

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Miguel Stalin Ludeña Ludeña y Andy Fabricio Vega León, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Miguel Stalin Ludeña Ludeña

Andy Fabricio Vega León

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Stalin Ludeña Ludeña y Andy Fabricio Vega León, bajo mi supervisión.

Ing. Tania Pérez Ramos  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecerle a Dios por la vida y por darme la oportunidad de estar rodeado de maravillosas personas que me apoyan y alientan en el diario vivir para quienes va este agradecimiento:

A Mis Padres por darme la oportunidad de cumplir mis metas y por su apoyo incondicional

A Mis hermanos por sus palabras de aliento y todos los momentos felices que hemos pasado juntos

A María Fernanda la amiga incondicional y el amor de mi vida gracias por estar siempre a mi lado

A La familia García Campana las personas más maravillosas que Dios pudo poner en el camino de mi vida

A Andy mi compañero y amigo gracias por la paciencia y amistad en todo estos años de estudio

A todos mis Amigos por todos los momentos felices y sus palabras de alientos en todos los momentos difíciles

A la Ing. Tania Pérez por la paciencia y sabia dirección que me permitió llegar a una buena culminación del presente proyecto.

**Miguel Stalin Ludeña Ludeña**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis Padres quienes son mi mayor ejemplo y a toda mi familia:

Hilda, mi Madre el ser más maravilloso del mundo, ejemplo de amor, dedicación, apoyo incondicional, paciencia, amistad, trabajo, honestidad; la mujer que me enseñó a afrontar la vida con decisión y entrega

Miguel, mi Padre el hombre que me enseñó que con la ayuda de Dios todo se puede y que nada en la vida por más duro o difícil que parezca es imposible, además ejemplo de amor, dedicación, respeto, confianza, honestidad, trabajo, amistad

**Miguel Stalin Ludeña Ludeña**

## **AGRADECIMIENTO**

A ti Padre Santo por tus infinitas bendiciones que han alegrado mi existir.

A mi madre un ejemplo de persona, por ser el pilar de apoyo, el rincón donde abrigarme en duros momentos de la vida.

A papá por sus consejos y lindos momentos vividos.

A mis hermanos por el incentivo, aliento y cariño brindado en todo momento.

A Michelle, mí amor, la princesita de mi vida por su compañía, alegría y ternura en este tiempo.

A Miguel mi gran amigo por su amistad incondicional, paciencia y apoyo en todos estos años de carrera.

A todos mis buenos amigos que siempre me han brindado su aprecio y grandes momentos compartidos.

A la Ing. Tania Pérez por su colaboración y acertada guía en la realización de este trabajo.

**Andy Fabricio Vega León**

## **DEDICATORIA**

A mi Madre, por vivir siempre junto a mi, por inculcarme los buenos valores de la vida y jamás desampararme, por aquellas palabras de aliento que han ayudado a ir cumpliendo cada uno de mis sueños, por no dejarme desmayar y sostenerme con tu amor incondicional.

**Andy Fabricio Vega León**

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO 1

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE DIGITALIZACIÓN DE AUDIO Y VIDEO

<b>1.1 INTRODUCCIÓN A LA DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES.</b>	<b>1</b>
<b>1.2 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE AUDIO</b>	<b>3</b>
1.2.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO	4
1.2.3 MUESTREO Y ALIASING	5
1.2.4 CUANTIFICACIÓN O CUANTIZACIÓN	7
1.2.5 CÓDIGO PCM (PULSE CODE MODULATION)	7
<b>1.3 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO</b>	<b>9</b>
1.3.1 INTRODUCCIÓN	9
1.3.2 MUESTREO DE LA SEÑAL ANALÓGICA	11
1.3.3 ESTRUCTURAS DE MUESTREO	11
1.3.3.1 Estructura de muestreo 4:2:2	12
1.3.3.2 Estructura de muestreo 4:1:1	15
1.3.3.3 Estructura de muestreo 2:1:1	15
1.3.3.4 Estructura de muestreo 4:2:0	16
1.3.3.5 Estructura de muestreo 4:4:4	17
1.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS VALORES MUESTREADOS	18
1.3.5 ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL MUESTREADA	18
1.3.6 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO	19
1.3.7 TÉCNICAS DE COMPRESIÓN	20
1.3.7.1 Codificación por transformación	20
1.3.7.2 Codificación predictiva sin pérdidas	21
1.3.7.3 Compresión predictiva con pérdidas	22

## 1.4 CONJUNTO DE ESTÁNDARES DE COMPRESIÓN

<b>MPEG</b> .....	24
1.4.1 INTRODUCCIÓN .....	24
1.4.2 ESTÁNDAR MPEG - 1 .....	25
1.4.3 ESTÁNDAR MPEG - 2 .....	26
1.4.4 ESTÁNDAR MPEG - 4 .....	28
1.4.5 ESTÁNDAR MPEG - 7 .....	30
1.4.6 ESTÁNDAR MPEG - 21 .....	31

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES A DVB - H PARA TELEVISIÓN MÓVIL

<b>2.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	33
<b>2.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE</b> .....	36
2.2.1 ASPECTOS TÉCNICOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS REDES TDT (TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE) .....	36
2.2.1.1 Instalación de transmisores .....	36
2.2.1.2 Distribución primaria .....	36
2.2.1.3 Consideraciones técnicas de la Televisión Digital Terrestre .....	37
2.2.2 VENTAJAS DE LA TDT FRENTE A LA TELEVISIÓN ANALÓGICA.....	37
2.2.2.1 Mayor calidad de imagen y sonido .....	37
2.2.2.2 Mayor número de emisiones de televisión .....	39
2.2.2.3 Mayor flexibilidad de las emisiones y servicios adicionales .....	40
<b>2.3 EL SISTEMA DVB</b> .....	41
2.3.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL PROYECTO DVB .....	41
2.3.1.1 Puntos fundamentales dentro del proyecto DVB .....	43
2.3.2 EL ESTÁNDAR DVB .....	44
2.3.2.1 Transmisión de datos en DVB .....	47
2.3.2.2 Transmisión jerárquica en DVB .....	50
2.3.2.3 Formatos de imagen DVB .....	51



<b>2.3.3 NORMAS DVB .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.3.1 DVB - T .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.3.2 DVB – S y DVB - C.....</b>	<b>56</b>
<i>2.3.3.2.1 Requerimientos Obligatorios .....</i>	<i>57</i>
<b>2.3.3.3 Listado de documentos DVB .....</b>	<b>61</b>

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS TÉCNICO PARA DVB - H PARA TELEVISIÓN MÓVIL**

<b>3.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>3.2 SISTEMA DVB - T.....</b>	<b>68</b>
<b>3.2.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CANAL TERRESTRE .....</b>	<b>69</b>
<b>3.2.3 COFDM.....</b>	<b>70</b>
<b>3.2.3.1 Multiplexado por división de frecuencia (FDM).....</b>	<b>71</b>
<b>3.2.3.2 Modulación ortogonal.....</b>	<b>73</b>
<b>3.2.3.3 Interferencia por efectos multitrayecto.....</b>	<b>73</b>
<b>3.2.3.4 Constelaciones Básicas .....</b>	<b>75</b>
<b>3.2.3.5 Teoría básica de OFDM .....</b>	<b>76</b>
<b>3.2.3.6 Empleo de la transformada rápida de Fourier (FFT) .....</b>	<b>81</b>
<b>3.2.3.7 Preservación de la ortogonalidad.....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.3.8 Sincronización del canal .....</b>	<b>84</b>
<b>3.2.3.9 Modulador y Demodulador OFDM .....</b>	<b>85</b>
<b>3.2.4 MODULACIÓN JERÁRQUICA .....</b>	<b>87</b>
<b>3.2.5 DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DEL SISTEMA DVB - T.....</b>	<b>89</b>
<b>3.2.5.1 Multiplexores de programa y de transporte MPEG - 2.....</b>	<b>91</b>
<b>3.2.5.2 Adaptación del multiplex de transporte .....</b>	<b>91</b>
<b>3.2.5.3 Splitter.....</b>	<b>92</b>
<b>3.2.5.4 Aleatorización.....</b>	<b>92</b>

3.2.5.5 Codificador e Intercalador externo.....	93
3.2.5.6 Codificador e Intercalador Interno.....	94
3.2.5.7 Mapeado y Modulación de portadora.....	95
3.2.5.8 Adaptador de trama .....	97
3.2.5.9 Estructura de trama .....	99
3.2.5.10 Inserción del intervalo de guarda .....	100
3.2.6 USO DEL SISTEMA DVB – T PARA UN DIFERENTE ANCHO DE BANDA.....	101
3.2.7 LA RED COFDM – RED MULTIFRECUENCIA .....	102
3.2.8 OPERABILIDAD DEL ESTÁNDAR DVB – T DEBIDO A COFDM .....	104
<b>3.3 SISTEMA DVB - H.....</b>	<b>105</b>
3.3.1 VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	105
3.3.1.1 Receptores típicos .....	106
3.3.1.1.1 <i>Dispositivos handheld</i> .....	106
3.3.1.1.2 <i>Dispositivos portátiles</i> .....	107
3.3.1.1.3 <i>Dispositivos en vehículos</i> .....	108
3.3.2 DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA DVB - H.....	108
3.3.3 ELEMENTOS DE CAPA FÍSICA.....	112
3.3.3.1 Señalización DVB – H (DVB – H Signalling).....	112
3.3.3.2 Modo 4k (4k Mode) .....	114
3.3.3.3 Intercalación de Símbolos (In – depth symbol interleaver).....	121
3.3.4 ELEMENTOS DE CAPA ENLACE.....	124
3.3.4.1 Ranurador de Tiempo (Time Slicing).....	124
3.3.4.1.1 <i>Implementación del ranurador de tiempo (time slicing)</i> .....	124
3.3.4.2 Encapsulación Multiprotocolo – Corrección de Errores hacia Adelante (MPE - FEC).....	143
3.3.4.2.1 <i>Implementación de MPE - FEC</i> .....	144
3.3.4.3 Aspectos relevantes de la memoria .....	153
3.3.4.3.1 <i>Uso de la memoria</i> .....	153
3.3.4.3.2 <i>Tamaño de la memoria MPE – FEC y restricciones en el receptor</i> .....	154
3.3.4.3.3 <i>Requerimientos mínimos de memoria</i> .....	155
3.3.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO...	157

<b>3.3.6 ARQUITECTURAS DE RED DVB - H</b> .....	158
<b>3.3.6.1 Red de frecuencia única versus red multifrecuencia (SFN vs. MFN)</b> .....	158
3.3.6.1.1 <i>Redes de Frecuencia Única (SFN)</i> .....	158
3.3.6.1.2 <i>Redes Multifrecuencia (MFN)</i> .....	160
<b>3.3.6.2 Compartición del Multiplex con la Televisión Digital Terrestre tradicional</b> .....	163
<b>3.3.6.3 Inserción Local de Contenidos</b> .....	163
<b>3.3.6.4 Redes Jerárquicas para la degradación progresiva de la calidad o para el soporte multiformato - multidispositivo</b> .....	165

## **CAPÍTULO 4**

### **FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE DVB - H PARA TELEVISIÓN MÓVIL EN EL ECUADOR**

<b>4.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	169
<b>4.2 FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA DVB - H</b> .....	171
<b>4.2.1 ASPECTOS SOBRESALIENTES DE DVB - H PARA TELEVISIÓN MÓVIL</b> .....	171
<b>4.3 SITUACIÓN ACTUAL DE EMPRESAS DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PAGADA EN NUESTRO PAÍS</b> .....	174
4.3.1 <b>TELEAMAZONAS</b> .....	174
4.3.2 <b>ECUAVISA</b> .....	178
4.3.3 <b>CANAL UNO</b> .....	179
4.3.4 <b>TV CABLE</b> .....	182
<b>4.4 ESCENARIOS DE INTERACTIVIDAD DE DVB – H CON REDES DE TELEFONÍA CELULAR</b> .....	183
4.4.1 <b>INTEGRACIÓN EN EL TERMINAL MÓVIL</b> .....	184
4.4.2 <b>ESTÁNDAR CELULAR COMO CANAL DE INTEGRACIÓN</b> .....	185

4.4.3 RED CELULAR CON CANAL DE RECEPCIÓN DVB – H INTEGRADO .....	186
<b>4.5 PERFILES DE POSIBLES USUARIOS .....</b>	<b>187</b>
4.5.1 SEGÚN SUS INGRESOS.....	187
4.5.1.1 Usuario de clase alta y media alta .....	187
4.5.1.2 Usuario de clase media y media baja.....	188
4.5.1.3 Usuario de clase baja .....	188
4.5.2 SEGÚN LA EDAD .....	188
<b>4.6 ACOGIDA DEL SISTEMA SEGÚN ENCUESTAS REALIZADAS A POSIBLES USUARIOS EN LA CIUDAD DE QUITO .....</b>	<b>190</b>
<b>4.7 COSTOS APROXIMADOS DE EQUIPOS DVB – H .....</b>	<b>200</b>
<b>4.8 FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE DVB – H EN ECUADOR .....</b>	<b>209</b>
4.8.1 RESPECTO A EMPRESAS DE TELEVISIÓN ABIERTA .....	209
4.8.2 RESPECTO A EMPRESAS DE TELEVISIÓN PAGADA (TV CABLE). .....	210
4.8.3 RESPECTO AL PÚBLICO .....	210

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>212</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>216</b>

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representación temporal y espectral de las señales de audio y video ..	<b>2</b>
<b>Figura 2.</b> A) Señal analógica original, B) y C) Reconstrucción de la señal con mayor cantidad de muestras y menor numero de muestras respectivamente .....	<b>6</b>
<b>Figura 3.</b> Aliasing producido por el submuestreo de la señal, donde, $f_n < 2f_m$ .....	<b>6</b>
<b>Figura 4.</b> Disposición de elementos en un sistema MIC.....	<b>8</b>
<b>Figura 5.</b> Formas de onda en diversos puntos de un sistema MIC; a) Señal analógica 1, b) Señal analógica 2, c) Señal analógica 3, d) Intervalos de tiempo de codificación para cada señal, e) Muestras de amplitud de acuerdo al intervalo de tiempo de cada señal, f) Señal codificada.....	<b>8</b>
<b>Figura 6.</b> Espectro de frecuencia de una señal de video muestreada a la frecuencia $f_0$ .....	<b>10</b>
<b>Figura 7.</b> Elección errónea de la frecuencia de corte del filtro pasa bajo. ....	<b>10</b>
<b>Figura 8.</b> Notación de muestreo de video 4:2:2.....	<b>13</b>
<b>Figura 9.</b> Notación de muestreo de video 4:1:1.....	<b>15</b>
<b>Figura 10.</b> Notación de muestreo de video 2:1:1.....	<b>16</b>
<b>Figura 11.</b> Notación de muestreo de video 4:2:0.....	<b>17</b>
<b>Figura 12.</b> Notación de muestreo de video 4:4:4.....	<b>17</b>
<b>Figura 13.</b> Sistema de codificación por transformación: (a) codificador; (b) decodificador.....	<b>20</b>
<b>Figura 14.</b> Modelo de codificación predictiva sin pérdidas: (a) codificador; (b) decodificador.....	<b>22</b>
<b>Figura 15.</b> Modelo de codificación predictiva con pérdidas: (a) codificador; (b) decodificador.....	<b>23</b>
<b>Figura 16.</b> COFDM: La duración de los bits es superior a los retardos, evitando ecos y permitiendo reutilizar las mismas frecuencias en antenas vecinas.....	<b>38</b>
<b>Figura 17.</b> Estructura del PES. ....	<b>45</b>
<b>Figura 18.</b> Diagrama funcional de la DVB - T. ....	<b>48</b>
<b>Figura 19.</b> Símbolos COFDM. ....	<b>50</b>
<b>Figura 20.</b> Bloques del Sistema DVB – T. ....	<b>54</b>
<b>Figura 21.</b> Desarrollo de DVB – T en el planeta. ....	<b>55</b>

<b>Figura 22.</b> Desarrollo de DVB – S en el planeta.....	<b>60</b>
<b>Figura 23.</b> Desarrollo de DVB – C en el planeta.....	<b>61</b>
<b>Figura 24.</b> Inserción de subportadoras e intervalo de guarda.....	<b>71</b>
<b>Figura 25.</b> (a) Múltiplexación en frecuencia, (b) Múltiplexación en tiempo. ....	<b>72</b>
<b>Figura 26.</b> Forma en que se produce interferencia entre símbolos. ....	<b>74</b>
<b>Figura 27.</b> Constelaciones usadas en DVB – T.....	<b>75</b>
<b>Figura 28.</b> Espectro de una señal pulsante, la separación entre las armónicas es la inversa del período T. ....	<b>77</b>
<b>Figura 29.</b> Espectro OFDM.....	<b>78</b>
<b>Figura 30.</b> Adición del Intervalo de Guarda. ....	<b>83</b>
<b>Figura 31.</b> Distribución de Portadoras piloto.....	<b>85</b>
<b>Figura 32.</b> Diagrama de bloques del Modulador OFDM para N subportadoras...	<b>86</b>
<b>Figura 33.</b> Demodulador OFDM para N subportadoras.....	<b>87</b>
<b>Figura 34.</b> Cobertura en sistemas analógicos y digitales. ....	<b>87</b>
<b>Figura 35.</b> Modulación Jerárquica. ....	<b>88</b>
<b>Figura 36.</b> Diagrama de Bloques funcional del sistema DVB – T. ....	<b>90</b>
<b>Figura 37.</b> Trama MPEG – 2.....	<b>91</b>
<b>Figura 38.</b> Trama a la salida del bloque Reed – Solomon.....	<b>93</b>
<b>Figura 39.</b> Bits que forman un símbolo OFDM al utilizar 64 - QAM. ....	<b>96</b>
<b>Figura 40.</b> Estructura de la Trama OFDM de la señal a transmitirse.....	<b>98</b>
<b>Figura 41.</b> Estructura de la Trama DVB – T.....	<b>100</b>
<b>Figura 42.</b> Modos de Transmisión de Portadoras 2k y 8k. ....	<b>101</b>
<b>Figura 43.</b> La Red COFDM.....	<b>103</b>
<b>Figura 44.</b> Módulo de entrada hacia el modulador COFDM para una red multifrecuencia (Transport Stream Adapter).....	<b>104</b>
<b>Figura 45.</b> Estructura conceptual de un receptor DVB-H.....	<b>109</b>
<b>Figura 46.</b> Descripción conceptual del uso de un sistema DVB – H (compartiendo un MUX con servicios MPEG – 2). ....	<b>111</b>
<b>Figura 47.</b> Número de portadoras efectivas en el modo 4k. ....	<b>114</b>
<b>Figura 48.</b> Rendimiento del modo 4k frente a los modos 2k y 8k. ....	<b>118</b>
<b>Figura 49.</b> Diagrama de bloques funcional del sistema de transmisión DVB – H. ....	<b>120</b>
<b>Figura 50.</b> Modos de transmisión de DVB – H.....	<b>122</b>

<b>Figura 51.</b> Intercalación Interna In – depth DVB – H. ....	<b>123</b>
<b>Figura 52.</b> Terminal Móvil de Mano. ....	<b>125</b>
<b>Figura 53.</b> Stack de Protocolos, capas 1, y 3 del modelo OSI.....	<b>127</b>
<b>Figura 54.</b> Delta - t indicada en la cabecera de cada Sección MPE, para saber el inicio de la siguiente ráfaga. ....	<b>130</b>
<b>Figura 55.</b> Jitter Delta – t. ....	<b>131</b>
<b>Figura 56.</b> Parámetros de Ráfaga. ....	<b>134</b>
<b>Figura 57.</b> Máxima Duración de Ráfaga. ....	<b>135</b>
<b>Figura 58.</b> Ahorro de energía en función del bitrate del servicio y del bitrate dedicado a DVB-H (puede ser todo un múltiplex o una parte del mismo).....	<b>137</b>
<b>Figura 59.</b> Definición conceptual de time – slicing.....	<b>138</b>
<b>Figura 60.</b> Escaneo de celdas durante inactividad. ....	<b>139</b>
<b>Figura 61.</b> Construcción de un Headend para un multiplex dedicado. ....	<b>140</b>
<b>Figura 62.</b> Construcción de un Headend para un multilpex mixto. ....	<b>141</b>
<b>Figura 63.</b> Construcción de un Headend para transmisión Jerárquica. ....	<b>142</b>
<b>Figura 64.</b> Estructura de una trama MPE – FEC. ....	<b>145</b>
<b>Figura 65.</b> Arreglo de la Tabla de datos de Aplicación. ....	<b>146</b>
<b>Figura 66.</b> Arreglo de la Tabla de datos Reed Solomon.....	<b>147</b>
<b>Figura 67.</b> Mecanismo de encapsulación de datos DVB – H.....	<b>152</b>
<b>Figura 68.</b> Ejemplo del procesamiento de un servicio en el receptor. ....	<b>153</b>
<b>Figura 69.</b> Ejemplo del procesamiento de dos servicios en el receptor.....	<b>154</b>
<b>Figura 70.</b> Decodificación de servicios utilizando el modo MPE – FEC con 512 filas.....	<b>155</b>
<b>Figura 71.</b> Decodificación de servicios usando una memoria extra en el receptor. ....	<b>156</b>
<b>Figura 72.</b> Decodificación de servicios en paralelo.....	<b>156</b>
<b>Figura 73.</b> Red SFN.....	<b>160</b>
<b>Figura 74.</b> Red MFN. ....	<b>161</b>
<b>Figura 75.</b> Topología con un punto principal de inserción. ....	<b>164</b>
<b>Figura 76.</b> Topología con una inserción local de contenidos.....	<b>165</b>
<b>Figura 77.</b> Constelación de modulación jerárquica.....	<b>166</b>
<b>Figura 78.</b> Degradación progresiva de la calidad de servicio. ....	<b>167</b>
<b>Figura 79.</b> Procesamiento de la señal de TV de Telemazonas. ....	<b>175</b>

<b>Figura 80.</b> Procesamiento de la señal de TV de Canal 1. ....	<b>181</b>
<b>Figura 81.</b> Integración a nivel de Terminal. ....	<b>185</b>
<b>Figura 82.</b> Estándar celular como canal de integración.....	<b>186</b>
<b>Figura 83.</b> Red celular con canal de recepción DVB-H integrado.....	<b>187</b>
<b>Figura 84.</b> Acogida del servicio en el Sur de Quito.....	<b>191</b>
<b>Figura 85.</b> Acogida del servicio en el Norte de Quito.....	<b>192</b>
<b>Figura 86.</b> Acogida del servicio en el Sector Universitario de Quito. ....	<b>193</b>
<b>Figura 87.</b> Acogida del servicio en la Ciudad de Quito.....	<b>194</b>
<b>Figura 88.</b> Porcentaje de acogida del servicio en el Público Adulto. ....	<b>195</b>
<b>Figura 89.</b> Porcentaje de acogida del servicio entre el Público Joven.....	<b>196</b>
<b>Figura 90.</b> Valores de los equipos, y porcentaje de personas que pagarían por obtener uno de estos de acuerdo a su costo.....	<b>197</b>
<b>Figura 90.</b> Porcentaje de personas que pagarían un valor mensual por recibir el servicio .....	<b>198</b>
<b>Figura 92.</b> Configuración de una Red de Frecuencia Única utilizando equipos DVB - H. ....	<b>208</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de la norma 4:2:2.....	<b>14</b>
<b>Tabla 2.</b> Campos que conforman el encabezado PES de MPEG – 2.....	<b>46</b>
<b>Tabla 3.</b> Duración de los intervalos de guarda para todos los modos.....	<b>116</b>
<b>Tabla 4.</b> Distribución de los Usuarios según la edad .....	<b>189</b>
<b>Tabla 5.</b> Acogida del servicio en el Sur de Quito .....	<b>190</b>
<b>Tabla 6.</b> Acogida del servicio en el Norte de Quito .....	<b>192</b>
<b>Tabla 7.</b> Acogida del servicio en el Sector Universitario de Quito.....	<b>193</b>
<b>Tabla 8.</b> Acogida del servicio en la Ciudad de Quito.....	<b>194</b>
<b>Tabla 9.</b> Grado de aceptación del servicio en el público adulto y joven.....	<b>195</b>
<b>Tabla 10.</b> Tipo de programación a la que se inclinarían los usuarios de acuerdo a su edad .....	<b>199</b>
<b>Tabla 11.</b> Costo aproximado de implementación de una red SFN DVB - H utilizando equipos de marca UBS .....	<b>206</b>
<b>Tabla 12.</b> Costo aproximado de implementación de una red SFN DVB - H utilizando equipos de diferentes marcas .....	<b>207</b>

## PRESENTACIÓN

La constante evolución tecnológica nos obliga a estar en un permanente estudio de todo lo que se viene desarrollando científicamente, la migración a nuevas tecnologías es una característica de vital importancia dentro del desarrollo de las telecomunicaciones. Actualmente el acceso al entretenimiento y a la información se ha convertido en un importante requerimiento, por lo que el público busca tener un acceso en cada momento a los servicios actuales de difusión de una manera ágil, móvil y de gran calidad.

