer_field*.
 - Debe ser el primer byte de la carga útil (*payload*) del paquete.
 - Indica el desplazamiento (en bytes) desde el final del *pointer_field* hasta el primer byte de la sección en el paquete.
 - Un valor 0x00 indicaría que la sección comienza inmediatamente después del *pointer_field*.
- Si en el paquete no empieza ninguna sección no habrá *pointer_field*.
- Si se desea hacer coincidir el final de una sección con el final de un paquete, se pueden insertar bytes de relleno (campo de adaptación).
- Las secciones no permiten huecos entre ellas → Sólo hace falta un *pointer_field* para saber la posición de todas las secciones.



6. Sistema (16)

- **Secciones:**

- Las secciones se identifican por la combinación de los siguientes elementos:
 - Table_id:
 - Identifica el tipo de tabla a la que pertenece la sección.
 - Table_id extension:
 - Se utiliza para identificar subtablas.
 - Version number:
 - Cuando cambian las características descritas para el *Transport Stream* (por ejemplo, la composición de los flujos elementales) se han de transmitir datos con la información actualizada.
 - Esto se hace enviando una subtabla con los nuevos datos. El campo *version_number* de esta subtabla se habrá incrementado en 1 respecto el de la subtabla con los valores anteriores.
 - Current next indicator:
 - Etiqueta a cada sección como válida ahora (*current*) o válida en un futuro inmediato (*next*).
 - Permite al decodificador prepararse para los futuros cambios.
 - Section number:
 - Se incrementa en 1 con cada sección adicional.
 - Permite reorganizarlas secciones de una tabla en el caso de que no hayan sido transmitidas en orden.