Debido a que en nuestro país no se encuentra desarrollada la televisión móvil digital, hemos decidido hacer un importante análisis de un estándar que viene siendo lo último en innovación tecnológica en Europa y Estados Unidos denominado DVB - H para televisión móvil (Digital Video Broadcasting - Handheld).

En el presente proyecto conformado por cinco capítulos tiene como aspectos de mayor relevancia el análisis técnico del estándar DVB - H y la factibilidad de su implementación en el Ecuador.

Capítulo 1, en este capítulo se expone los principios básicos de digitalización de señales de audio y video, así como también técnicas de compresión.

En el capítulo 2, se revisa los antecedentes a DVB – H para televisión móvil, referidos en la norma europea que establece los estándares para la difusión de televisión digital DVB (Digital Video Broadcasting), también se recalca sus principales alternativas de transmisión como son la satelital, cable y terrestre, y finalmente se da un listado de documentos que conforman la familia DVB.

El capítulo 3 analiza el estándar DVB – H para televisión móvil partiendo de su plataforma DVB – T; exponiendo cada uno de sus parámetros,

especificaciones e innovaciones que se han implementado en la capa física (Señalización DVB – H, modo de transmisión 4k e intercalación de símbolos) y en la capa enlace (Ranurador de Tiempo y Encapsulación Multiprotocolo - Corrección de Errores hacia Adelante); también se especifica las diversas consideraciones a tomar en cuenta al momento de implementar una red DVB - H.

En el capítulo 4 se presenta los diferentes aspectos que se deben considerar para la implementación de tecnologías que utilicen este estándar, estos son: a) la situación actual de las empresas de televisión abierta y pagada del Ecuador, exponiendo de manera general la forma de cómo tratan y difunden la señal de televisión, b) la acogida que tendría esta nueva tecnología entre el público en general utilizando como herramienta encuestas que se realizaron a personas del sector sur, centro y norte de la ciudad de Quito; posteriormente en este capítulo se señala los equipos necesarios para la implementación de DVB – H para TV móvil y una estimación aproximada de sus costos.

Finalmente en el capítulo 5 se llegan a las conclusiones y recomendaciones del proyecto de tesis desarrollado.

Se espera que el presente proyecto sea un referente de importancia para incursionar en el mundo de la televisión digital para dispositivos móviles.

# CAPÍTULO 1

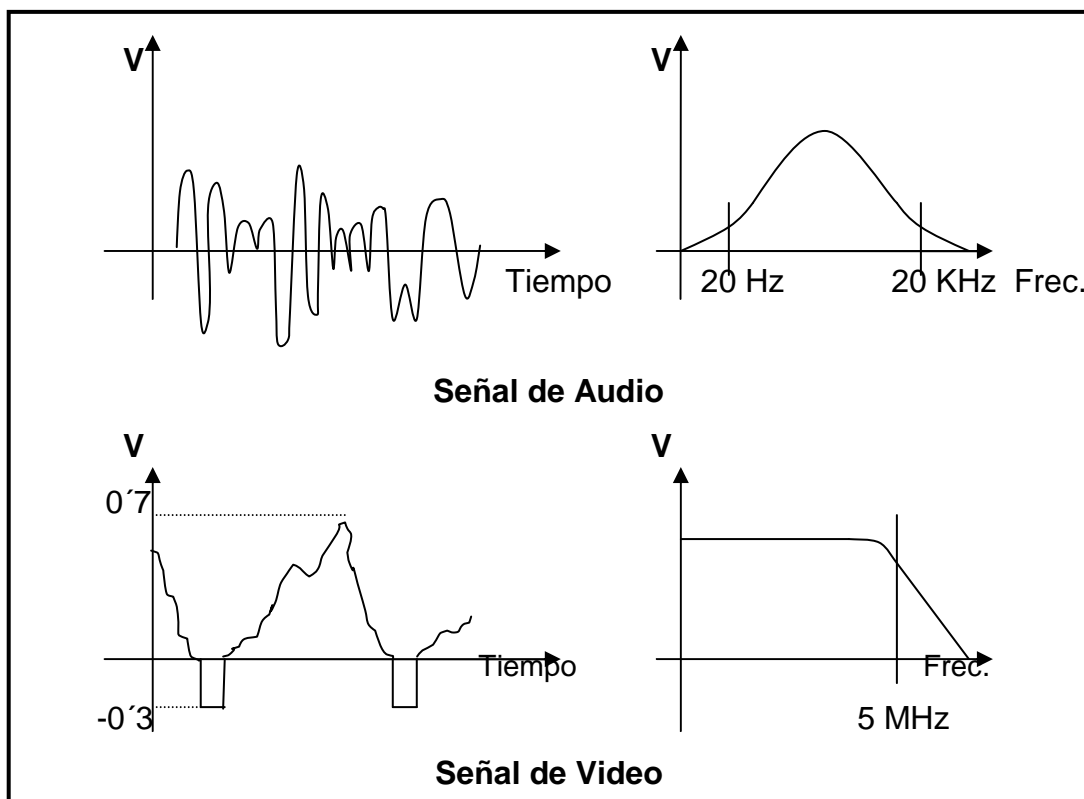
## PRINCIPIOS BÁSICOS DE DIGITALIZACIÓN DE AUDIO Y VIDEO

### 1.1 INTRODUCCIÓN A LA DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES

Actualmente la evolución tecnológica obliga a los seres humanos a trabajar en un mundo digital, por tanto se debe compartir e intercambiar información en formatos digitales; así por ejemplo la televisión digital es una evolución tecnológica natural del sistema analógico actual, permitiendo a las personas acceder a calidades superiores de imagen y sonido, así como servicios adicionales, tal como lo exigen las necesidades actuales.

Como es conocido la televisión actual en nuestro país es analógica, eso implica que las señales de video y audio, de esta naturaleza se propagan por el aire, mediante ondas de radio, para que sean recibidas por los usuarios. En la figura 1 se muestran estas señales en los dominios del tiempo y la frecuencia, en caso de la televisión digital estas señales de video y audio son digitalizadas y de esta forma pueden ser comprimidas. Gracias a esta compresión, el transporte de las señales al usuario final (telespectador), se realiza en forma digital.

El proceso de digitalización se inicia con dos fases: Muestreo y Cuantización. En el Muestreo se divide el eje del tiempo en segmentos discretos, la frecuencia de muestreo será al menos el doble de la máxima frecuencia de la señal muestreada. La cuantización, consiste simplemente en asignar valores a la señal en amplitud y guardar.



**Figura 1.** Representación temporal y espectral de las señales de audio y video.

La tecnología digital es más avanzada que la analógica, ofrece mayores beneficios, menor sensibilidad al ruido en la transmisión y capacidad de incluir códigos de protección frente a errores, así como encriptación. La desventaja principal de la señal digital es que requiere un ancho de banda mucho mayor que el de la señal analógica, de ahí que se realice un exhaustivo estudio en lo referente a la compresión de datos.

## **1.2 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE AUDIO**

### **1.2.1 INTRODUCCIÓN**

El sonido es una onda continua que se propaga a través del aire u otros medios, formada por diferencias de presión, de forma que puede detectarse por la medida del nivel de presión en un punto. Las ondas sonoras poseen las características propias de las ondas en general, tales como reflexión, refracción y difracción.

Las primeras técnicas utilizadas para grabar y procesar el sonido eran analógicas; inicialmente cilindros y discos mecánicos y posteriormente hilo magnético, cinta y banda sonora de película. La grabación magnética analógica tal como es conocida actualmente, fue desarrollada principalmente bajo el empuje de la segunda guerra mundial en conjunto con el turboreactor, el radar y la bomba atómica. Desde entonces la grabación y procesamiento del sonido se ha venido perfeccionando día a día, estudiando cada defecto del proceso y aplicando las medidas correctivas para reducirlo.

Hoy en día existen tecnologías digitales, las que podemos aplicar en diversos campos; las imágenes, ya sean fijas o en movimiento (fotografías, cine y video), las telecomunicaciones (telefonía, correo, enlaces), la información escrita y por supuesto el campo de la grabación, procesamiento y almacenamiento del sonido. Todos estos son procesos que actualmente utilizan técnicas digitales ya sea para su procesamiento, producción, distribución, transmisión o almacenamiento.

### 1.2.2 DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE AUDIO

Los sistemas analógicos poseen la información sonora contenida en infinitas variaciones de algún parámetro continuo, tal como la tensión o la intensidad de flujo magnético. Un determinado parámetro puede ser una exacta representación del original si y solo si el proceso de conversión es lineal, por lo que la señal de audio analógica inevitablemente sufre degradaciones, dependiendo del número de etapas o procesos por los que dicha señal atraviesa.

Al ser la señal de audio una señal analógica, la digitalización de ésta se realiza utilizando Muestreo y Cuantización. Tomando en cuenta que el oído humano está en la capacidad de escuchar frecuencias comprendidas en el rango de 20 a 20000 Hz (teóricamente) las señales de audio deberían ser digitalizadas a una frecuencia de muestreo mínima de 40 KHz. La AES/EBU<sup>1</sup> define tasas de muestreo para las señales de audio de 44.1 KHz y 48 KHz. Para la cuantización de las señales de audio comúnmente se utiliza 16 bits (mínimo) o 20 bits, hasta un máximo de 24 bits.

En síntesis, en un sistema de audio digital, la señal es discreta en función del tiempo (corresponde a muestras de la señal original en un intervalo de tiempo) y en función de la amplitud (los valores numéricos de la señal digitalizada se encuentran en pasos discretos). En dicho sistema, la información se encuentra en forma binaria. Las señales enviadas tienen solamente dos estados y cambian en determinados momentos de acuerdo con una señal de reloj estable. Si la señal binaria resulta afectada por el ruido, este será rechazado por el receptor; ya que solamente se considera si la señal está por encima o por debajo de un determinado umbral. El ruido superpuesto puede desplazar el punto en el que el receptor detecta que ha habido un cambio de estado; la inestabilidad en el tiempo tiene el mismo efecto. Esta inestabilidad es rechazada también, ya que en el receptor la señal es redispuesta por un reloj estable, con lo que todos los cambios

---

<sup>1</sup> AES/EBU, Audio Engineering Society / European Broadcasting Union, Sociedad de ingeniería del audio / Unión de difusión europea.

en el sistema tienen lugar en coincidencia con los flancos de ese reloj. De este modo, la señal binaria resulta al final siempre la misma aunque atraviere varias etapas.

El estándar de codificación y comprensión de audio para el sistema DVB – H es el MPEG (Grupo Experto de Cuadros en Movimiento).

### 1.2.3 MUESTREO Y ALIASING

Para la conversión de las señales continuas a señales discretas en el tiempo es necesario realizar un proceso de muestreo, el cual consiste en tomar muestras de la amplitud de la señal continua en intervalos de tiempos regulares.

Al aumentar el número de muestras por unidad de tiempo, la señal muestreada se aproximará más a la señal original, como se muestra en la figura 2. De acuerdo al criterio de Nyquist, para que la señal muestreada contenga suficiente información sobre la señal continua se requiere que la frecuencia de muestreo sea mayor o igual al doble de la frecuencia de la señal original, este criterio obedece a la expresión:

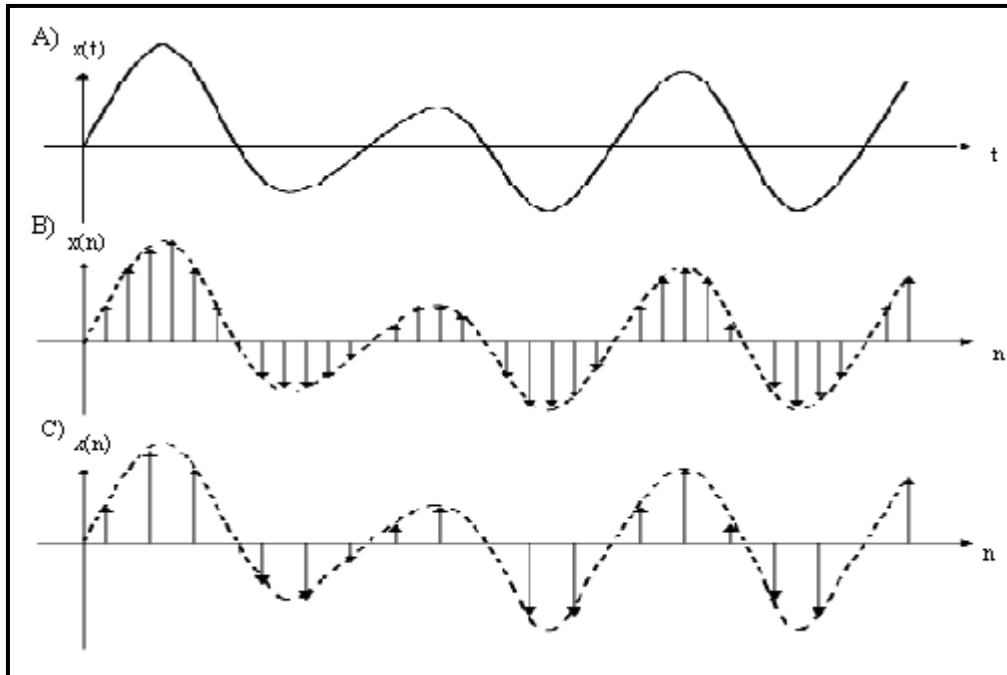
$$f_s \geq 2f_m$$

donde:

$f_s$  = frecuencia de muestreo

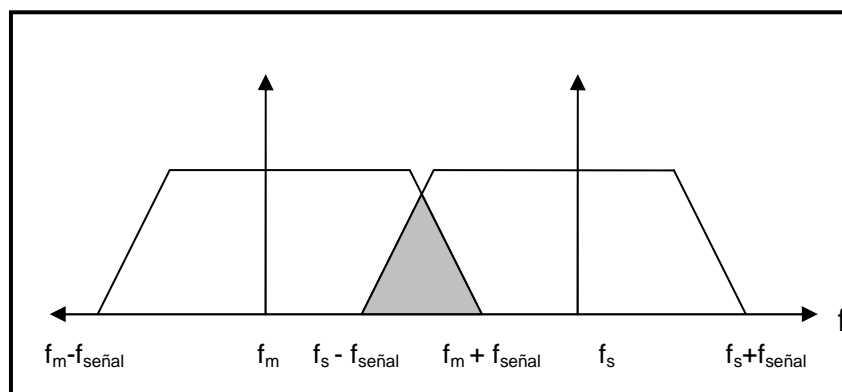
$f_m$  = frecuencia máxima o frecuencia de Nyquist.





**Figura 2.** A) Señal analógica original, B) y C) Reconstrucción de la señal con mayor cantidad de muestras y menor numero de muestras respectivamente.

Si se muestrea a una tasa menor que la de Nyquist se dice que la señal está *submuestreada* dando lugar a un fenómeno que se conoce como *ALIASING* (interferencia de colas espectrales), ver figura 3; cuando la señal se muestrea a una tasa mayor que la de Nyquist se dice que la señal esta *sobremuestreada*.



**Figura 3.** Aliasing producido por el submuestreo de la señal, donde,  $f_s < 2f_m$

### 1.2.4 CUANTIFICACIÓN O CUANTIZACIÓN

En este proceso se asigna un número determinado de bits a cada muestra, lo cual establece el número de niveles de cuantización y a su vez determina la exactitud con que una muestra puede ser representada. Mientras mas pasos de cuantización se realicen, mejor será la resolución y mayor la aproximación de la señal muestreada a la señal analógica.

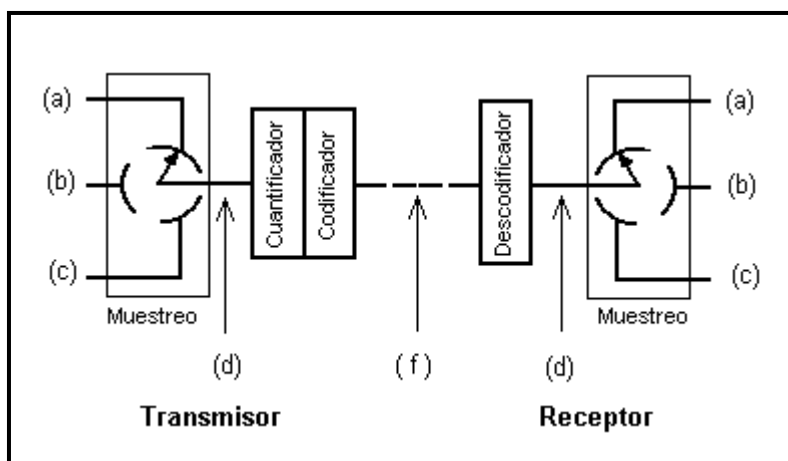
Para sonido, el proceso de cuantización se realiza con 16 o 20 bits, inclusive se proyecta la utilización de 24 bits para mejorar el nivel de digitalización. En audio se requiere una resolución como mínimo de 16 bits ya que la característica sensitiva del oído humano así lo exige.

En definitiva, el proceso de cuantización pretende representar los infinitos valores de la señal analógica por números enteros. La conjunción de muestreo y cuantización se denomina conversión A/D (Analógico - Digital) o digitalización, y constituye la base de cualquier sistema digital.

### 1.2.5 CÓDIGO PCM (PULSE CODE MODULATION)

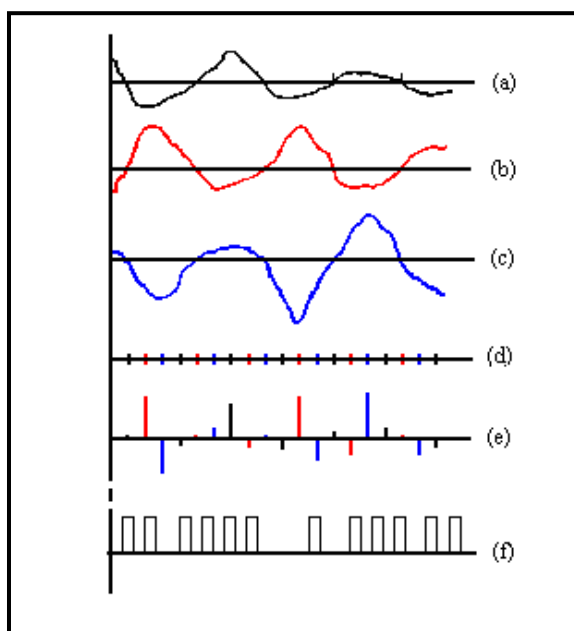
La Modulación por Impulsos Codificados (MIC) o (PCM) por sus siglas inglesas (Pulse Code Modulation), es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.

En la Figura 4 se muestra la disposición de los elementos que componen un sistema que utiliza la modulación por impulsos codificados. Por razones de simplificación sólo se representan los elementos para la transmisión de tres canales.



**Figura 4.** Disposición de elementos en un sistema MIC

En la Figura 5 se tiene las formas de onda en distintos puntos del sistema anteriormente representado.



**Figura 5.** Formas de onda en diversos puntos de un sistema MIC; a) Señal analógica 1, b) Señal analógica 2, c) Señal analógica 3, d) Intervalos de tiempo de codificación para cada señal, e) Muestras de amplitud de acuerdo al intervalo de tiempo de cada señal, f) Señal codificada.

Cuando la altura de estos impulsos es cuantificada y expresada mediante un código numérico, el resultado es conocido como modulación por impulsos codificados o PCM.

La amplitud de la señal que puede ser transmitida de este modo depende únicamente de la capacidad del cuantificador y es independiente de la frecuencia de la señal de entrada. Análogamente, la amplitud de las señales no deseadas introducidas en el proceso de cuantificación es también en gran parte independiente de la señal de entrada.

Existe además, un proceso conocido como modulación diferencial por impulsos codificados (*differential pulse code modulation*) DPCM<sup>2</sup>, donde el parámetro que se cuantifica es la diferencia entre los valores absolutos de la muestra anterior y la actual.

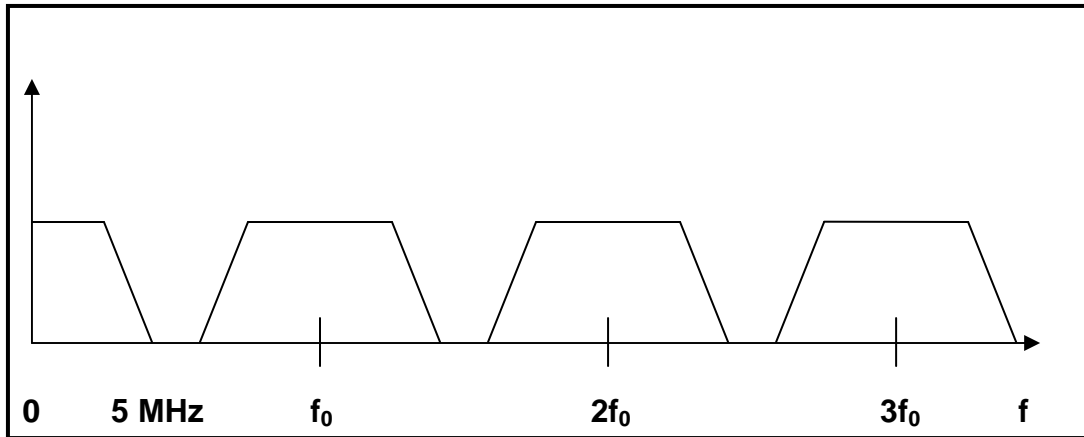
## 1.3 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VIDEO

### 1.3.1 INTRODUCCIÓN

Tanto la señal de video como la de audio, están constituidas por una infinidad de frecuencias. El espectro de video puede extenderse hasta 5 MHz. Al muestrear tal señal, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superiores e inferiores de cada armónico de la frecuencia de muestreo. Un esquema del espectro de la señal muestreada de video se presenta en la figura 6.

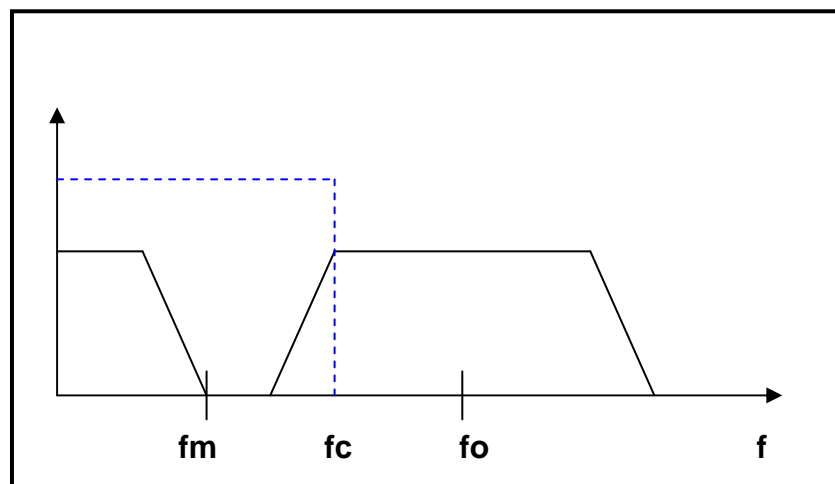
---

<sup>2</sup> **DPCM**, Cuando cada muestra PCM tiene una alta correlación con sus vecinas (por ejemplo en voz e imágenes), resulta conveniente cuantificar no la señal PCM directamente, sino la diferencia entre la muestra presente y una predicción de la misma basada en muestras anteriores. Esta diferencia debe ser pequeña y por tanto los mismos niveles de cuantificación arrojarán un paso de cuantificación menor y así la señal se parecerá mas a la original. Por supuesto esto involucra una mayor circuitería que la requerida para PCM. La recompensa será una mayor relación señal a ruido para una misma cantidad de bits, o una reducción en el número de bits para la misma calidad o relación señal a ruido.



**Figura 6.** Espectro de frecuencia de una señal de video muestreada a la frecuencia  $f_0$ .

Donde  $f_0$  es la frecuencia de muestreo. Como se puede observar en la figura 6 la información original de la señal de video puede ser recuperada mediante un filtro pasa bajos (siempre y cuando la señal haya sido muestreada de acuerdo al teorema de muestreo de Nyquist). Hay que tomar en cuenta que la frecuencia de corte ( $f_c$ ) del filtro pasa bajos, necesario para la recuperación de la información original, no deje pasar una parte de la banda lateral, como se indica en la figura 7, de lo contrario se producirá "Aliasing".



**Figura 7.** Elección errónea de la frecuencia de corte del filtro pasa bajo.

### 1.3.2 MUESTREO DE LA SEÑAL ANALÓGICA

El principio de muestrear cualquier señal analógica consiste en tomar muestras de su amplitud en intervalos de tiempo regulares para obtener la mayor aproximación a la señal original, la frecuencia con que se tomen estas muestras debe ser por lo menos el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal.

Es decir  $f_m \geq 2 f_{\text{señal}}$

El muestreo de video debe ser especificado para las tres señales que definen el brillo y color de cada elemento de imagen conocidas como: luminancia, crominancia de color diferencia rojo y crominancia de color diferencia azul.

### 1.3.3 ESTRUCTURAS DE MUESTREO

De acuerdo a las especificaciones de muestreo para un componente digital de video dado por la ITU – R 601 se definen las especificaciones de muestreo para el sistema americano (NTSC<sup>3</sup>) y para el sistema europeo (PAL<sup>4</sup>) para las señales de luminancia y crominancia. La señal de luminancia se muestrea a una frecuencia de 13.5 MHz y la de crominancia a 6.75 MHz es decir la mitad de la anterior. Por tanto el máximo valor de frecuencia espacial de video que puede existir será de 6.75 MHz para la señal de luminancia, valor suficiente que encierra los 6 MHz de ancho de banda de luminancia en la norma PAL y 4.2 MHz para la misma señal en la norma NTSC, mientras que el limite superior máximo de frecuencia espacial que puede existir en una señal de crominancia será de 3.375 MHz, valor significativamente mayor al ancho de banda de 1.5 MHz para los componentes de color en las normas antes mencionadas.

---

<sup>3</sup> NTSC es un sistema de codificación y transmisión de televisión analógica desarrollado en Estados Unidos en torno a 1940, y que se emplea en la actualidad en la mayor parte de América y Japón, entre otros países. El nombre viene del comité de expertos que lo desarrolló, el National Television System(s) Committee.

<sup>4</sup> PAL es la sigla de Phase Alternating Line (línea alternada en fase). Este es el nombre con que se designa al sistema de codificación empleado en la transmisión de señales de televisión en color en la mayor parte del mundo. De origen alemán, se utiliza en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos (entre ellos España), además de Australia.

Existen varias clases de estructuras de muestreo especificadas por la notación: Y:Cr:Cb. Las más utilizadas son 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0, 4:4:4, 2:1:1. Donde:

Y: Establece la proporción de muestra de la señal de luminancia.

Cr: Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia rojo.

Cb: Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia azul.

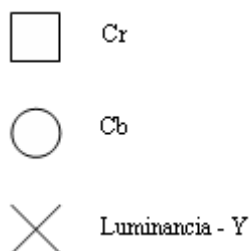
### 1.3.3.1 Estructura de muestreo 4:2:2

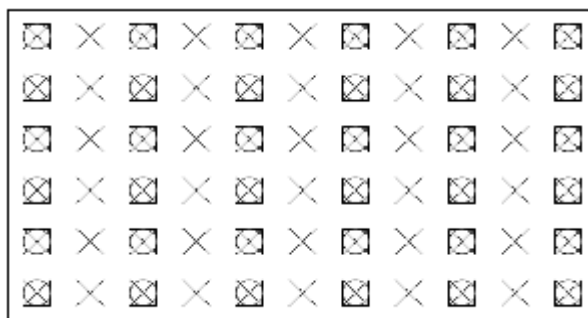
Esta estructura consiste en digitalizar las tres señales: Y, Cr, Cb en donde:

$$Cr = k_1 (R - Y) \quad \text{y} \quad Cb = k_2 (B - Y)$$

en las que k representa un factor de multiplicación determinado por las características del sistema digital.

Una sencilla demostración del muestreo 4:2:2, es que por cada cuatro muestras de la componente de luminancia se toma solo dos muestras de cada señal de crominancia, ver figura 8.





**Figura 8.** Notación de muestreo de video 4:2:2

La norma completa se resume en la tabla 1.



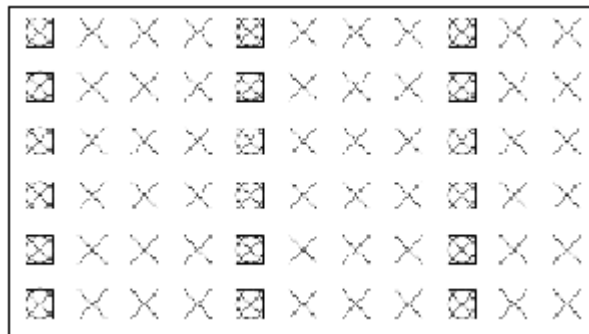
Parámetros	Sistema	
	<i>NTSC</i> (525 líneas) 60 campos	<i>PAL</i> (625 líneas) 50 campos
1. - Señales codificadas	Y, (R - Y), (B - Y)	
2.- Número de muestras por línea completa. ✓ luminancia. ✓ cada señal de diferencia de color (R - Y), (B - Y).	858 429	864 432
3.- Estructura de muestreo.	Octogonal, estructura idéntica para todos los campos y cuadros. Las señales (R-Y) y (B-Y) se muestrean simultáneamente con las muestras de la luminancia impares (primera, tercera, quinta, etc).	
4. - Frecuencia de muestreo. ✓ Luminancia ✓ Cada señal diferencia de color	13.5 MHz 6.75 MHz	
5.- Codificación	Cuantificación lineal. Codificación con 8 bits por muestra por la luminancia y cada señal diferencia de color.	
6.- Número de muestras activas por línea digital: ✓ Luminancia ✓ Cada señal diferencia de color	720 360	
7.- Correspondiente entre los niveles de video y cuantificación: ✓ Luminancia  ✓ Cada señal diferencia de color	220 niveles de cuantificación. El nivel negro corresponde al número digital 16; el nivel nominal de blanco al número 235.  224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128.	

**Tabla 1.** Parámetros de la norma 4:2:2

### 1.3.3.2 Estructura de muestreo 4:1:1

El muestreo 4:1:1, indica que en todas las líneas por cada cuatro muestras de la señal de luminancia “Y” se toma una sola muestra de la señal de crominancia “Cr” y “Cb”, reduciéndose el detalle en los colores de la imagen.

Esta estructura indica que la señal de luminancia es muestreada a 13.5 MHz mientras que las señales diferencias de color a 3.375 MHz, de modo que la frecuencia de video máxima no será mayor a 1.6875 MHz, esto con el fin de poder reducir la velocidad binaria de la transmisión. Para no disminuir demasiado la definición de color, se ha determinado un método que suprime las frecuencias espaciales diagonales en beneficio de las resoluciones vertical y horizontal. De este modo se puede reducir la velocidad binaria a 140 Mbps sin dificultad, ver figura 9.



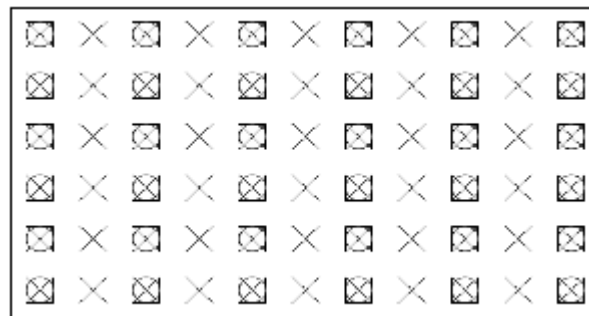
**Figura 9.** Notación de muestreo de video 4:1:1

### 1.3.3.3 Estructura de muestreo 2:1:1

Reduciendo la frecuencia de muestreo a la mitad de la norma de estudios se mantiene una calidad suficiente, o sea hasta, 13.5/2; 6.75/2; 6.75/2; esto es 2:1:1. Con ello las frecuencias mas altas de transmisión se limitan a 3.375 MHz para la luminancia y 1.6875 MHz para las señales diferencias de color, lo que resulta suficiente para reportajes. Con esto se consigue una velocidad binaria,

tomando como referencia la norma 4:2:2 (número de líneas y píxeles), alrededor de 84 Mbps.

En lo que concierne a la reproducción en los estudios, la señal 2:1:1 puede por redoblamiento del número de muestras e interpolación de muestras añadidas, convertirse en un código 4:2:2, ver figura 10.

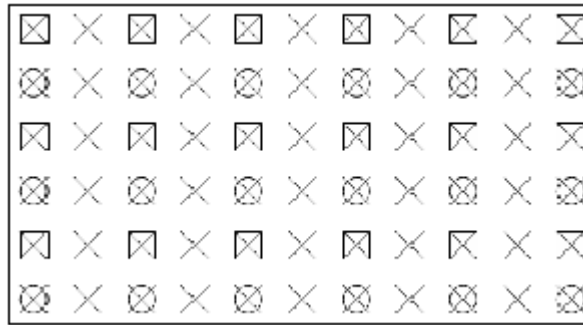


**Figura 10.** Notación de muestreo de video 2:1:1

#### 1.3.3.4 Estructura de muestreo 4:2:0

Esta relación es común en compresión MPEG - 2 e indica un sistema sin una componente diferencia de color.

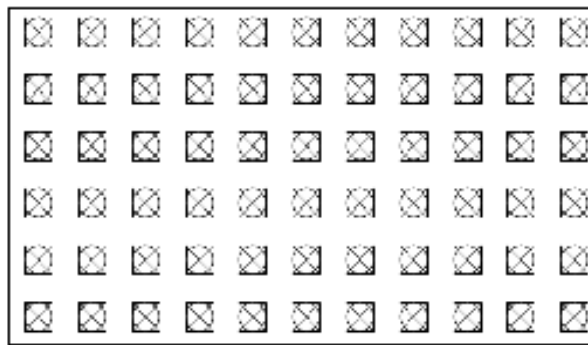
El tipo de muestreo 4:2:0 puede ser considerado de la forma 4:2:0/4:0:2, e indica que en una línea por cada cuatro muestras de la señal de luminancia se toman dos muestras de la componente de crominancia Cr y ninguna de la componente de crominancia Cb, luego en la siguiente línea por cada cuatro muestras de luminancia se tomas cero muestras de la componente Cr y dos muestras de la componente Cb. Con esto cada componente de crominancia se muestrea a un cuarto de vez de la señal de luminancia. Con esto se obtiene una señal binaria semejante a la estructura 4:1:1, esto es, 84 Mbps, ver figura 11.



**Figura 11.** Notación de muestreo de video 4:2:0

### 1.3.3.5 Estructura de muestreo 4:4:4

El código 4:4:4 indica que cada una de las señales componentes de la imagen (Y, Cr, Cb) es muestreada a una velocidad de 13.5 MHz. Este código aparece debido a que las conmutaciones efectuadas por "chroma key"<sup>5</sup> en el sistema 4:2:2, dan una perturbación perceptible en las transiciones. A partir del código 4:4:4 se puede producir fácilmente el código 4:2:2 omitiendo una muestra entre cada dos de las señales diferencia de color, ver figura 12.



**Figura 12.** Notación de muestreo de video 4:4:4

<sup>5</sup>**Chroma key**, proceso de recubrir una señal de video sobre otra reemplazando un rango de colores con una segunda señal.

### 1.3.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS VALORES MUESTREADOS

De forma similar a la cuantificación de audio, en video también se asigna un número determinado de bits a cada muestra, los cuales establecen el número de niveles de cuantización y determina la exactitud con que cada muestra puede ser representada.

Para imágenes de televisión, específicamente para la componente de luminancia, se establece niveles de cuantización con 8 o 10 bits mientras las componentes de color son cuantizadas con 8 bits que pueden representar 256 niveles y 1024 pasos de cuantización son posibles con 10 bits.

### 1.3.5 ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL MUESTREADA

La digitalización de una señal ofrece la inmejorable ventaja de calidad por un lado, pero por otro debido a la utilización de las frecuencias de muestreo en el orden de mega hertzios la proporción de bits se ve altamente incrementada. Exactamente con 13.5 MHz es decir 13.5 millones de muestras por segundo y diez bits de codificación por muestra, para una señal digital 4:2:2 por ejemplo se tendría:

$$10 \times (13.5 + 6.75 + 6.75) = 270 \text{ Mbps}$$

Es decir 270 MHz si cada bit se transmite con al menos un ciclo de senoide. Por tanto el ancho de banda que se requiere para transmitir una imagen es mucho mayor comparado al de un canal de televisión analógico.

El proceso de compresión es el que da la solución ya que permite la reducción del ancho de banda basándose en el coeficiente de compresión, determinado por la relación entre la cantidad de datos de la señal de video digital no comprimida y la versión comprimida.

### 1.3.6 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO

El propósito de la codificación es minimizar el número de bits necesarios para representar la información de audio y video. La televisión digital emplea el método de codificación basada en la sintaxis de video MPEG - 2 para la codificación de video y el estándar de compresión de audio digital para la codificación de audio.

Existe otro método que es la codificación con descomposición en el dominio de la frecuencia basado en la semejanza espacial o temporal entre elementos de imagen, permitiendo la separación de la información redundante de la importante. Se utilizan técnicas como la transformada discreta de coseno DCT (Discrete Coseno Transform), donde se obtiene los coeficientes cuantizados correspondientes a las amplitudes de cada elemento de imagen.

Generalmente se utiliza la cuantificación Huffman para realizar una compresión adicional de video. Esta cuantificación es la técnica de mayor uso en eliminación de redundancia; se basa en asignar códigos de distinta longitud de bits a cada uno de los caracteres de la señal. Si se asignan códigos más cortos a los caracteres que aparecen más a menudo se consigue una compresión de la información.

Esta compresión es mayor cuando la variedad de caracteres diferentes que aparecen es menor. Por ejemplo: si el texto se compone únicamente de números o mayúsculas, se conseguirá una compresión mayor.

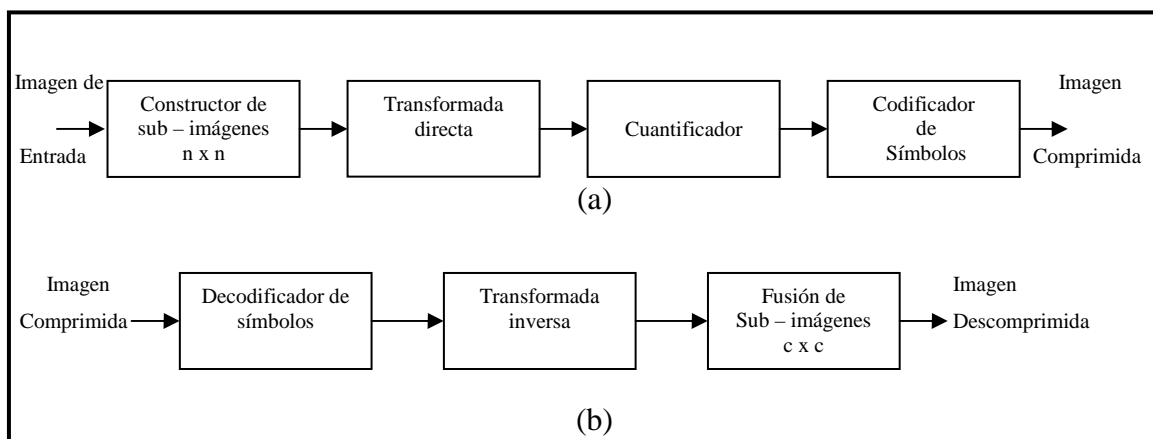
Para recuperar la información original es necesario conocer el código asignado a cada carácter, así como su longitud en bits, si ésta información se omite, y el receptor la conoce, podrá recuperar la información.

### 1.3.7 TÉCNICAS DE COMPRESIÓN

Existe una gran variedad de técnicas de compresión de imágenes, entre las más utilizadas para la compresión de video, se tiene las técnicas de codificación predictivas que se las denomina métodos de dominio espacial ya que operan directamente con los píxeles de una imagen, y las técnicas de compresión basadas en la modificación de la transformada de una imagen.

#### 1.3.7.1 Codificación por transformación

Aquí se utiliza una transformada lineal irreversible (como la transformada coseno discreta) para hacer corresponder a la imagen con un conjunto de coeficientes de la transformada, que después se cuantifica y codifica. La figura 13 muestra un clásico sistema de codificación por transformación. El decodificador implementa la secuencia inversa de las etapas (exceptuando la función de cuantificación) del codificador, que realiza cuatro operaciones sencillas: Descomposición en sub-imágenes, transformación, cuantificación y codificación.



**Figura 13.** Sistema de codificación por transformación:

(a) codificador; (b) decodificador.

Una imagen  $N \times N$  de la entrada se subdivide en sub-imágenes de tamaño  $n \times n$ , que después se transforman para generar  $(N/n)^2$  matrices de transformadas

de sub-imágenes  $n \times n$ . El objetivo del proceso de transformación es deshacer la correlación de los píxeles de cada sub-imagen, o empaquetar tanta información como resulte posible en el menor número de coeficientes de la transformada.

La etapa de cuantificación elimina selectivamente, o cuantifica con menor precisión, los coeficientes que lleven la menor cantidad de información. Estos coeficientes son los que menor impacto tienen en la calidad de la sub-imagen reconstruida. El proceso de compresión finaliza codificando los coeficientes cuantificados.

### 1.3.7.2 Codificación predictiva sin pérdidas

Esta técnica se basa en la eliminación de las redundancias entre píxeles muy próximos, extrayendo y codificando únicamente la nueva información que aporta cada píxel. Se define la nueva información de un píxel como la diferencia entre el valor real y el valor estimado de ese píxel.

La figura 14 muestra los componentes básicos de un sistema de codificación predictiva sin pérdidas.

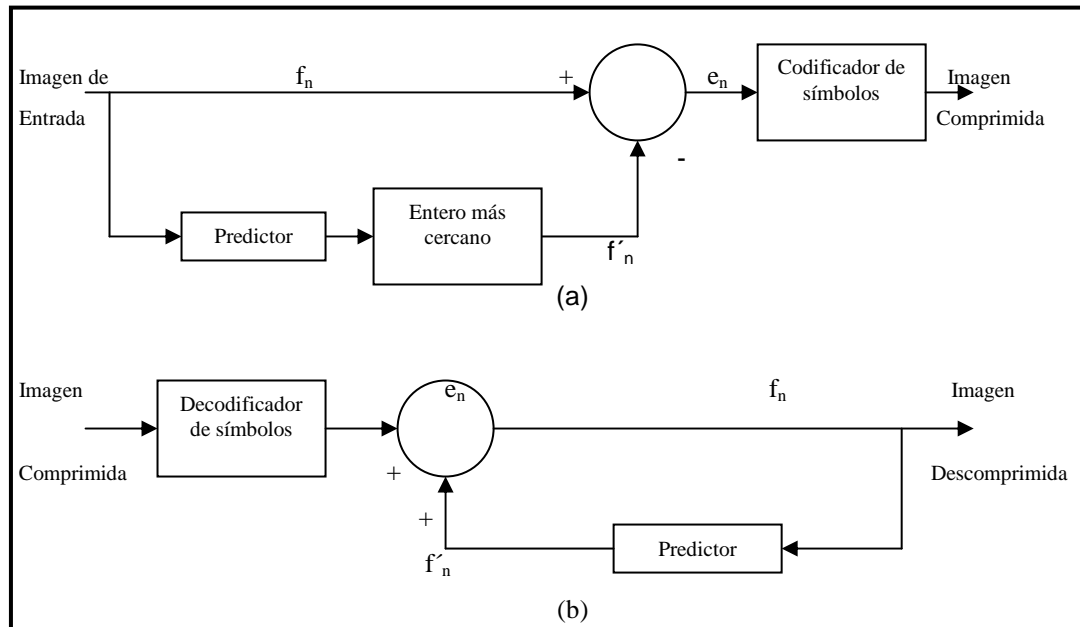
El sistema consta de un codificador y un decodificador, ambos con un predictor idéntico. A medida que se introduce sucesivamente cada píxel de la imagen de entrada, representado por  $f_n$ , en el codificador, el predictor genera el valor anticipado de dicho píxel en función de algún número de entradas anteriores. La salida del predictor después se redondea al entero más cercano, representado por  $f'_n$  y se utiliza para reconstruir la diferencia, o error de predicción:

$$e_n = f_n - f'_n$$

que se codifica utilizando un código de longitud variable para generar el siguiente elemento del flujo de datos comprimidos. El decodificador de la figura 14 (b) reconstruye  $e_n$  a partir de las palabras código de longitud variable y realiza la operación inversa:



$$f_n = e_n + f'_n$$



**Figura 14.** Modelo de codificación predictiva sin pérdidas:  
(a) codificador; (b) decodificador.

### 1.3.7.3 Compresión predictiva con pérdidas

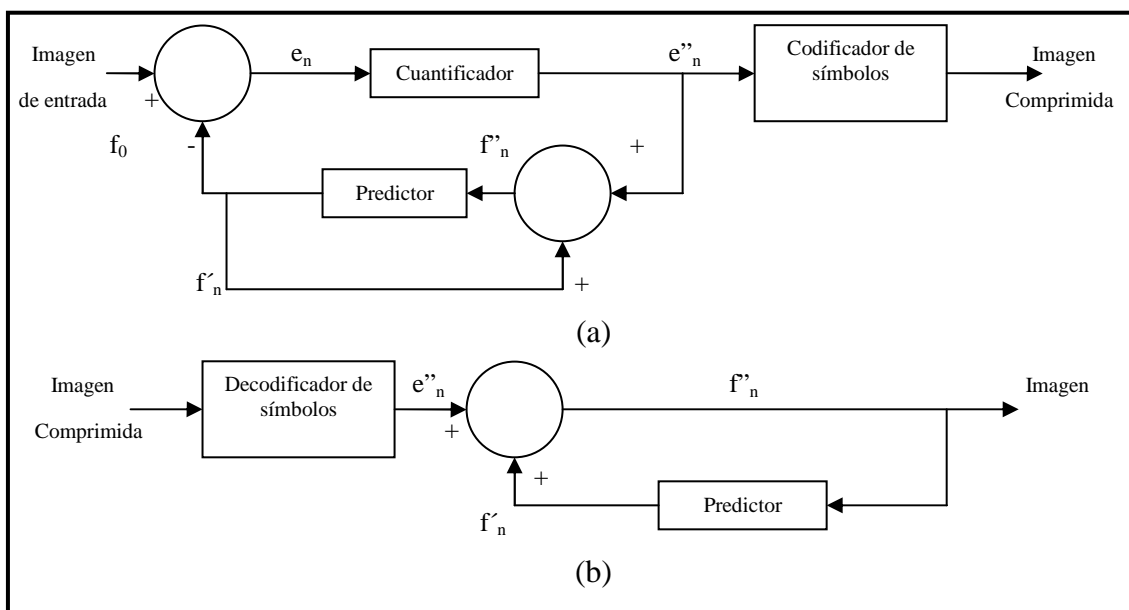
En este tipo de compresión existe un compromiso entre la precisión de la reconstrucción y el rendimiento de la compresión, pero si se puede tolerar la distorsión resultante (que puede ser o no visualmente aparente), el incremento del nivel de compresión puede ser significativo. Como se observa en la figura 15 el cuantificador se introduce entre el codificador de símbolos y el punto en el que se genera el error de predicción, indicado por  $e'_n$ , que establece la cantidad de compresión y distorsión asociados a la codificación predictiva con pérdidas.

Con el fin de poder introducir adecuadamente la etapa de cuantificación, se debe modificar el codificador sin errores de la figura 14 (a) de forma que las predicciones generadas por el codificador y el decodificador sean equivalentes.

Como se observa en la figura 15 (a), esto se consigue ubicando el predictor del codificador con pérdidas dentro de un bucle de realimentación, cuya entrada, representada por  $f_n''$ , se genera como una función de las predicciones anteriores,  $f_n'$ , y los correspondientes errores cuantificados,  $e_n''$ . Esto es:

$$f_n'' = e_n'' + f_n'$$

donde  $f_n'$  se define al igual que antes (píxeles predichos de  $f_n$ ). Esta configuración de bucle cerrado previene la aparición de errores en la salida del decodificador. Así mismo, se observa que la salida del decodificador de la figura 15 (b) también está dada por la ecuación anterior.



**Figura 15.** Modelo de codificación predictiva con pérdidas:  
 (a) codificador; (b) decodificador.

## 1.4 CONJUNTO DE ESTÁNDARES DE COMPRESIÓN MPEG

### 1.4.1 INTRODUCCIÓN

En 1988 a partir del estándar JPEG (Joint Photographic Experts Group, grupo de expertos en fotografía fija) desarrollado para la compresión de imágenes fijas en fotografía electrónica se crea el estándar M – JPEG que no tuvo mayor acogida por los diseñadores quienes desarrollaron versiones propias e incompatibles que no permitió una estandarización global. Mas tarde nace MPEG (Grupo Experto de Cuadros en Movimiento) que es el grupo de trabajo del subcomité de la ISO / IEC (Organización de Estandarización Internacional / Comisión Electrotécnica Internacional - International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission), desarrollado para la compresión de imágenes en movimiento.

Describe en forma general la sintaxis del flujo binario y del proceso de decodificación, describe su estructura, contenido, y regula el funcionamiento de decodificadores estandarizados; define sistemas para multiplexación de la información de audio y video en una única señal digital; describe los métodos para verificar que las señales y los decodificadores se ajusten a los estándares, y publica informes técnicos con ejemplos de funcionamiento de decodificadores y codificadores. MPEG no define los algoritmos de codificación, lo que permite la actualización de los mismos, así como las adaptaciones de nuevas tecnologías en aplicaciones específicas dentro de los estándares.

En general MPEG es una técnica mas eficiente que JPEG y sobre todo universalmente aceptada para toda clase de productos y servicios desde difusión de satélites, DVB, ATSC (Comité de Sistema de Televisión Avanzado) que incluye HDTV (Televisión de Alta Definición).

### 1.4.2 ESTÁNDAR MPEG – 1

Con el avance tecnológico y el desarrollo del video digital en la década de los 80 se vio en la necesidad de usar técnicas de compresión de video para las nuevas aplicaciones que aparecían en el campo de las telecomunicaciones, por lo cual se requirió la estandarización de técnicas para compresión de video.

El estándar para video MPEG – 1 fue lanzado en el año de 1988, el mismo que fue utilizado para compresión de video en CDs, cintas magnéticas, discos duros y canales de telecomunicaciones, utilizando una baja tasa de bits, pudiendo inclusive entregar video sobre redes de telecomunicaciones utilizando líneas de transmisión de par trenzado a distancias modestas. La parte de video de MPEG – 1 propone solamente video progresivo no entrelazado, y puede tener una velocidad de hasta 1.5 Mbps; el audio asociado al video se comprime a tasas de 64, 128, y 192 kbps,

MPEG – 1 brinda las siguientes características:

- Acceso aleatorio
- Avances y retrocesos rápidos para búsquedas
- Reproducción en reversa
- Sincronización audiovisual
- Robustez a errores
- Bajo retardo en la codificación y decodificación.
- Facilidad de edición
- Flexibilidad en el formato

En el algoritmo de compresión de video MPEG – 1 utilizamos dos técnicas fundamentales que son: la compensación de movimiento y la codificación (DCT) o transformada discreta del coseno. La primera se encarga de reducir la redundancia temporal y la segunda usada para la reducción de la redundancia espacial. Además está basada en estructuras de macrobloques, cada

macrobloque contiene bloques de datos tanto de las señales de luminancia como de crominancia, especificando una relación de muestreo 4:1:1.

La compresión de audio MPEG – 1 trata de eliminar las partes irrelevantes y redundantes de la señal. Las partes del sonido que no se escuchan son desechadas; para realizar esto, MPEG – 1 utiliza la técnica de enmascaramiento<sup>6</sup>, este concepto pertenece a un modelo psicoacústico que indica la forma en que el cerebro percibe el sonido. Una característica importante en el procesamiento de MPEG – 1 es la existencia de tres esquemas de codificación llamados: nivel I, nivel II y nivel III (conocido como MPEG - 3).

Las características generales para la compresión de audio MPEG – 1 son:

- Frecuencia de muestreo: 32 KHz, 44.1 KHz y 48 KHz.
- Canales de audio: simple, dual, estéreo, y estéreo conjunto.
- Tasas de bits resultantes 32 Kbps.

### 1.4.3 ESTÁNDAR MPEG – 2

Este estándar fue desarrollado alrededor del año 1993, convirtiéndose en el estándar de *facto*<sup>7</sup>, dando como solución a muchos de los problemas que tenía MPEG -1 tales como: resolución, escalabilidad y manejo de video entrelazado. Con MPEG – 2 se obtienen mejores imágenes que MPEG – 1 permitiendo multiplexar múltiples canales dentro de un mismo flujo de datos, sus esquemas de compresión son destinados a medios digitales de almacenamiento, transmisión de televisión y transmisión de HDTV (televisión de alta definición).

El estándar no especifica una técnica única de compresión, sino un conjunto de herramientas a usarse, para una adecuada sintaxis de compresión

---

<sup>6</sup> **Técnica de enmascaramiento**, hay dos tipos, el de frecuencia que es un fenómeno por el cual el ruido contenido en una cierta banda de la señal no es percibido si su potencia se encuentra por debajo de cierto umbral; y el temporal que se refiere a que los ruidos anteriores o posteriores a cierto sonido significativo tampoco son percibidos.

<sup>7</sup> **Facto**, Estándar impuesto por una empresa o fabricante

acorde con ciertas reglas. El proceso de codificación de las imágenes en MPEG – 1 es aplicado en MPEG – 2.

El estándar correspondiente de televisión digital inició con velocidades de 4 y 9 Mbps proporcionando una alta calidad de video. Tiene opciones de selección, ofrece distintas calidades de imagen, varios grados de resolución requerida, señales de video entrelazado o progresivo<sup>8</sup>, relaciones de aspecto 4:3 o 16:9, capacidad de aceptar diferentes muestreos principalmente de la forma 4:2:2 y 4:2:0

Entre las ventajas incluidas en los codificadores MPEG – 2 se pueden mencionar:

- Cuantificación mejorada.
- Nuevos códigos de longitud variable.
- Resoluciones para compatibilidad.
- Dos capas de sistema para multiplexación y transporte, que proveen paquetes de video de alta o baja prioridad.
- Mejoras en acceso aleatorio.
- Varios programas multiplexados.

En la codificación de audio en MPEG – 2, el sistema provee 6 canales para sonido. Presenta dos opciones: una velocidad de datos de 256 kbps para “true estéreo” y una de 192 kbps para “joint estéreo”.

El esquema de compresión de audio MPEG -2 se basa en los mismos principios para la compresión de video, es decir:

- Determinar y eliminar la redundancia para la señal de audio.
- Descartar aquellas señales insignificantes para el oído humano.

---

<sup>8</sup> **Video entrelazado o progresivo**, visualiza solo la mitad de las líneas horizontales en una pasada y a continuación se visualiza el segundo campo con las líneas restantes, obteniendo altas velocidades de refresco con la mitad de los datos.

Dado que la redundancia en las señales de audio es mucho menor que en las de video, el uso del algoritmo de discriminación DCT es menos eficaz. Por otra parte, las propiedades del oído humano permiten una gran compresión debido a que las bajas frecuencias no son audibles por debajo del nivel umbral del oído; de la misma manera sonidos fuertes de una determinada frecuencia enmascaran a los sonidos mas débiles de frecuencias próximas.

El estándar MPEG – 2 permite además la generación de sonidos monofónicos, etéreo y multicanal de alta calidad.

#### **1.4.4 ESTÁNDAR MPEG – 4**

En la actualidad como es conocido las aplicaciones audiovisuales requieren interacción, por lo que se vio la necesidad de desarrollar un estándar que solucionara dicho requerimiento. En el año de 1998 MPEG lanzó una nueva idea llamada MPEG – 4 o conocida formalmente como “Codificación de Objetos Audiovisuales”, la cual está destinada a definir una norma para la codificación audiovisual que satisfaga las nuevas necesidades de comunicación, interacción, servicios de emisión u otros servicios resultantes de la convergencia de distintas tecnologías que normalmente se encontraban separadas; como son los casos de la comunicación, computación y entretenimiento.

Inicialmente MPEG – 4 fue creado con fines de mejorar la calidad de video codificado a bajas velocidades a través de la estandarización de nuevas técnicas de compresión, destinados en un comienzo a video conferencias e Internet, mas adelante el estándar pasó al mundo de la televisión interactiva, computación y telecomunicaciones.

Para describir y cambiar una escena el estándar MPEG – 4 utiliza un lenguaje conocido como BIFS (Binary Format For Scenes, formato binario para escenas), que permite añadir y borrar objetos así como también cambiar sus propiedades visuales o acústicas. Este lenguaje se relaciona directamente con el

VRML (Virtual Reality Modelling Language, lenguaje modelado para realidad virtual) muy utilizado para describir objetos de tres dimensiones en Internet y su interacción con los usuarios. Aunque en el esquema VRML los objetos se describen en texto, el código BIFS lo hace en forma binaria siendo un proceso mas corto para el mismo contenido.

MPEG – 4 provee una serie de herramientas para satisfacer los requerimientos de autores, proveedores de servicios y usuarios finales, se considera una estructura de codificación de video con un VLBV (Very Low Bit Rate Video, video de velocidad muy baja) incluyendo algoritmos y herramientas para velocidades de 5 y 64 kbps.

Con este estándar se puede representar de manera eficiente varios tipos de datos y una serie de funcionalidades adicionales:

- Video de alta calidad
- Música y voz con un buen ancho de banda
- Objetos 3D genéricos y específicos; es decir caras y cuerpos humanos.
- Capacidad para codificar eficientemente datos como: video, texto, gráficos, imágenes y conferencias (conocidos como objetos audiovisuales AVOs).
- Bajos niveles de error para altas transmisiones de datos comprimidos sobre canales ruidosos.
- Capacidad de interactuar en escenas audiovisuales generadas en el receptor.

MPEG – 4 acepta métodos de barrido progresivo y entrelazado, resoluciones espaciales de luminancia y crominancia 4:0:0, 4:2:0, 4:2:2. Presenta las siguientes tasas de bits baja (64kbps), intermedia (64 – 384 kbps) y alta (384 kbps – 4 Mbps).

En cuanto a la codificación se refiere, MPEG - 4 tiene muchas similitudes con MPEG – 1 y MPEG – 2. La diferencia primordial que lo caracteriza de los otros estándares es el hecho de poder codificar objetos dentro de una figura



arbitraria que forme parte de una escena; en lugar de codificar todo el cuadro completo como se hacía en MPEG – 2 y MPEG – 1.

Sus principales aplicaciones son:

- Multimedia en Internet
- Comunicaciones interpersonales
- Juegos de video interactivo
- Medios de almacenamiento interactivos
- Correo multimedia
- Servicios de base de datos
- Sistemas de emergencia remota
- Aplicaciones de difusión, etc.

#### **1.4.5 ESTÁNDAR MPEG – 7**

Conocido como “Multimedia Content Description Interface”, fue iniciado en 1996 por el grupo MPEG con el objeto de especificar un conjunto de estándares para describir varios tipos de información multimedia; no es un esquema total de compresión.

Los niveles de abstracción están relacionados con los modos de extraer los rasgos de las imágenes, es así que muchos rasgos de bajo nivel pueden ser extraídos de forma automática, sin embargo los rasgos de alto nivel necesitan más interacción humana. Rasgos de bajo nivel serían por ejemplo la descripción del tamaño, textura, color, movimiento y posición de las figuras estáticas, mientras que los rasgos de alto nivel implican movimientos más detallados de objetos incluyendo sonido.

El estándar MPEG – 7 puede ser aplicado en varias áreas de interés como:

- Librerías digitales (Catálogos de imágenes, diccionario musical, etc).
- Servicios de directorios multimedia (páginas amarillas).

- Selección de difusión (canales de radio y televisión).
- Edición multimedia.

En cuanto al conjunto de aplicaciones se puede mencionar:

- Información de turismo.
- Educación.
- Entretenimiento.
- Servicios culturales.
- Servicios de investigaciones.
- Sistemas de información geográficas.
- Aplicaciones bío - médicas.
- Compras.
- Arquitectura.
- Películas, archivos de radio y video.

#### **1.4.6 ESTANDAR MPEG – 21**

A mediados del año 2000 el grupo MPEG propuso un nuevo estándar llamado MPEG – 21 o “Infraestructura Multimedia”, utilizada para entrega y consumo de contenido multimedia.

Esta infraestructura multimedia definida por MPEG – 21 será habilitada transparentemente respecto a los demás estándares MPEG y aumentará el uso de recursos multimedia en un amplio rango de redes y dispositivos usados por diferentes comunidades.

MPEG – 21 introduce el concepto de artículo digital (Digital Item), que es la unidad fundamental de distribución y transacción dentro de la mencionada infraestructura; el usuario se define como cualquier entidad que actúa recíprocamente en el ambiente de MPEG – 21 y que hace uso de los artículos digitales, los usuarios pueden ser individuos y organizaciones incluyendo creadores, consumidores, proveedores, distribuidores y otros. Esta infraestructura

abierta, permite creadores y consumidores de contenido con iguales oportunidades para acceder a sus beneficios, estableciéndose así un mercado abierto con interoperabilidad.

Este estándar tiene un componente esencial que es la protección de la propiedad intelectual, ya que las controversias que rodean en la actualidad a los archivos MP3 de audio, demuestran la necesidad de nuevos mecanismos de protección de la propiedad intelectual del mundo digital, en los que se deberían realizar pagos por acceder a información protegida.

MPEG – 21 continuará con el trabajo realizado por MPEG – 4 y MPEG – 7, pero necesita extensiones para adaptar los artículos digitales y los nuevos mecanismos de entrega de la información a los estándares anteriores.

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES A DVB – H PARA TELEVISIÓN MOVIL

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

La adopción de la televisión digital en el mundo va ganando cada día más terreno. Los factores que la impulsaron son, básicamente: mejor calidad de imagen –tanto para el formato normal (4:3) como para el de alta definición digital (16:9)- y mejor utilización del ancho de banda, si lo comparamos con la utilización de la televisión analógica.

Básicamente, existen tres normas de Televisión Digital Terrestre (TDT), una americana (desarrollada por el ATSC<sup>9</sup>), otra europea (desarrollada por la ETSI<sup>10</sup>, DBV - T) y una Japonesa denominada ISDB (Transmisión Digital de Servicios Integrados - Integrated Services Digital Broadcasting).

El estándar americano ATSC es un estándar de televisión terrestre que define el contenido de la secuencia de bits, su transporte y transmisión digital en un ancho de banda RF de 6 MHz. ATSC usa múltiples formatos de transmisión, compresión de audio y video digital, empaquetamiento de datos y técnicas de modulación de señales como modulación 8 – VSB<sup>11</sup> para transmisión terrestre o 16 – VSB para distribución de red por cable basado en una modulación 8 – QAM que se extiende hasta 64 – QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura) con una codificación de Trellis. El empaquetamiento permite al video, audio y datos separarse en unidades de tamaño determinado para correcciones de errores lineales, multiplexación de programa, sincronización de tiempo, flexibilidad y

---

<sup>9</sup>ATSC, Advanced Television System Committee, Comité para el Sistema Avanzado de Televisión, Estándar Americano de la Televisión Digital, tiene como uso principal la televisión de alta definición (HDTV).

<sup>10</sup>ETSI, European Telecommunication Standard Institute o Instituto de Estándares de Telecomunicación Europeos, es una organización de estandarización de la industria de telecomunicaciones de Europa con proyección mundial.

<sup>11</sup> 8 – VSB, 8 - Vestigial Side band, 8 – Banda Lateral Vestigial, método utilizado para modular sistemas de transmisión digital.

compatibilidad con el formato ATM (Modo de Transmisión Asíncronica). Utiliza MPEG – 2 como método para compresión de video y Dolby AC-3<sup>12</sup> para el audio.

El sistema europeo está basado en las especificaciones del DVB – T (Digital Video Broadcast - Terrestrial), una de las principales características del DVB – T es el empleo de paquetes MPEG – 2, lo cual implica que es transportable cualquier información que sea digitalizable (video, audio, datos multimedia, etc). Además incluye en las especificaciones un conjunto de canales de retorno para los usuarios con objeto de interactuar con los servicios digitales recibidos; otra característica muy importante de DVB - T es que permite la transmisión del tipo punto-a-multipunto con grandes cantidades de información a altas velocidades de transmisión y esto a la vez protege fuertemente la transmisión contra todo tipo de errores.

El estándar ISDB o más específicamente ISDB - T (Servicios Integrados de Difusión Digital) es una especificación para difusión de servicios multimedia desarrollada por la organización ARIB (Sociedad de Industrias de Radio y Negocios), de origen japonés, con base en el sistema de difusión de televisión digital europeo DVB-T. Existen versiones del estándar ISDB para difusión vía satélite (ISDB - S), terrestre aérea (ISDB - T), por cable (ISDB - C) y en la banda de 2,6 GHz, todos basados en el sistema de codificación de audio y video así como en el de transporte y compresión descrito en el estándar MPEG - 2, aunque también admite JPEG<sup>13</sup> y MPEG-4.

Japón inició la difusión digital usando el estándar DVB-S (versión satelital del europeo), pero no satisfizo los requerimientos de los difusores japoneses como NHK, TBS o FujiTV. Por tal motivo, la Sociedad de Industrias de Radio y Negocios, organización que vela por el uso eficiente del espectro en el Japón, fue

---

<sup>12</sup> **Dolby AC-3.** o Digital Dolby, es la versión común que contiene hasta un total de seis canales de sonido, con cinco canales de ancho de banda completa de 20 Hz – 20 KHz para los altavoces de rango – normal (frente derecho, centro, frente izquierdo, parte posterior derecha y parte posterior izquierda) y un canal de salida dedicada para los sonidos de baja frecuencia conocida como Low Frequency Effect o Subwoofer. Además el formato Dolby tiene características Mono y Estéreo.

<sup>13</sup> **JPEG,** estándar que se definió en 1990 para codificar digitalmente imágenes fijas y que fue el pionero de la familia MPEG.

la encargada de desarrollar el estándar ISDB - S, conjuntamente con NHK. En sí, el estándar ISDB - T puede transmitir HDTV (Alta Definición) y un canal telefónico móvil dentro del mismo ancho de banda de 6 Mhz de TV normal (especificaciones americana y japonesa), además está en la capacidad de transmitir un canal de HDTV o tres canales de SDTV (Televisión digital estándar) por cada canal de TV; permitiendo televisión interactiva y descargar actualizaciones de firmware<sup>14</sup> para el televisor. Permite Guías de Programación Electrónicas (EPG), soporta acceso a Internet utilizando un canal de retorno de datos de banda ancha, se puede transmitir televisión a teléfonos móviles incluso cuando estos se desplazan a una velocidad de hasta 400 km/h; entre otras características propias del estándar.

El sistema ISDB es significativamente superior a DVB-T tanto en lo que concierne a la inmunidad al ruido impulsivo, como también en el desempeño para recepción móvil, importante para asegurar la competitividad del servicio de radiodifusión de sonidos e imágenes en el futuro, además de ofrecer mayor flexibilidad de aplicaciones.

A pesar de la superioridad técnica y de la flexibilidad del sistema ISDB; el mismo no ha sido acogido masivamente en el mundo, debido a diferentes políticas de carácter mundial que se deben tomar para la adopción de este tipo de sistemas; a excepción de Brasil que se convirtió en el primer país sudamericano en adoptar la norma japonesa y la denominó BISDB. (Brazilian Integrated Services Digital Broadcasting).

---

<sup>14</sup>**Firmware** o Programación en Firme, es un bloque de instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria tipo ROM, que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Al estar integrado en la electrónica del dispositivo es en parte hardware, pero también es software, ya que proporciona lógica y se dispone en algún tipo de lenguaje de programación.

## **2.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

### **2.2.1 ASPECTOS TÉCNICOS EN LA IMPLEMENTACION DE LAS REDES TDT (TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE)**

#### **2.2.1.1 Instalación de transmisores**

Inicialmente, para los países del mundo que aún no hayan adoptado la televisión digital terrestre, es recomendable que los transmisores de televisión digital utilicen los emplazamientos actuales de los transmisores de televisión analógica, con lo cual se podría economizar gran parte de la infraestructura necesaria para instalar TDT. En algunos casos se requerirá nuevas antenas; si la antena disponible fuera a ser empleada, habría de tenerse en cuenta que las señales digitales tendrían que ser combinadas en alta potencia con las señales analógicas actuales (por lo menos en la transición de analógico a digital), o bien el conjunto debería pasarse por un amplificador multicanal, lo cual conllevaría problemas de filtrado de no linealidades.

#### **2.2.1.2 Distribución primaria**

Para la distribución de los diferentes servicios de TDT se requerirá una red de distribución primaria, la que servirá para el transporte de los paquetes MPEG – 2 desde los estudios de televisión hasta los centros multiplexores y hasta los centros transmisores.

Se consideran varias posibilidades entre las que incluye fibra óptica, redes PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) o SDH (Jerarquía Digital Síncrona), ATM (Modo de Transferencia Asíncronico) o satélite. Una red completa constará seguramente de una combinación de las posibilidades comentadas.

### **2.2.1.3 Consideraciones técnicas de la Televisión Digital Terrestre**

Actualmente en los países donde ya se ha adoptado la TDT, las emisiones tienen lugar en la misma banda UHF (Frecuencia Ultra Alta) de la televisión analógica y para sintonizar esta nueva señal no es necesario modificar las antenas instaladas ni en edificios ni en viviendas, pero si es necesario instalar un decodificador TDT (por ejemplo si se utiliza el estándar europeo sería un decodificador DVB - T) que demodule la señal COFDM<sup>15</sup>, interprete el flujo MPEG - 2, extraiga el programa seleccionado, lo decodifique y lo envíe al receptor de televisión analógica o a un televisor que cumpla dicho estándar, los mismos que son más costosos en la actualidad.

Por lo tanto, las antenas y las redes de distribución de señal que actualmente se usan para la señal analógica siguen sirviendo, pues ambas son señales de la banda UHF. Sin embargo los amplificadores instalados suelen ser monocanal (solo amplifican la señal de un único canal UHF) y además están pensados para señales de tipo analógico; por lo que hay necesidad de añadir un nuevo amplificador por cada canal usado para transmisión de televisión digital.

## **2.2.2 VENTAJAS DE LA TDT FRENTE A LA TELEVISIÓN ANALÓGICA**

### **2.2.2.1 Mayor calidad de imagen y sonido**

La transmisión terrestre de televisión se ve afectada por dispersión de energía, zonas de sombra y reflexiones que provocan ecos. En transmisión analógica esos problemas se manifiestan como nieve, ruido en la imagen, dobles imágenes, colores deficientes y sonido de baja calidad. En transmisión digital, al estar la señal codificada, recibimos una imagen siempre integra, pero se acaba llegando al denominado abismo digital; cuando la señal no es suficiente para los

---

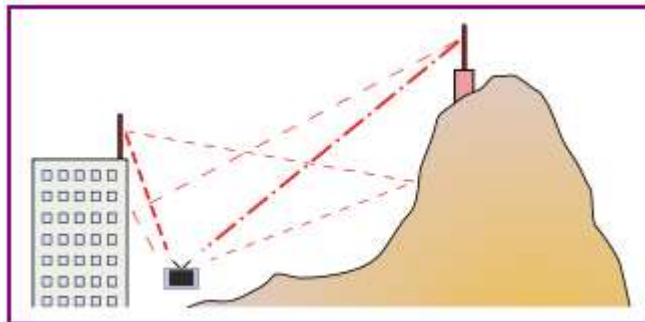
<sup>15</sup>COFDM, Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Codificada, Puede transmitir varios flujos de datos simultáneamente, cada uno ocupando solo una pequeña porción del total del ancho de banda disponible.



circuitos decodificadores se pierde completamente en la recepción. Una recepción óptima suele necesitar menor potencia de señal que una transmisión analógica de calidad normal.

La imagen, sonido y datos asociados a una emisión de televisión se codifican digitalmente en formato MPEG – 2. La calidad de imagen y sonido transmitidos es proporcional al caudal de datos asignado dentro del flujo final transmitido por cada múltiplex.

El problema de los ecos se ha solventado en el sistema Europeo aplicando la modulación COFDM (figura 16). En la TDT el flujo binario resultante de codificar la imagen, el sonido y los datos del programa se transmite sobre miles de portadoras entre las que se reparte la energía de radiación. Las portadoras mantienen una ortogonalidad, en el dominio de la frecuencia, su energía se centra en el cruce por cero de cualquier otra, lo que facilita la modulación.



**Figura 16.** COFDM: La duración de los bits es superior a los retardos, evitando ecos y permitiendo reutilizar las mismas frecuencias en antenas vecinas.

Se divide el flujo de datos binarios en miles de sub-flujos de datos a baja velocidad y por tanto elevada duración de bit. Se emite durante un tiempo útil seguido de una parada o tiempo de guarda. Durante el tiempo útil todos los transmisores están sincronizados y emiten en paralelo una parte de bits del flujo binario. De esta manera, en entornos urbanos, las interferencias no degradan sino que mejoran la potencia y relación señal-ruido de la señal recibida. Las

posibles reflexiones o rebotes de la señal en obstáculos del entorno (p. ej. edificios) hacen que las señales se superpongan sumando potencia y mejorando la relación señal a ruido.

Además, la codificación dispone de mecanismos para la detección y corrección de errores que mejoran la tasa de error en las señales recibidas en entornos especialmente desfavorables.

#### **2.2.2.2 Mayor número de emisiones de televisión**

La tecnología de televisión analógica actual solo permite la transmisión de un único programa de televisión por cada canal UHF de 6 MHz de amplitud. Además los canales adyacentes al que está emitiendo han de estar libres para evitar las interferencias mutuas entre las señales, que perjudicarían la calidad de la señal recibida. De esta manera existen complejos diseños de canales usados y libres en cada región, provincia o incluso área para minimizar las interferencias, aun a costa de eliminar el número de emisiones simultaneas.

La mayor capacidad de canales se consigue en TDT mediante dos mejoras. Por una parte la modulación digital COFDM que genera formas de onda mucho más cuadradas que las analógicas minimizando la señal de un canal que llega a los adyacentes. Además se pueden variar ciertos parámetros de COFDM como el intervalo de guarda para asegurarse de reducir las interferencias entre canales al mínimo. Debido a todo lo anterior es posible de hacer uso de más canales UHF que en el caso de las transmisiones analógicas, y además con esta tecnología es posible el despliegue de redes SFN (Red de Frecuencia Única - Single Frequency Network), o redes de ámbito nacional donde se usa siempre la misma frecuencia para unos determinados programas.

En segundo lugar, la codificación digital de los programas permite que en el ancho de banda disponible en un solo canal UHF se puedan transmitir varios programas con calidad digital similar a un DVD. El número de programas simultáneos depende de la calidad de imagen y sonido deseados, si bien en la

actualidad es de cinco programas con un uso habitual de cuatro. Sin embargo la gran flexibilidad de la codificación MPEG – 2 permite cambiar los parámetros en cualquier momento, de manera transparente a los usuarios. El bloque de cuatro o cinco canales de emisión que se emite por un canal habitual de UHF recibe el nombre de MUX (Múltiplex). El flujo binario del MUX es la multiplexación de los canales que lo componen. La relación de flujo de cada canal multiplexado se puede regular a voluntad, lo que es equivalente a regular la calidad de los mismos. Se puede asignar un flujo alto a una película o un evento deportivo de pago detrayendo el flujo de los otros canales que componen el MUX y pueden ser de emisión abierta. Como el flujo depende del contenido y la imagen, muchas variaciones o mucho detalle de una imagen produce mas flujo en el aprovechamiento óptimo del MUX, cuando todos sus componentes tienen la misma importancia comercial, se realiza mediante un control estadístico del flujo. Un sistema inteligente estima el flujo de cada canal que compone el MUX en cada momento y va asignando mayor o menor ancho de banda según la necesidad detectada. Lógicamente, se puede determinar, canal por canal, un ancho de banda mínimo.

### **2.2.2.3 Mayor flexibilidad de las emisiones y servicios adicionales**

En cada canal de radio se emite un único flujo MPEG – 2, que puede contener un número arbitrario de flujos de video, audio y datos. Aunque varios operadores compartan el uso de un canal multiplexado, cada uno puede gestionar el ancho de banda que le corresponde para ofrecer los contenidos que desea. Puede (por ejemplo) emitir un flujo de video, dos de audio (por ejemplo en dos idiomas a la vez), varios de datos (Subtítulos en tres idiomas, subtítulos para sordos, etc.).

El aprovechamiento de toda esta información por parte del usuario es posible gracias a las diversas aplicaciones de que dispone el receptor TDT, en general conforme al estándar de la industria llamado MHP (Plataforma Multimedia - Multimedia Home Platform). Cada operador podrá desarrollar las aplicaciones

que proporcionen los servicios deseados a sus clientes, y éstas se instalarán en el receptor TDT para dar acceso a dichos servicios.

Una de estas aplicaciones es la EPG (Electronic Program Guide) o guía electrónica de programas, que interpretará la información sobre programas de las emisoras y se la mostrará al usuario, dando la posibilidad de programar la grabación de programas, ver la descripción de los mismos, etc.

La televisión digital permite cualquier posibilidad de la televisión de pago.

## **2.3 EL SISTEMA DVB**

### **2.3.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL PROYECTO DVB**

El Proyecto de DVB es una Alianza de aproximadamente 250-300 compañías, originalmente de origen europeo pero ahora mundial. Su objetivo es estar de acuerdo con las especificaciones para los sistemas de entrega de medios de comunicación digitales, incluso de radiodifusión. Está abierto, a la iniciativa del sector privado con una cuota anual de sus miembros, gobernados por un Memorando de Acuerdo (MoU, Memorandum of Understanding).

Se pensaba que la televisión digital que se difundiría a los hogares era impráctica y costosa de implementar hasta 1990. Durante 1991, las programadoras y fabricantes de equipo de consumidor discutieron cómo formar una plataforma base-europea convenida para desarrollar la televisión digital terrestre. Hacia el fin de ese año, las programadoras, fabricantes de productos electrónicos para el consumidor y cuerpos reguladores vinieron juntos a discutir la formación de un grupo que vigilaría el desarrollo de televisión digital en Europa.

Este Grupo del Lanzamiento europeo llamado (ELG) se extendió para incluir a los medios de comunicación europeos de mayor importancia, público y privado, los fabricantes de productos electrónicos para el consumidor, carriers

comunes y reguladores. Estos diseñaron el MoU que establece las reglas del juego para este nuevo y desafiante reto de acción colectiva.

El concepto desarrollado dentro del Memorando de Acuerdo (MoU) se convertiría en algo totalmente nuevo e innovador. El MoU fue firmado por todos los participantes del ELG en septiembre de 1993, y dicho Grupo se renombró como el Proyecto de Emisión de Video Digital (DVB).

Alrededor de este tiempo un grupo separado, el Grupo Activo en la Televisión Digital, preparó un estudio de las perspectivas y posibilidades para la televisión terrestre digital en Europa. Este informe introdujo los nuevos conceptos importantes, como las propuestas de permitir que varios y diferentes consumidores puedan ser servidos al mismo tiempo (por ejemplo la televisión portátil y HDTV).

Los miembros del proyecto DVB, desarrollan y acuerdan especificaciones que luego pasan a formar parte del cuerpo de normas europeas para los sistemas de los medios de comunicación, las que más tarde llegarán a ser aprobadas por la Junta del Comité Técnico EBU/CENELEC/ETSI. Las características técnicas son formalmente estandarizadas por CENELEC<sup>16</sup> o, en la mayoría de casos por la ETSI.

El proyecto es manejado por DVB Project Office, cuyo personal está compuesto exclusivamente por empleados de la Unión de la Radiodifusión europea en Ginebra, Suiza, pero trabajan exclusivamente en los intereses de los miembros del Proyecto de DVB. El Proyecto ha tenido mucho éxito hasta la fecha y no muestra señales de detenerse. Más de 120 millones de receptores de DVB están ahora en hogares a lo largo del mundo, y todo el marketing del logotipo de DVB es creado por Phillip Juttens.

---

<sup>16</sup> **CENELEC**, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica; es la responsable de la estandarización europea en las áreas de ingeniería eléctrica. Junto a la ETSI (Telecomunicación) y al CEN (otras áreas técnicas), forma parte del sistema europeo de normalizaciones técnicas.

Cuando el proyecto empezó, cada uno de los grupos participantes trajo una idea particular para ser discutida. La EBU ( European Broadcasting Union ), pudo usar su experiencia en la organización de reuniones técnicas y publicaciones para ayudar a establecer un armazón que podría tener lugar dentro del trabajo del Proyecto. La industria trajo un elemento importante: la creencia de que las especificaciones técnicas son desarrolladas siempre y cuando estas puedan utilizarse directamente en productos que tengan un valor comercial. Así las especificaciones de DVB tienen un manejo comercial. Este esfuerzo consciente era probablemente entonces único en el mundo de la estandarización y ha contribuido de gran manera al éxito de las normas de DVB.

### **2.3.1.1 Puntos fundamentales dentro del proyecto DVB**

El Proyecto de DVB empezó la primera fase de su trabajo en 1993. La filosofía del proyecto es la siguiente:

- La tarea inicial es desarrollar una colección completa de tecnologías de difusión digital como: satélite, cable, y medios terrestres en una instancia de pre-estandarización.
- En lugar de tener una correspondencia uno-a-uno entre un canal de entrega y un canal de programa, los sistemas podrían contener una portadora en la que se combine señales de audio, video o multimedia simultáneamente. Ellos estarían abiertos y preparados para tecnologías como: SDTV, EDTV, HDTV, surround sound (sonido envolvente), o cualquier otro medio que surja con el tiempo.
- El trabajo debe producir las normas ETSI para las capas físicas, corrección de errores, y transporte para cada canal.
- También debe producirse un informe en el que ETSI especifique las salidas en sistemas de banda base cada una con su propia portadora.

- Donde sea posible se debería tener una plataforma de entrega común, con el propósito de bajar los costos para usuarios y fabricantes. Solo cuando esto no sea posible habrá diferencias entre la manera en que se transportara las diferentes aplicaciones.
- El Proyecto de DVB no debe re-inventar nada, y usará las normas existentes siempre y cuando ellas estén disponibles.

El Proyecto DVB ha usado y ha continuado en el diseño de manera extensiva de las normas ISO/IEC JTC MPEG. El tipo de transporte para todos los sistemas (DVB – S, DVB – C, DVB – T, DVB - H) es el MPEG – 2 (en el ANEXO 1 se detalla el flujo de programa y transporte de MPEG – 2).

Por conveniencia, en la última documentación se colocaron conjuntos de guiones que identifican cada área de aplicación. Por ejemplo, DVB-S2 es la especificación para la segunda versión de la generación del DVB del sistema de satélite digital. Otras áreas incluyen DVB-S (la primera versión de la generación del sistema de satélite digital), DVB-C (el sistema de cable digital), DVB-T (el sistema de la radiodifusión terrestre digital), DVB-H (trayendo la radiodifusión terrestre digital a los receptores portátiles que trabajan con baterías de larga duración), DVB-DATOS (el sistema de entrega de datos cíclico), DVB-SI (el sistema de información de servicio), y DVB-MHP (el middleware para la televisión interactiva).

### **2.3.2 EL ESTANDAR DVB**

La base del sistema DVB es el concepto de “contenedor de datos”, que comprende los paquetes MPEG – 2. Los bits correspondientes al video codificado de un programa en particular son empaquetados para formar la denominada Corriente Elemental de Paquetes (PES).

En forma similar, el audio codificado y los datos privados son convertidos, igualmente, en corriente elemental de paquetes. El estándar MPEG – 2 es el

encargado de definir las reglas que gobiernan la constitución de una Capa de Sistema, que agrupa las corrientes elementales de video, audio y datos privados en un solo flujo o corriente de bits. Dicho estándar también fija las restricciones necesarias sobre las Corrientes Elementales (ES) para su combinación adecuada. Cada paquete del PES comienza con un encabezado, que contienen las informaciones sobre el tipo de PES correspondiente (audio, video, datos) y el número de identificación del ES del cual proviene, en la figura 17, se muestra la estructura del PES.

Prefijo del código de inicio	Identificador de corriente	Longitud de paquete	Control de codificación PS	Banderas	Longitud de cabecera del PES	Subcampo de cabecera del PES	Relleno
24 bits	8 bits	16 bits	2 bits	14 bits	8 bits	x bytes	y bytes

**Figura 17.** Estructura del PES

La tabla 2 especifica cada campo que conforma el encabezado de una corriente elemental de paquetes de MPEG – 2, además su definición y el número de bits que lo integran, el encabezado contiene, así mismo, información sobre la longitud del paquete en cuestión y el tamaño de la memoria requerida para decodificarlo. Las funciones primordiales de la capa de sistema son: el empaquetamiento y combinación de múltiples corrientes en un solo flujo de bits, la incorporación de marcas de tiempos a las corrientes elementales para fines de sincronización durante la reproducción y la inicialización y manejo de las memorias requeridas para decodificación de las corrientes elementales.



<b>Campo</b>	<b>Definición</b>	<b>Número de Bits</b>
Prefijo del código de inicio	Código de inicio (00 00 01 hex)	24
Identificador de corriente	Identificación PES	8
Longitud de Paquete	Longitud de paquetes en bytes (después de cada dos)	16
Control de codificación PS	Donde al PES se le codifica y se le controla el numero de palabras	2
Banderas	Múltiples Banderas	14
Longitud de cabecera del PES	Longitud de la parte restante del PES	8
Subcampo de cabecera del PES	Variable de campo dependiendo de la Bandera	x bytes
Relleno	Relleno Opcional	y bytes

**Tabla 2.** Campos que conforman el encabezado PES de MPEG – 2

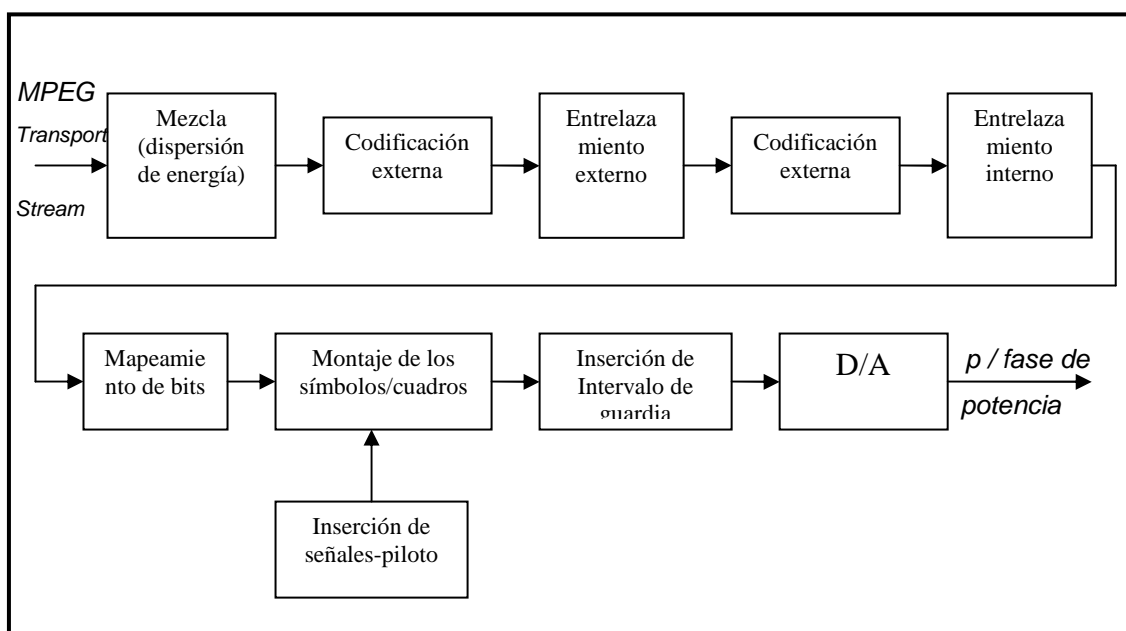
La parte del sistema de MPEG – 2, que define la acción del multiplexeo, visualiza dos diferentes formas del multiplexeo de los PES. Una es la denominada Corriente de Programa (PS), y la otra es llamada Corriente de Transporte (TS). La corriente de programa (PS) esta constituida por uno o más PES (video, audio, datos) que deben compartir, necesariamente, el mismo reloj de tiempo del sistema (STC). Este tipo de corriente de bits es apropiado para aplicaciones donde el canal de transmisión o el medio de almacenamiento introducen muy pocos errores. Tal es el caso de aplicaciones de multimedia basadas en CD – ROM y Disco Duro. La corriente de transporte (TS) lleva, fundamentalmente, la información correspondiente a programas de TV a distancia, por un canal de transmisión susceptible a altas tasas de error. Aquí la longitud de paquete es relativamente pequeña (fijada a 188 Bytes) para permitir la inclusión de algoritmos de corrección eficientes. La TS se emplea normalmente, para transmitir señales de TV por satélite, cable o transmisor terrestre, usando el estándar DVB europeo.

El estándar DVB mejora la Información Específica de Programa MPEG – 2 (PSI) donde MPEG – 2 ha definido cuatro tipos de tablas, cada tabla compuesta por una o mas secciones (máximo 256 secciones, con 1024 bytes cada uno, excepto para la sección privada, que puede abarcar hasta 4096 bytes).

DVB mejora el elemento PSI, definiendo una norma para la información de servicio (SI), que especifica los parámetros técnicos para la transmisión, incluyendo el sistema de entrega, el contenido y la planificación del flujo de datos para la transmisión. De esta manera, el receptor de TV puede sintonizar cualquier servicio en particular, y decodificar una combinación de servicios que incluya la capacidad para categorizar los servicios con información específica para la planificación.

#### **2.3.2.1 Transmisión de los datos en DVB**

Al igual que la norma ATSC en DVB, el haz de señales recibido por el multiplexor MPEG (Transport Stream) se mezcla inicialmente, para promover una distribución uniforme de la energía a lo largo del flujo, como se puede ver en la figura 18. Luego la señal pasa por un primer proceso de codificación Reed - Solomon, que crea una “suscripción digital” de cada bloque MPEG, sumando 16 bytes de paridad, lo cual podrá ser utilizado para recuperar la información dentro de un determinado nivel de errores. Los bytes de cada 12 bloques son entonces entrelazados entre si para que si algún bloque no llegue hasta el receptor, haya la pérdida de pocos bits por bloque en vez de perderse un bloque entero.



**Figura 18.** Diagrama funcional de la DVB - T.

El siguiente paso es la llamada codificación interna. En la DVB, la codificación interna es utilizada tanto en la versión terrestre (DVB - T) como en la vía satélite (DVB - S) pero no en la versión por cable (DVB - C), debido a que este último utiliza un medio de transmisión mas confiable.

Un código convolucional tipo FEC (Corrección de Errores hacia Adelante - Forward Error Correction) es el que se utiliza para la codificación interna, este genera bits adicionales para mejorar la redundancia. Sin embargo, algunos de estos bits adicionales son intencionalmente omitidos. Como esa omisión es hecha a intervalos regulares, en la práctica ella tiene el efecto de desbalancear la energía de los símbolos de algunos de ellos, mientras que otros acaban ganando un refuerzo de potencia. Los símbolos que de esa forma son fortalecidos, presentan una mejor relación señal/ruido (SNR), y serán utilizadas para transportar la información de control y sincronismo del canal.

Después del entrelazamiento interno (en niveles de bits, en vez de bloques como lo fuera en el entrelazamiento externo), los bits son mapeados para componer los símbolos y los cuadros de la transmisión. Este montaje depende del tipo de modulación (QPSK, 16 QAM o 64 QAM), número de portadoras e intervalo de guarda que son parámetros seleccionables por la emisora (al contrario de ATSC, que adopta una gran cantidad de parámetros).

Para una determinada configuración (tipo de modulación, número de portadoras e intervalo de guarda), los bits son agrupados para formar una palabra. El grupo de palabras de todas las portadoras en un determinado intervalo  $T_u$  se denomina símbolo COFDM. Cada conjunto de 68 símbolos COFDM forma un cuadro COFDM.

Algunas portadoras son utilizadas como señal piloto, sincronismo y control de fase (señal piloto continua). Las dos portadoras extremas del canal tienen esa finalidad. Adicionalmente, en las demás portadoras, algunas palabras son utilizadas dentro de una secuencia predefinida para que también actúen como señales piloto, que son utilizadas para estimar las características de transmisión de esa portadora y de portadoras adyacentes (pilotos dispersos).

En la figura 19 podemos ver de manera detallada la manera como se intercalan los pilotos y la carga útil con DVB.

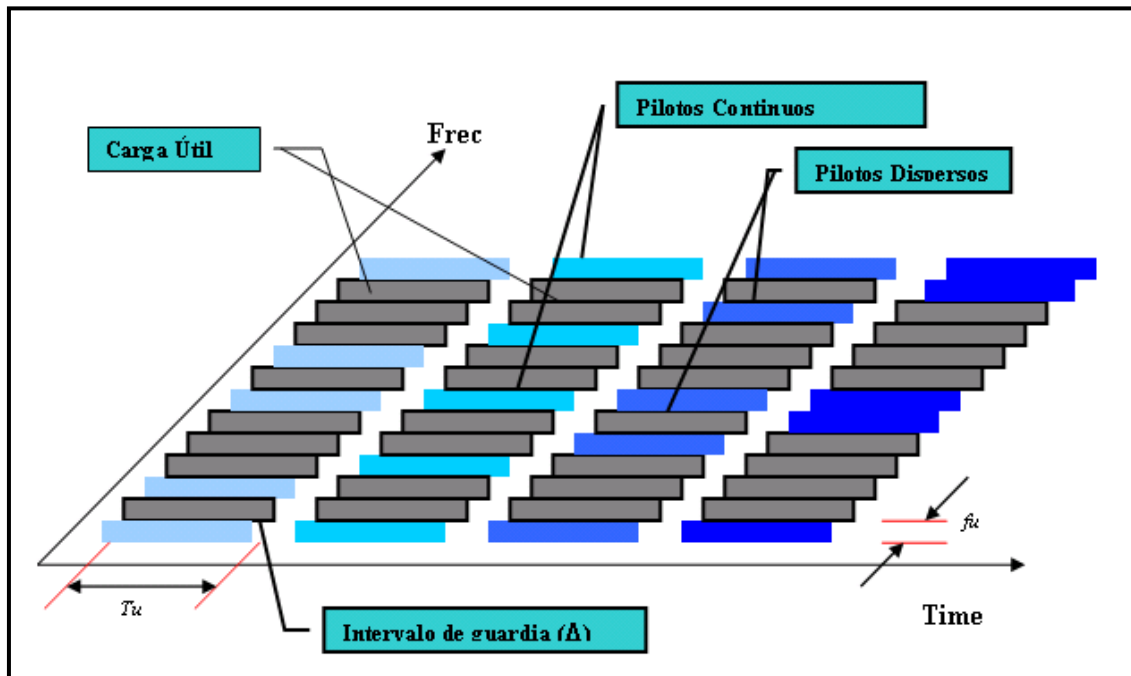


Figura 19. Símbolos COFDM.

### 2.3.2.2 Transmisión jerárquica en DVB

En el sistema DVB, es posible configurar el sistema para que parte de la información sea transportada con una robustez mayor que la restante (con o sin el costo de una menor tasa de transmisión de aquel subconjunto). Esta configuración es llamada de “transmisión jerárquica”.

La técnica adoptada para la transmisión jerárquica es, en el modo 16 – QAM o 64 – QAM, desplazar los dos bits más significativos de cada palabra para la trama más robusta, y los restante (2 ó 4 bits) para la trama menos robusta. Adicionalmente se puede establecer valores diferentes de FEC (relación de código convolucional en la etapa entrelazamiento interno) para las dos tramas. Con eso, se consiguen diferentes grados de robustez para ellas.

Del lado de la recepción, el receptor deberá decodificar una de las dos tramas, eso significa que podría ser transmitido un mismo programa en dos diferentes niveles de resolución por ejemplo, HDTV (televisión de alta definición) y SDTV (televisión estándar) o dos programas totalmente diferentes.

En el ejemplo del mismo programa en dos niveles diferentes, el SDTV, que posee un menor volumen de información, podría ser transmitido en el modo mas robusto, posibilitando su recepción incluso en terminales móviles, al paso que el HDTV, operando en el modo menos robusto, podría ser captado, por ejemplo, solamente a través de antenas fijas.

### **2.3.2.3 Formatos de imagen DVB**

#### *Parámetros para el barrido de imágenes (DVB para SDTV)*

- 576 líneas por cuadro.
- 720 muestras de luminancia por línea.
- 1036800 muestras de luminancia por segundo para 25 Hz.

#### *Parámetros para el barrido de imágenes (DVB para HDTV)*

- 1152 líneas por cuadro.
- 1920 muestras de luminancia por línea.
- 66355200 muestras de luminancia por segundo para 30 Hz.

Para el caso de barrido a 25 o 30 Hz en HDTV según las últimas recomendaciones dadas por la ITU y DAVIC (Digital Audio Video Council)

Se especifica un número total de:

- 1080 líneas por cuadro.
- 1920 muestras de luminancia por línea

Las normas DVB han sido diseñadas para los tres métodos principales de comunicación. DVB – S, DVB – C y DVB – T. Este último método es totalmente compatible y, por lo tanto, puede combinarse con los otros dos. Además permite la recepción en televisiones móviles y el uso de antenas portátiles para conectar sobre el aparato receptor.

### **2.3.3 NORMAS DVB**

Al comienzo de los años noventa, se estaba dando un cambio en la industria de la difusión satelital europea, y esto daba la pauta para que todos los sistemas migren a tecnologías digitales. Se puso claro que el satélite y el cable entregarían las primeras transmisiones y servicios de difusión para televisión digital. La menor cantidad de problemas técnicos, un clima regulador más simple y las prioridades del mercado significaron que ellos pudieran desarrollarse más rápidamente que los sistemas terrestres. Lo que conllevaría que posteriormente se desarrolle la radiodifusión terrestre.

#### **2.3.3.1 DVB – T**

El sistema europeo esta basado en las especificaciones del DVB - T (Digital Video Broadcast - Terrestrial), realizadas en el ETSI, y recogidas en el documento ETS 300744 de marzo de 1997. Dicho estándar ha sido adoptado por los países europeos, Australia y otros.

Como se recoge en la propia norma, el desarrollo de DVB – T se basó en un conjunto de requisitos de usuario producido por el Módulo Comercial (Comercial Module) del proyecto DVB. Los miembros del DVB contribuyeron al desarrollo técnico del DVB – T a través del DTTV – SA (Digital Terrestrial Television – System Aspects), grupo de trabajo del Módulo Técnico (Technical Module). Proyectos europeos como SPECTRE, STERNE, HD – DIVINE, HDTVt, dTTb, y otras organizaciones desarrollaron hardware del sistema y resultados, que eran comunicadas al DTTV – SA.

Una de las principales características de DVB – T es el empleo de paquetes MPEG – 2, lo cual implica que es transportable cualquier información que sea digitalizable (video, audio, multimedia, etc). Además, se incluyen las especificaciones un conjunto de canales de retorno para los usuarios con objeto de interactuar con los servicios digitales recibidos.

El sistema se define como un bloque funcional que realiza la función de adaptación de la señal de televisión en banda – base de la salida del mux del transporte MPEG – 2 a las características del canal terrestre de transmisión. En la figura 20 se puede ver los bloques del sistema.



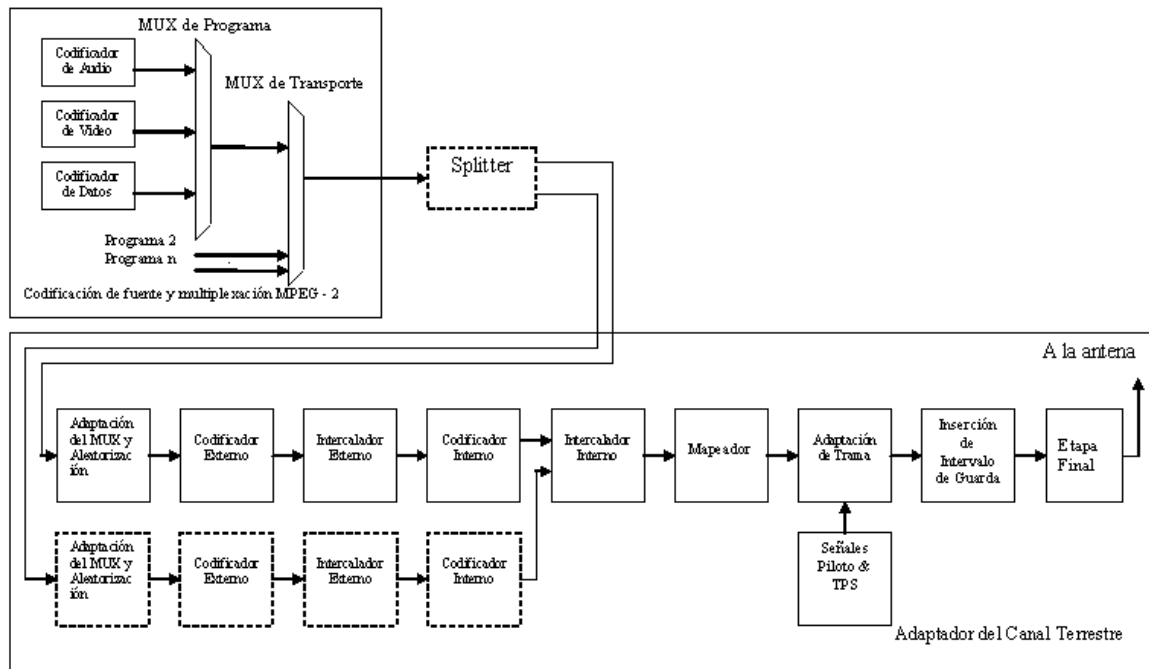
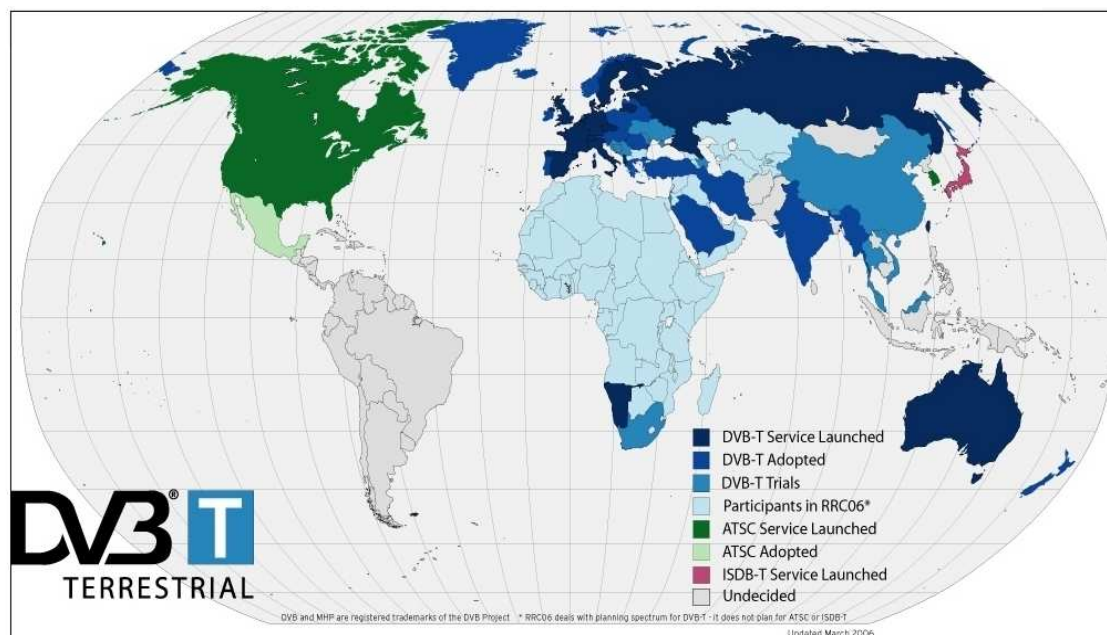


Figura 20. Bloques del sistema DVB - T

DVB-T se consideraba más complejo, ya que se pensaba que debía solucionar diferentes problemas como ruido y ambientes de banda ancha, y trayectorias múltiples. El sistema tiene varias dimensiones de receptor "receptor ágil" dónde se requiere que éste tenga la capacidad de adaptar su decodificación según la señalización. El elemento importante es el uso de OFDM. Existen dos modos de transmisión: el modo 2K portadoras con modulación QAM y el modo 8K portadoras también con QAM. 8K permite una mayor protección frente a trayectorias múltiples, mientras que 2K puede ofrecer ventajas como el efecto Doppler<sup>17</sup> conveniente para receptores en movimiento.

A continuación en la figura 21 se muestra como DVB – T se está desarrollando alrededor del planeta.



**Figura 21.** Desarrollo de DVB – T en el planeta.

<sup>17</sup> **Doppler.** Alteración de frecuencia (o la longitud de onda) producida por el movimiento relativo entre la fuente emisora y el receptor.

### 2.3.3.2 DVB – S y DVB – C

El sistema DVB-S para transmisión digital satelital se desarrolló en el año de 1993, mediante pruebas realizadas en el ETSI, y recogidas en el documento ETS 300421. Es un sistema relativamente confiable que usa modulación QPSK. Las especificaciones describen las diferentes herramientas para codificar canales y protegerlos de errores, que se usó después para otros sistemas de entrega de información.

De igual manera el sistema DVB-C para las redes de cable digital, se recoge en el documento ETS 300429 desarrollado en 1994. Se centra en el uso de modulación 64 QAM, y para el ambiente europeo de transmisión vía cable y satelital se puede, si es necesario, transmitir una canal satelital completo multiplexado en un canal de cable.

A continuación se describen los aspectos relevantes de los sistemas que se han estandarizado, los requisitos estipulados por el Cable y Satélite y, la descripción de la solución proporcionada por las especificaciones de DVB.

Las aplicaciones potenciales de la transmisión digital se reconocen por ser numerosas, y aunque no es posible considerar los requisitos para todo los desarrollos futuros, se ha tenido cuidado para evitar la exclusión de las nuevas aplicaciones como los servicios interactivos. En el contexto de cable, se ha tomado las diferentes tecnologías de transmisión y arquitecturas de las redes, y los diferentes medios de transmisión (por ejemplo: transmisión vía microonda, cable coaxial, fibra óptica) usados para llevar programación de cable en la cabecera. La retransmisión en redes terrestres no han sido excluidas (los requisitos para el usuario para la transmisión primaria sobre redes terrestres son responsabilidad de DVB Modulación Comercial Terrestre)

Con el objetivo de establecer en el año de 1995 estos servicios, una recopilación de especificaciones del proyecto fueron desarrolladas por el Departamento Técnico de DVB, con el respectivo acuerdo entre los grupos de

servicios de Cable y Satélite, todos estos sometidos a la dirección de la EBU/ETSI para el progreso en la creación de los estándares de telecomunicación europea. ETS 300421 (DVB - S) especifica una fuente de codificación y multiplexación que usa ISO/IEC 13818 (MPEG - 2), dentro de las especificaciones también se incluye la codificación y modulación de canales para los sistemas de entrega satelital y cable, que han sido desarrollados por dicho departamento técnico. Todas estas normas se han definido para permitir la máxima homogeneidad entre los medios de comunicación. Estos grupos, también toman en cuenta el precio y restricciones de tiempo.

#### *2.3.3.2.1 Requerimientos obligatorios*

##### *2.3.3.2.1.1 Codificación de fuente*

La fuente de codificación de video esta conformada principalmente por la especificación ISO/IEC 13818-2 (El video de MPEG - 2). La velocidad de código de video puede ser de hasta 15 Mbps y la resolución de luminancia full-screen (pantalla completa), puede tomar de 1 a 5 valores, de 352 píxeles por 288 líneas a 720 píxeles por 576 líneas. La calidad de video depende sobre todo del bit - rate (velocidad de código) y la resolución, escogidas por el programador, y puede ir en un rango de calidad que va desde VHS (Video Home System) hasta la calidad que se posee en un estudio de video.

El sistema soporta dos formatos de cuadro que son 4:3 y 16:9 caracterizados por el parámetro de relación de aspecto de la información en el flujo de bits de video de MPEG - 2 como se especifica en A001 y ETR 154<sup>18</sup>. Los vectores pan<sup>19</sup> dinámicos y el sobremuestreo son usados para permitir a una pantalla 4:3 dar un despliegue de full-screen de una porción seleccionada de un cuadro codificado 16:9 con su correcta relación de aspecto. La sintaxis de video

---

<sup>18</sup> **ETR 154**, Reporte Técnico creado por ETSI, Guía de implementación para el uso de sistemas MPEG - 2 video y audio en satélite aplicaciones para transmisión vía cable y terrestre.

<sup>19</sup> **VECTORES PAN**, Describen geométricamente una imagen teniendo la capacidad de permitir a un sistema desplegar distintas partes de una imagen sin cambiar la escala.

de MPEG – 2 permite tener un vector pan con una resolución de 1/16 píxeles por cada trama de video.

Por otra parte, la fuente de codificación de audio se conforma por cualquiera de las dos capas, la capa I o la Capa II de ISO/IEC 13818-3 (MPEG - 2 audio). En el caso de codificar en Capa II, el bit - rate puede tomar uno de 14 valores en un rango de 32 a 384 kbps. La calidad de audio al igual que el video dependen mucho del bit - rate y el modo audio escogido por el programador, y puede ir en un rango de calidad que va desde la monofónica hasta la full-quality 5 -channel surround sound (calidad full de 5 canales con sonido surround) aunque algunos IRDs<sup>20</sup> pueden utilizar sólo el elemento esencial que es la información estereofónica de un sonido surround.

La sincronización del audio y video es especificado por “timestamps”<sup>21</sup> en el Flujo de Transporte MPEG – 2, en conformidad con ISO/IEC 13818-1 (Sistemas MPEG - 2). La diferencia total en el retraso del audio-video puede mantenerse muy debajo del nivel de percepción debido a la fina segmentación del timestamps (aproximadamente 40 nseg). Ninguna diferencia en el retraso adicional debe introducirse por un sistema de acceso condicional al que se le aplica el Nivel de Flujo de Transporte.

Para la transmisión satelital DTH<sup>22</sup> los requerimientos son solo para aplicaciones que envuelve un up-link por transpondedor con el objeto de permitir el uso de antenas de plato tan pequeñas como sea posible para la recepción de DTH. De igual forma DVB – S recoge la misma idea para sus aplicaciones de transmisión.

---

<sup>20</sup> **IRD**, Integrador, receptor y decodificador para la recepción de transmisiones de voz, video y datos.

<sup>21</sup> **Timestamps**, marcas de tiempo.

<sup>22</sup> **DTH**, Direct to Home, Directo a Casa, Receptor de programación satelital a través de una antena de plato personal ubicada en el hogar.

#### 2.3.3.2.1.2 *Sistema de multiplexación*

Para la implementación de este tipo de sistemas se consideró varios aspectos que mejorarían la calidad y eficiencia del servicio.

Por tanto, se debe posibilitar la transmisión de flujo de datos separados (como define MPEG - 2), asociados o no a los servicios de televisión, para obtener así una gran variedad de aplicaciones. Los flujos de transporte MPEG – 2 son usados para proporcionar paquetes flexibles multiplexados en hasta 213 flujos elementales diferentes que pueden estar o no relacionados. Estos flujos de datos pueden incluir video, audio, acceso condicional, autorización, teletexto, transmisión de datos (software de un computador), imágenes fijas de alta calidad, etc. La configuración y lanzamiento de los flujos elementales en los servicios de televisión se lleva a cabo mediante el uso de tablas. Adicionalmente el único condicionante en estos servicios es el ancho de banda del medio de transmisión utilizado para transmitir.

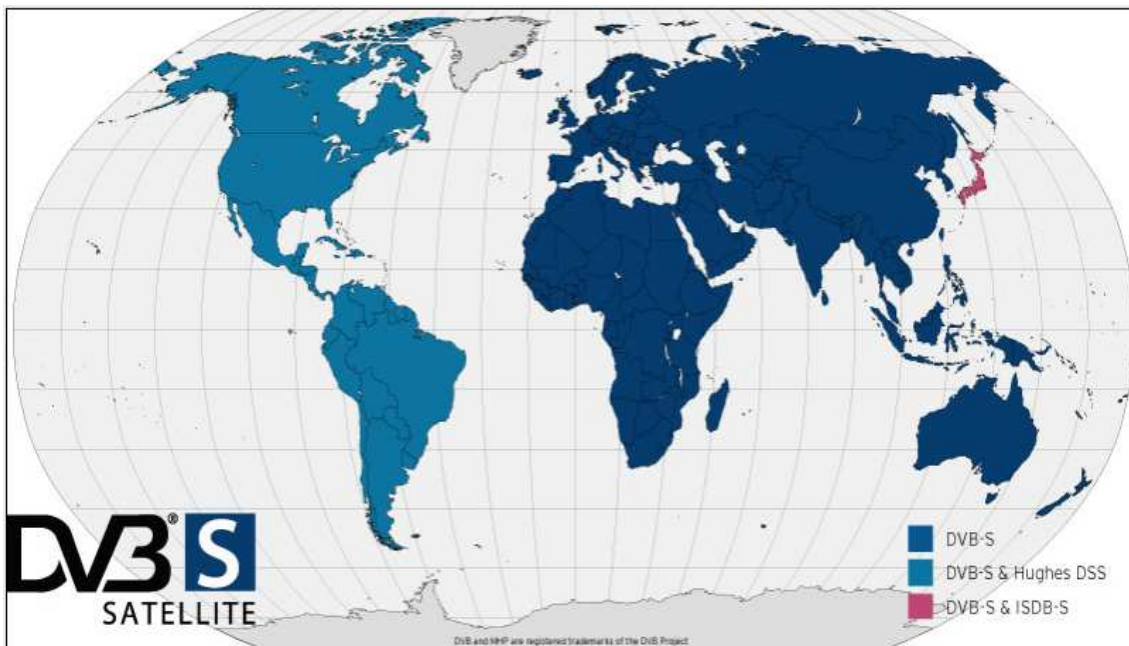
La posibilidad de multiplexación de datos empaquetados es esencial para la transmisión, así se garantiza en la recepción una decodificación más sencilla, por lo que el multiplexor debe utilizar este tipo de transmisión. Cada paquete que se multiplexa posee 188 bytes. Siendo posible decodificar un flujo de datos en particular, sin necesidad de decodificar todos los paquetes multiplexados que se transmitieron.

Los sistemas de multiplexación además deben permitir una fácil extracción e inserción de servicios o componentes de un servicio a nivel del multiplexor (dentro de las necesidades de la capacidad total del sistema). En particular, deben posibilitar la recombinación de servicios desde varios medios de comunicación dentro de un nuevo multiplexor sin necesidad de demultiplexarlos a todos y decodificar su fuente. Esto sin embargo involucra a los timestamps teniendo la necesidad de ser recalculados, si esto es necesario, para la transferencia de un medio a otro, posiblemente el costo será mas bajo y así podría evitarse la remultiplexación, por ejemplo, seleccionando un sistema de

transmisión satelital que es rápidamente transcodificado por un SMATV (Satellite Master Antenna Televisión, Antena de Televisión Master Satelital), sistemas de cable o MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System, Sistema de Distribución Multipunto de Multicanales).

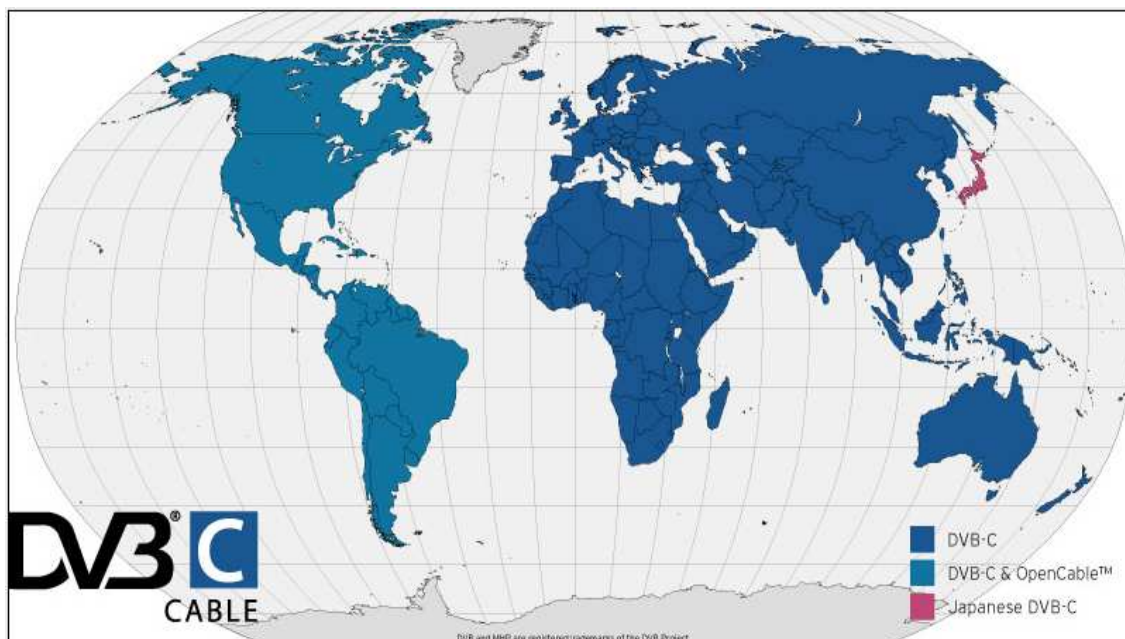
En general todas las señales que conforman la información que va a ser transmitida debe recibir un tratamiento que consta de: preparación de la información, entrelazado de la información y finalmente el paso a través de un filtro de Nyquist. Para la corrección de errores, se utilizará un código convulocional (codigo Red Solomon), asociado a un decodificador de Viterbi<sup>23</sup> toda esta combinación de técnicas conformarán nuestro canal de transmisión.

En las figuras 22 y 23 se muestra como DVB – S y DVB - C se están desarrollando alrededor del planeta respectivamente.



**Figura 22.** Desarrollo de DVB – S en el planeta.

<sup>23</sup> **Viterbi**, Código estándar de corrección de errores, utilizado para corregir bits errados en el receptor. La codificación Viterbi añade bits extra a la cadena de bits cerrada.



**Figura 23.** Desarrollo de DVB – C en el planeta.

### 2.3.3.3 Listado de documentos DVB

DVB-Cook	Guía para el uso de especificaciones y estándares de DVB	TR101 200
----------	--	-----------

### TRANSMISIÓN

DVB - S	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; estructura de la trama, codificación de canales, modulación para Servicios Satelitales en el rango de 11 a 12 GHz.	EN 300 421
	Transmisión Digital de Video (DVB); implementación de la modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying) en Sistemas de	TR 101 198



	Transmisión Satelitales.	
DVB - C	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; estructura de la trama, codificación de canales, modulación para Sistemas de Cable	EN 300 429
DVB - CS	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; Sistema de Distribución basados en SMATV	EN 300 473
DVB - MS	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; estructura de la trama, codificación de canales, modulación para Sistemas de Distribución de Video Multipunto a 10 GHz o valores superiores.	EN 300 748
DVB - MC	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; estructura de la trama, codificación de canales, modulación para Sistemas de Distribución de Video Multipunto bajo los 10 GHz.	EN 301 749
DVB - T	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; estructura de la trama, codificación de canales, modulación para Televisión Digital Terrestre.	ETS 300 744
	Guía para la implementación de Servicios Terrestres DVB y aspectos para la transmisión.	TR 101 190
DVB - SFN	Especificación de una Mega – Trama para sincronismo SFN.	TS 101 191

DVB - DSNG	Estructura de trama, codificación de canal y modulación para DSNG (Digital Satellite News Gathering) y otras aplicaciones que utilicen satélite.	EN 301 210
	Coordinación de canales asociados con DSNG.	EN 301 222
	Guía de usuario para DSNG y otras aplicaciones que utilicen satélite.	TR 101 221

### MPEG

DVB - MPEG	Sistemas de Transmisión Digital para televisión; guía de implementación para el uso de sistemas MPEG – 2; video y audio en aplicaciones de transmisión vía satélite y cable.	ETR 154
------------	--	---------

### MULTIPLEXACIÓN

DVB - SI	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; especificación para Servicios de Información (SI) en Sistemas de Transmisión Digital DVB.	ETS 300 468
	Guía para la implementación y el uso de servicios de información.	ETR 211
	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; asignación de códigos de servicios de información para Sistemas de Video de Transmisión Digital.	ETR 162

DVB – TXT	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; especificaciones para transportar sistemas para Teletexto ITU – R en flujos de bits DVB.	EN 300 472
DVB – DATA	Especificaciones para la transmisión de Servicios de Datos en flujos de bits DBV.	EN 101 192
	Guía de implementación para la transmisión de datos.	TR 101 202

### SUBTITULADOS

DVB - SUB	Sistemas de Transmisión Digital para televisión, sonido y servicio de datos; Sistemas Sub titulados.	ETS 300 743
-----------	--	-------------

### INTERFACES

DVB – CI	Especificación de Interfaces Comunes para acceso condicional y otras Aplicaciones con Decodificador de Transmisión Digital de Video.	EN 50221
	Guía para la implementación y uso de interfaces comunes para Aplicaciones con Decodificador DVB.	R 206 001
	Transmisión Digital de Video (DVB); Extensiones para las especificaciones de Interfaces Comunes (EN 50221).	TS 101 699
DVB – PI	Interfaces para Headends CATV/SMATV y Equipos Profesionales similares.	EN 50083-9
DVB – IRDI	Interfaz para DVB – IRDs.	EN 50201
	Interfaz para el Decodificador Receptor Integrado DVB (DVB - IRD).	TS 102 101
DVB – PDH	Interfaces DVB para redes PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona).	ETS 300 813

DVB – SDH	Interfaces DVB para redes SDH (Jerarquía Digital Sincrónica).	ETS 300 814
DVB – ATM	Interfaces DVB para redes ATM (Modo de Transmisión Asíncrona).	TR 300 815

### REDES PRIVADAS

DVB – HAN	Redes de Acceso Privado (HAN) con una Terminación Activa Telco de red.	TS 101 224
-----------	--	------------

### INTERACTIVIDAD

DVB – NIP	Protocolos Independientes de Red para Servicios Interactivos DVB.	ETS 300 802
	Guías para el uso de Protocolos Independientes de Red para Servicios Interactivos DVB.	TR 101 194
DVB – RCC	Canal Interactivo DVB para los sistemas de distribución de televisión por cable (CATV).	ETS 300 800
	Canal Interactivo DVB para los sistemas de distribución de televisión por cable (CATV).	ES 200 800
	Guía para la implementación y uso de las especificaciones para los Canales Interactivos DVB para los sistemas de distribución de televisión por cable (CATV).	TR 101 196
DVB – RCP	Canal Interactivo DVB a través de la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN) / Red Digital de Servicios Integrados (ISDN).	ETS 300 81
DVB – RCD	Canal Interactivo DVB a través de Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Reforzadas (DECT).	EN 301 193
DVB - RCL	Canal Interactivo DVB para Sistemas de Distribución LMDS.	EN 301 199
DVB – RCG	Canal Interactivo a través del Sistema Global	EN 301 195

	para Comunicaciones Móviles (GSM).	
DVB - RCCS	Canal Interactivo DVB para Sistemas SMATV; guías para la versión basada en secciones satelitales y coaxiales.	TR 101 201

# **CAPÍTULO 3**

## **ANÁLISIS TÉCNICO PARA DVB-H PARA TELEVISIÓN MÓVIL**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El proyecto Digital Video Broadcasting (DVB) comenzó como un trabajo de investigación relacionado con la recepción de señales (DVB - T), acompañando así a la introducción de servicios comerciales de televisión digital terrestre en Europa.

En el año 2000, el proyecto auspiciado por la Unión Europea denominado "Motivate" (Mobile Television and Innovative Receivers) concluyó que la recepción móvil de DVB-T es posible, pero esto implica tener redes dedicadas de transmisión, como tal los servicios móviles son más demandantes en robustez que las redes para recepción fija de DVB-T.

Más tarde en el 2002, otro proyecto auspiciado por la Unión Europea denominado "Multimedia Car Platform" (MCP) analizó el buen desempeño de las antenas de recepción en cuanto a su diversidad de espacio y frecuencia, mejorando así el rendimiento en recepción para permitir que un receptor móvil pueda tener acceso a señales de transmisión DVB-T para receptores fijos.

Cinco años más tarde DVB-T muestra la suficiente flexibilidad para permitir la utilización de los servicios de transmisión móvil en ciudades de Asia y Europa.

Pero durante estos cinco años, los hábitos de los consumidores evolucionaron, y cerca del 2002, la comunidad DVB se preguntó como proveer especificaciones técnicas para permitir la entrega de contenidos multimedia a terminales portátiles, una propiedad que ha desaparecido de la versión original de

DVB-T. Esto permite hacer posible la recepción de diferentes tipos de servicios de TV en un dispositivo pequeño y portátil como un teléfono móvil.

El trabajo para definir tal sistema dentro del proyecto DVB comenzó a principios del año 2002, primero definiendo un conjunto de requisitos comerciales para un sistema que soporte equipos portátiles. Este trabajo técnico resultó en un sistema denominado Digital Video Broadcasting – Handheld (DVB – H), el cual fue publicado por la ETSI como el Estándar EN 302 304 (Publicación EN 302 304 en el ANEXO 2) en Noviembre del 2004.

Cabe recalcar que para la creación de DVB – H, se han añadido nuevas funcionalidades al estándar DVB-T tanto en capa física como capa enlace.

## **3.2 SISTEMA DVB – T**

### **3.2.1 INTRODUCCION**

Sistema europeo basado en las especificaciones del DVB – T (Digital Video Broadcast - Terrestrial), realizadas en la ETSI, y recogidas en el documento ETS 300 744 de Marzo de 1997.

En este estándar la compresión de video es MPEG – 2, de acuerdo a las especificaciones de la norma ISO/IEC 13818-2. El audio se comprime de acuerdo al estándar MPEG – 2, norma ISO/IEC 13818-3. El protocolo de los paquetes de datos, Multiplex y sistema de transporte es MPEG – 2, de acuerdo a la norma ISO/IEC 13818 - 1. El sistema de modulación empleado en la transmisión es COFDM de múltiples portadoras.

Respecto al audio, el grupo DVB adoptó también el sistema de compresión Dolby AC – 3<sup>24</sup>. Este sistema de compresión de audio es utilizado por el estándar ATSC.

### 3.2.2 CARACTERISTICAS DEL CANAL TERRESTRE

Cuando se ha especificado la modulación para el sistema terrestre, se ha tomado en cuenta las características particulares del canal terrestre. Este canal es muy diferente de los canales satelital y cable.

- El canal terrestre puede ser deteriorado, por severos desvanecimientos multitrayecto debido al terreno y a edificios.
- El nivel de ruido producido por el hombre puede ser alto.
- En el congestionado espectro de frecuencias para la radiodifusión de TV, la interferencia es un factor crucial tanto para la TV digital como para la analógica.

Por lo tanto se requiere que el sistema trabaje bajo austeras condiciones de desvanecimiento multitrayecto, que permita la recepción móvil y además que permita la operación de Redes de Frecuencia Única (SFN).

Una red de frecuencia única (SFN) consiste de un número de transmisores usando la misma frecuencia para emitir programas idénticos en el área de cobertura. Esto puede ser considerado como un caso especial de un canal multitrayecto, donde las señales retrasadas entrantes pueden ser del mismo nivel de la señal directa, o incluso mayor. El sistema mas adecuado para tales

---

<sup>24</sup> **DOLBY AC – 3**, Digital Dolby, o AC-3, es la versión común que contiene hasta un total de 6 canales de sonido, con 5 canales de ancho de banda completa de 20 Hz - 20 kHz para los altavoces de rango-normal (frente derecho, centro, frente izquierdo, parte posterior derecha y parte posterior izquierda) y un canal de salida dedicada para los sonidos de baja frecuencia conocida como Low Frequency Effect, o subwoofer. El formato Dolby involucra usos Mono y Estéreo.



condiciones es un sistema COFDM, ya probado intensamente y en la operación para DAB (Digital Audio Broadcasting).

### 3.2.3 COFDM

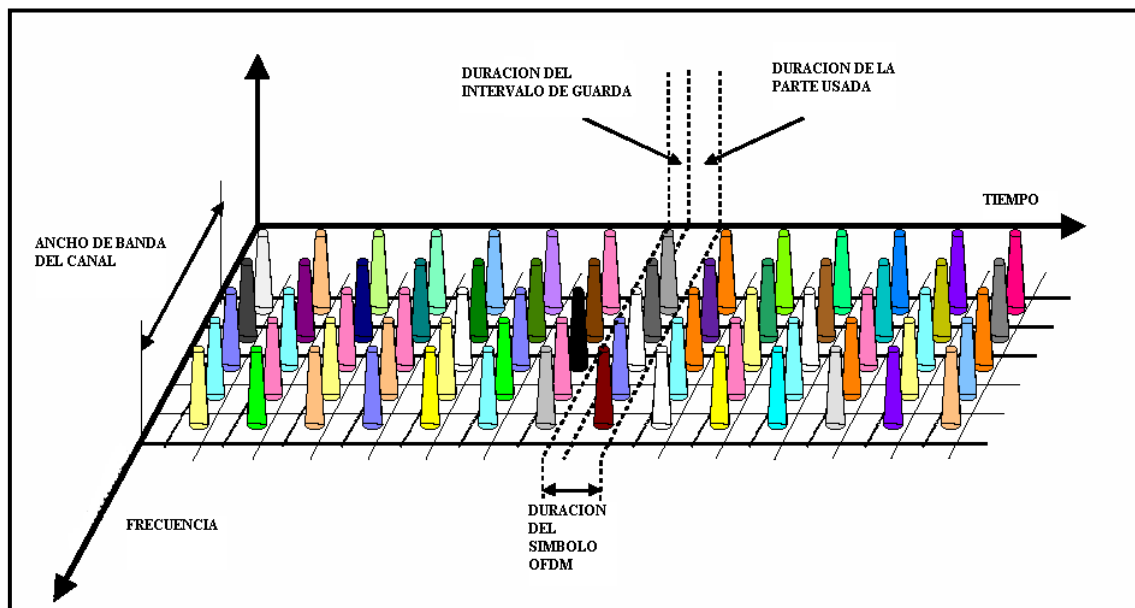
El estándar DVB – T emplea la modulación OFDM, ésta es una forma de transmitir una señal digital diferente a las usadas por una sola portadora, en efecto, el sistema utiliza una gran cantidad de portadoras para transmitir sobre cada una de ellas la información. El COFDM, exactamente, no es un método de modulación sino de multiplexación de señales moduladas en 64QAM<sup>25</sup> o QPSK<sup>26</sup>. Su principal característica es que permite una recepción de grandes anchos de banda de una manera robusta en entornos hostiles. Cuando la modulación OFDM (Multiplexado Ortogonal por División de Frecuencia) se emplea junto con codificación de canal para detección y corrección de errores, se designa como COFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal *codificada*).

COFDM es un sistema de transmisión en paralelo, es decir, varios datos son transmitidos en el mismo instante de tiempo por múltiples portadoras, que se eligen de forma que sean ortogonales entre sí, logrando, por lo tanto que cada portadora transporte sólo una tasa de bits moderada. La ortogonalidad de las portadoras puede ser mantenida siempre y cuando el canal no introduzca interferencia entre símbolos (ISI). En la práctica los canales siempre introducen ISI y para prevenirla se utiliza en esta modulación el concepto de intervalo de guarda, ver figura 24.

---

<sup>25</sup> **64QAM**, Quadrature Amplitude Modulation 64, técnica de modulación digital que involucra la variación simultánea de dos parámetros de la onda portadora: amplitud y fase; utiliza 6 bits para tener 64 posibles condiciones.

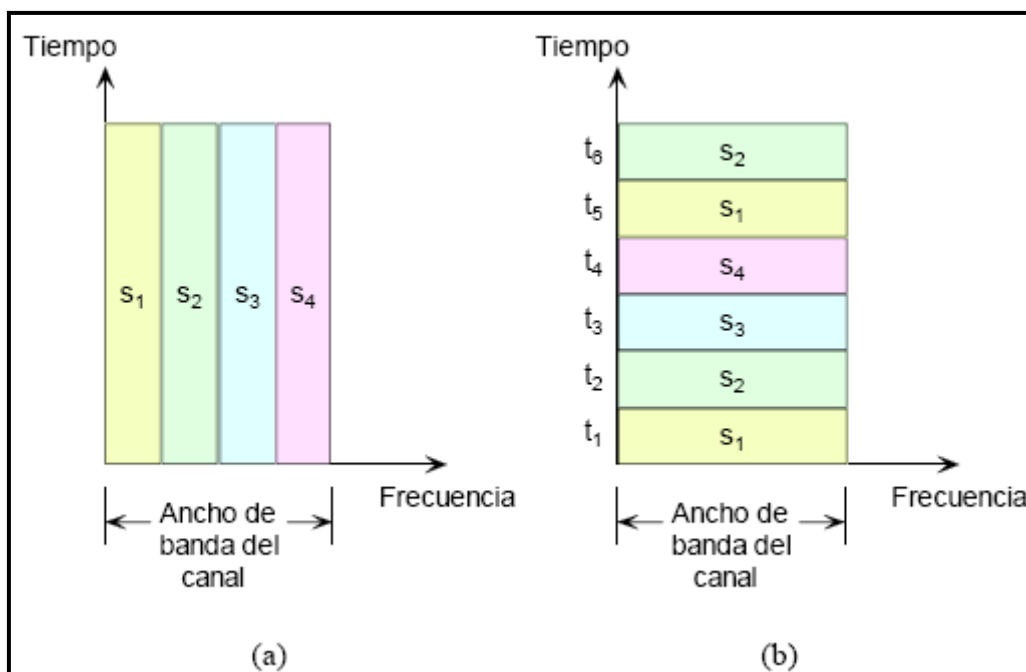
<sup>26</sup> **QPSK**, Quadrature Phase Shift Keying, técnica de modulación digital en la que la fase de la portadora es la única que cambia de acuerdo a la señal de datos en tanto que la amplitud de la portadora modulada se mantiene constante, para una señal modulada el número de fases correspondientes es 4 cada una de ellas transmitirá dos bits y estarán separadas 90 grados.



**Figura 24.** Inserción de subportadoras e intervalo de guarda.

### 3.2.3.1 Multiplexado por división de frecuencia (FDM)

El multiplexado, tanto en frecuencia como en tiempo, es una técnica que hace posible la transmisión de varias señales por un mismo canal de comunicación. En el FDM, cada señal utiliza una porción del ancho de banda total. En el multiplexado por división de tiempo (TDMA), cada señal utiliza todo el ancho de banda del canal, pero sólo en intervalos de tiempo definidos.



**Figura 25.** (a) Multiplexación en frecuencia, (b) Multiplexación en tiempo

En la figura 25 se ilustra la idea básica del multiplexado de cuatro señales  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  y  $s_4$ . En 25(a), cada señal ocupa una cuarta parte del ancho de banda total del canal, durante *todo* el tiempo (FDM) y en 25(b), cada una de las señales ocupa *todo* el ancho de banda del canal sólo durante un intervalo de tiempo (TDM). El multiplexado en frecuencia puede utilizarse tanto con señales analógicas como digitales, en tanto que el multiplexado en tiempo se utiliza principalmente para señales digitales. En el multiplexado en frecuencia, cada señal modula a una portadora diferente y la separación entre portadoras es, aunque no necesariamente, regular. Esta forma de multiplexado es muy utilizada en telefonía y, en el caso de televisión, la señal compuesta de vídeo, que contiene las componentes de luminancia y croma, está también multiplexada en frecuencia. Puesto que cada señal modula a una portadora diferente o *subportadora*, la separación entre subportadoras debe elegirse adecuadamente, para evitar solapamiento entre los espectros de señales adyacentes y cada señal puede utilizar un tipo de modulación diferente (AM-DBL, AM-BLU, FM, etc). Para garantizar la separación entre señales adyacentes, evitar la interferencia entre

ellas, y facilitar su separación y demodulación en el receptor, suele agregarse una *banda de guarda* entre bandas adyacentes, que no contiene ninguna señal.

Cuando se suman todos los espectros de las señales moduladas, se tiene una señal multiplexada, compuesta, que a su vez puede considerarse como la señal en banda base para modular, a su vez, a una portadora de RF. En el receptor, la señal recibida se demodula primero a RF para recuperar la señal compuesta en banda base y luego se filtra para separar las señales moduladas individuales. A continuación, cada una de estas señales se demodula individualmente utilizando subportadoras generadas localmente en el receptor, para extraer las señales originales en banda base.

### 3.2.3.2 Modulación ortogonal

Se dice que dos señales son ortogonales en un intervalo  $[t_1, t_2]$  cuando cumplen la condición,

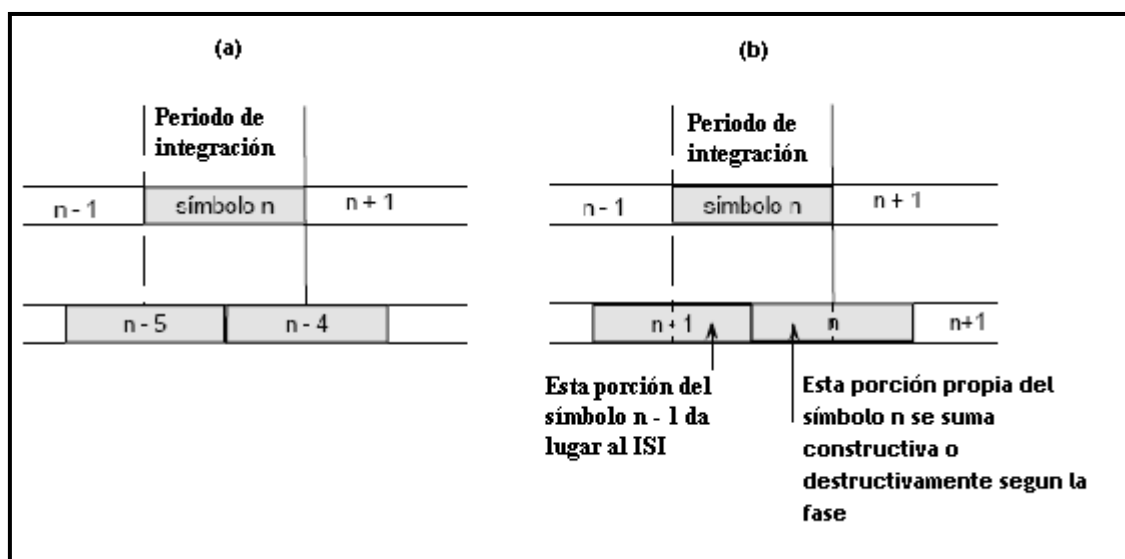
$$\int_{t_1}^{t_2} f(t)g(t)dt = 0 \quad (1)$$

Cuando dos señales son ortogonales, es posible hacer que utilicen simultáneamente el mismo ancho de banda sin interferirse entre sí. El caso más simple es el de la modulación de dos señales en cuadratura de fase.

### 3.2.3.3 Interferencia por efectos multitrayecto

En términos simples, en el caso de comunicaciones analógicas los efectos multitrayecto dan lugar a desvanecimientos más o menos severos de la señal recibida o a efectos tales como imágenes “fantasma” en televisión. En comunicaciones digitales estos efectos se traducen en interferencia entre símbolos (ISI) y en la consiguiente destrucción de la información.

Supóngase un sistema radioeléctrico en que se tiene una portadora modulada digitalmente por símbolos consecutivos, cada uno de longitud  $N$  bits y duración  $T_s$  (tiempo de duración de símbolo) y que la señal llega al receptor por dos trayectos diferentes, de distinta longitud, de modo que una señal llega primero y la otra con un retraso equivalente a  $4.5T_s$  como se ilustra en la figura 26(a). Este retraso da lugar a que en el receptor esté presente el símbolo  $n$  durante el período de integración, es decir de demodulación, simultáneamente con porciones de los símbolos cuarto y quinto previos,  $n-4$  y  $n-5$ , que se comportarán como señales interferentes sobre el símbolo deseado. Si el retraso introducido por el segundo trayecto es inferior a  $T_s$ , se dará una situación similar a la que se ilustra en la figura 26(b). La porción del símbolo  $n-1$  presente durante el período de integración actuará también como interferencia, en tanto que la porción retrasada del propio símbolo  $n$  se sumará consigo mismo de forma constructiva o destructiva, según sea la fase entre la porción directa y la retrasada.



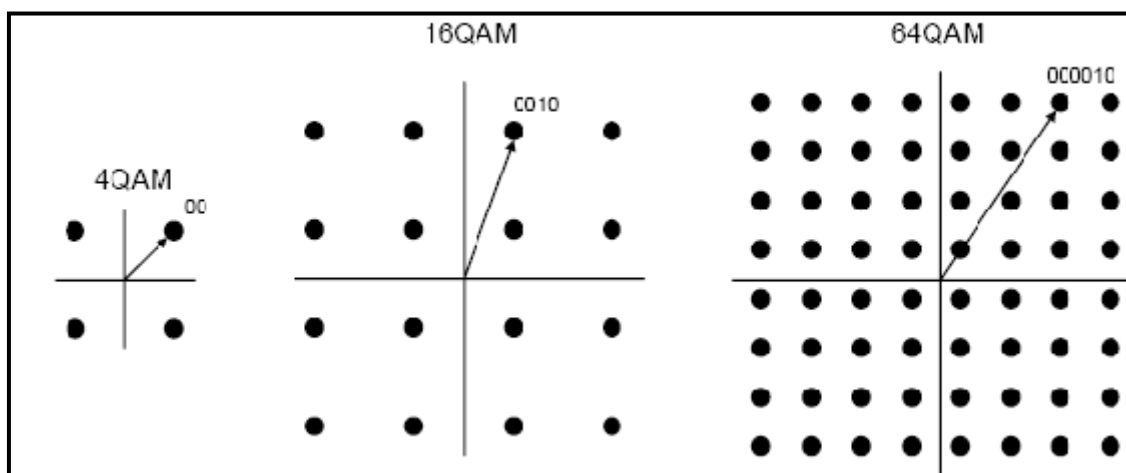
**Figura 26.** Forma en que se produce interferencia entre símbolos

Aún cuando el retardo sea menor a la duración de un símbolo, se mantiene, en mayor o menor escala, interferencia entre símbolos debido a la presencia del símbolo previo. Esto podría eliminarse si el período durante el que se produce cada símbolo se hace mayor que el período durante el cual el receptor

realiza la integración de la señal, lo que sugiere la conveniencia de utilizar un *intervalo de guarda* (El *intervalo de guarda* se refiere al dominio del tiempo y no debe confundirse con la *banda de guarda* en el dominio de frecuencia).

### 3.2.3.4 Constelaciones básicas

Para conseguir la modulación OFDM los datos de entrada se “mapean” en símbolos OFDM, lo que significa que modulan a cada una las subportadoras individuales. Esta modulación puede ser de diferentes tipos, pero en el sistema DVB-T las constelaciones contempladas son 4QAM, 16QAM y 64QAM, que se ilustran en la figura 27.



**Figura 27.** Constelaciones usadas en DVB – T

Dependiendo de la constelación utilizada, cada subportadora transportará 2, 4 u 6 bits de información. Cada punto de la constelación se puede representar por un número complejo. Así, la primera etapa en el proceso de modulación OFDM es el de mapear los grupos de 2, 4 u 6 bits en las componentes real e imaginaria que corresponden al número complejo en la constelación. Cada constelación tiene una robustez propia con respecto a la relación C/N mínima que puede tolerar para una demodulación correcta. En términos aproximados, 4QAM es de cuatro a cinco veces más robusta que 64QAM. Estos números complejos

corresponden a una representación en el dominio de la frecuencia y para trasladarlos al dominio del tiempo es necesario aplicar la transformada inversa de Fourier. Estos dos procesos, el mapeo del flujo binario de entrada en símbolos complejos de la constelación y su transformación inversa bajo Fourier, constituyen la primera parte del proceso de modulación OFDM.

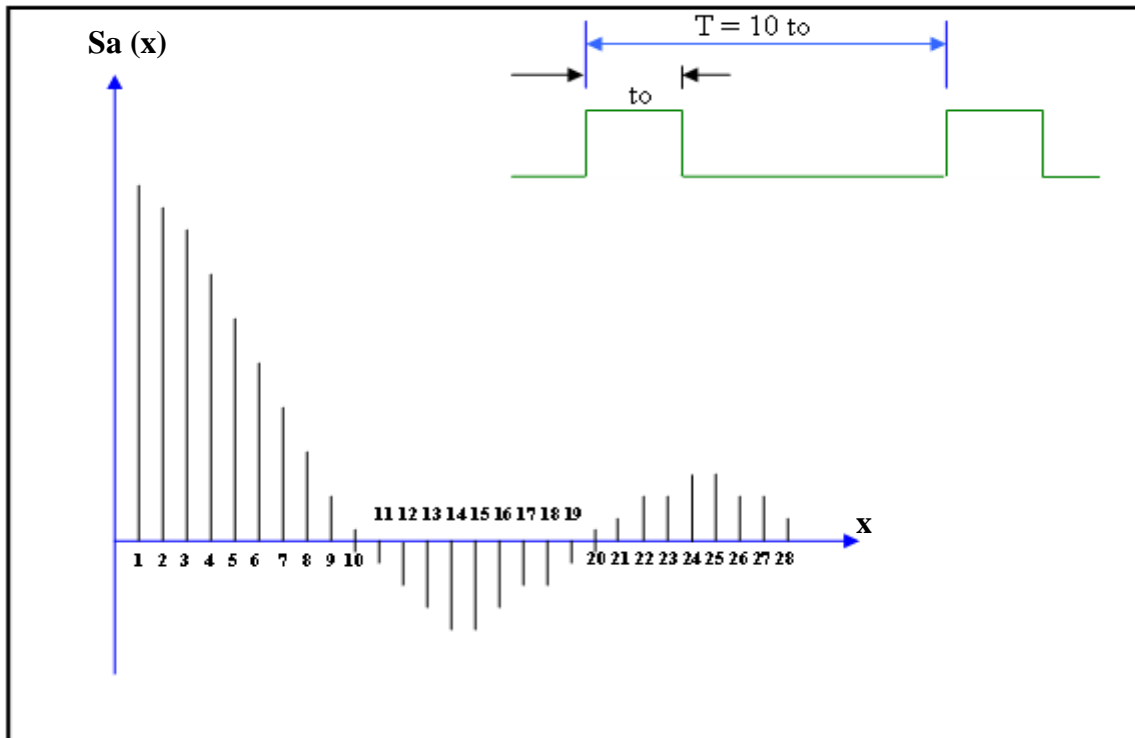
### 3.2.3.5 Teoría básica de OFDM

Multiplexación por división de frecuencia ortogonal, la ortogonalidad es necesaria para que los espectros de las sucesivas portadoras pulsantes no se interfieran entre sí debido a la superposición de sus espectros infinitos. En efecto, la ortogonalidad significa que cuando el espectro de una señal se encuentra en un máximo, el espectro de la portadora adyacente pasa por cero y no se interfiere con su vecina.

El intervalo de guarda mejora la Interferencia Inter Símbolo (ISI) causada por ecos multitrayectos, la Interferencia Inter Carrier (ICI) se mejora con la ortogonalidad de las portadoras.

Para comprender la ortogonalidad de las portadoras es necesario recordar el espectro de una señal pulsante (Figura 28), téngase presente que la envolvente del mismo es una señal del tipo  $\frac{\text{sen}(x)}{x}$ .

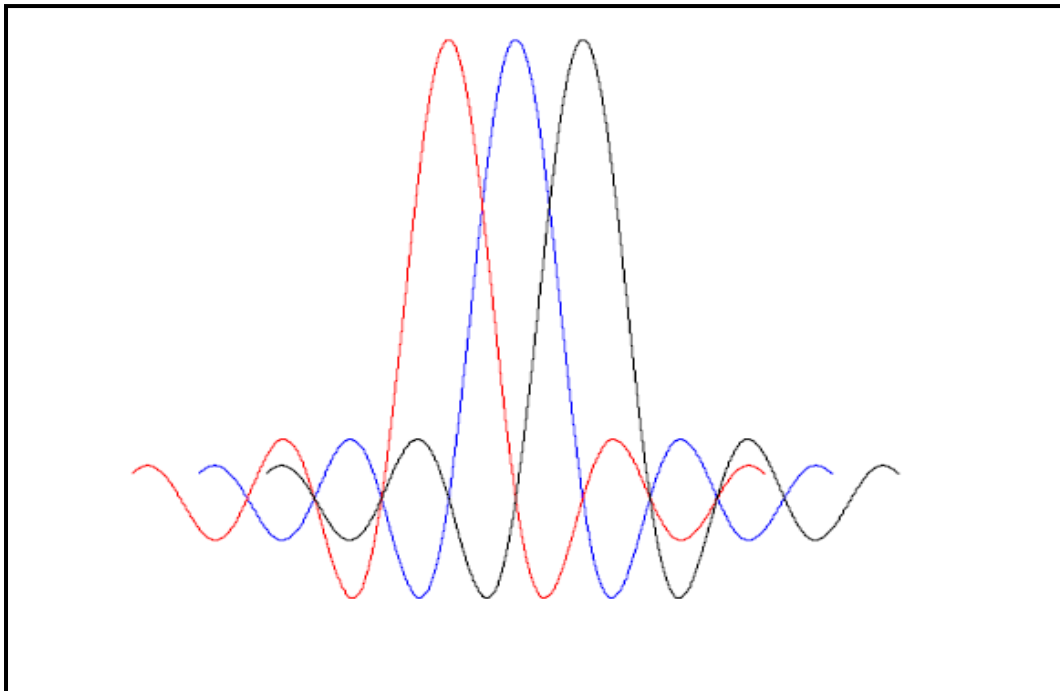
El punto donde el espectro se hace cero es la inversa de la duración del pulso, que es la distancia a las que deben encontrarse las portadoras para que no se interfieran entre sí, mientras que las diferentes componentes del espectro se encuentran separadas a una distancia que es la inversa del periodo del pulso. Esta propiedad se llama ortogonalidad y es la que hace posible el OFDM. La ortogonalidad se logra porque la separación entre portadoras es  $1/T_u$  ( $T_u$ , periodo de integración).



**Figura 28.** Espectro de una señal pulsante, la separación entre las armónicas es la inversa del período  $T$

El espectro de OFDM está constituido por miles de portadoras moduladas en QAM y ortogonales entre si (Figura 29), esto significa que cualquier portadora individual puede extraerse sin la interferencia de las otras portadoras, obviando la necesidad de un filtro analógico.





**Figura 29.** Espectro OFDM

Además, a causa de que las portadoras son ortogonales, cualquier portadora puede ser sacada de la serie y la ortogonalidad permanece. Esto da la posibilidad de cortar ranuras en el espectro. Esta propiedad es usada, en los casos de interferencia co - canal con señales analógicas donde las portadoras analógicas interferentes caen en lugares precisos correspondientes a ranuras que pueden ser cortadas. Igualmente las portadoras superiores e inferiores de la serie pueden ser cortadas para disminuir la interferencia de canales adyacentes.

En lo que respecta al intervalo de guarda, cabe indicar que la ortogonalidad no se mantiene durante el intervalo de guarda pero sí durante el periodo activo del símbolo.

Todo el paquete de portadoras ortogonales moduladas en 64QAM se genera usando la Transformada Inversa Rápida de Fourier (IFFT) y se recupera usando su opuesta, la Transformada Rápida Directa de Fourier (FFT). El nombre 2K y 8K está dado por el tamaño del IFFT/FFT requerido.

El método OFDM emplea  $N$  portadoras, por lo que se requieren, por lo menos,  $N$  muestras complejas en tiempo discreto para representar al símbolo OFDM. Estas muestras en el dominio del tiempo  $(0, 1, \dots, N-1)$  son el resultado de una subportadora  $k$  modulada con un símbolo  $C_k$ , de la información, dentro de un símbolo OFDM y pueden expresarse como:

$$S_{k-ofdm}[n] = \frac{C_k}{N} e^{j\frac{2\pi kn}{N}} \quad (2)$$

Donde:

$S_{k-ofdm}$  = Señal subportadora  $k$  OFDM en función del índice de la muestra.

$N$  = número de subportadoras y muestras en el dominio del tiempo utilizadas.

$n$  = índice de la muestra en el dominio del tiempo.

$k$  = índice de la subportadora.

$C_k$  = amplitud y fase de la información a transmitir.

Tanto  $C_k$  como  $k$  son constantes para una subportadora dada durante el período de un símbolo OFDM. De la ecuación (2) se ve que las  $N$  muestras complejas para la subportadora  $k$  giran exactamente  $k$  círculos en el plano complejo durante el período útil de un símbolo OFDM. El símbolo completo, en el dominio del tiempo, se construye a partir de las  $N$  subportadoras superponiendo sus ondas:

$$S_{n-ofdm}[n] = \sum_{k=0}^{N-1} S_{k-ofdm}[n] \quad (3)$$

Donde:

$S_{n-ofdm}$  = Símbolo completo OFDM, compuesto por la sumatoria de las  $N$  subportadoras moduladas.

Los coeficientes  $C_k$  son complejos, con lo que, de hecho, representan a la señal en el dominio de la frecuencia. Para trasladar dicha señal al dominio del tiempo, es necesario aplicar, en el modulador, la transformada inversa de Fourier, de hecho la transformada inversa rápida. En el receptor de DVB-T se aplica la transformada rápida directa de Fourier al símbolo OFDM en el dominio del tiempo. La señal original transmitida se reconstruye comparando cada subportadora con una de referencia, de amplitud y fase conocidas y de igual frecuencia:

$$S_{k-ref}[n] = 1 \times e^{j \frac{2\pi k n}{N}} \quad (4)$$

Donde:

$S_{k-ref}$  = Señal de referencia conocida en el receptor.

Como consecuencia de la ortogonalidad de las  $N$  subportadoras, el resultado de la comparación es cero en la FFT para cualquier subportadora distinta a la de referencia.

$$\sum_{n=0}^{N-1} \frac{S_{l-ofdm}[n]}{S_{k-ref}[n]} = C_k' \quad \text{si } l = k$$

$$= 0 \quad \text{si } l \neq k \quad (5)$$

Donde:

$S_{k-ref}$  = Señal de referencia conocida.

$S_{I-ref}$  = Señal subportadora distinta o igual a la de referencia.

Donde  $C'_k$  representa la amplitud y fase de la señal de información recibida.

Si en el receptor se recibe una señal retrasada en el tiempo por  $\Delta$  muestras complejas, la ecuación (2) puede expresarse como:

$$S_{k-ofdm}[n] = \frac{C_k}{N} e^{\frac{j2\pi k(n-\Delta)}{N}} \quad (6)$$

Y la salida de la FFT se expresa ahora como:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \frac{S_{ofdm}[n]}{S_{k-ref}[n]} = C'_k e^{\frac{j2\pi k \Delta}{N}} \quad (7)$$

### 3.2.3.6 Empleo de la transformada rápida de Fourier (FFT)

La Transformada Rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform), es un eficiente algoritmo que permite calcular la [transformada de Fourier discreta](#) (DFT) y su inversa. La FFT es de gran importancia en una amplia variedad de aplicaciones, desde el [tratamiento digital de señales](#) y [filtrado digital](#) en general a la resolución de [ecuaciones diferenciales](#) parciales o los [algoritmos](#) de multiplicación rápida de grandes enteros. La expresión que define FFT esta dada por la ecuación 8.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N}kn} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (8)$$

La Transformada de Fourier discreta inversa esta definida en la ecuación 9.

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j \frac{2\pi k n}{N}} \quad n = 0, \dots, N - 1.$$

(9)

En DVB-T se contemplan dos esquemas de modulación, uno con 2048 portadoras, designado como 2K y otro con 8192 portadoras (8K). El utilizado actualmente es el 2K. La modulación OFDM evita el empleo de filtros, a causa de la ortogonalidad de las señales y, en la práctica se trabaja con la señal recibida en forma muestreada, lógicamente por encima de la frecuencia de Nyquist. En estas condiciones, el proceso de integración se convierte en uno de suma y todo el proceso de demodulación es idéntico a una transformada directa de Fourier.

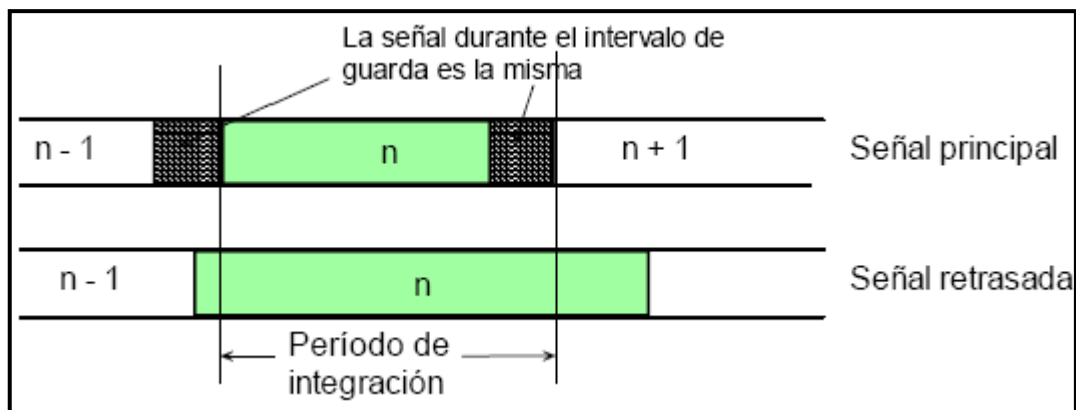
En la actualidad hay disponibles numerosos circuitos integrados que permiten realizar estas operaciones, con lo que la implementación práctica del modulador y demodulador OFDM resulta “relativamente fácil”.

### 3.2.3.7 Preservación de la ortogonalidad: intervalo de guarda

Las subportadoras están moduladas por señales representadas por números complejos, que cambian de un símbolo a otro. Si el período de integración en el receptor se extiende a una duración de dos símbolos, como en el caso de señales retrasadas mencionadas en la sección 3.2.3.3, no solamente habrá ISI sobre la subportadora correspondiente al símbolo que se pretende integrar, sino que además habrá interferencia entre subportadoras (ICI)<sup>27</sup> y, como consecuencia, destrucción de la información. Para evitar esta situación, se agrega un intervalo de guarda, como se muestra en la figura 30.

---

<sup>27</sup> ICI, Inter-Carrier Interferente, Interferencia entre Portadoras.



**Figura 30.** Adición del Intervalo de Guarda

La duración del símbolo se aumenta de modo que exceda el período de integración del receptor ( $T_u$ ), además durante  $T_u$  todas las portadoras son cíclicas, lo que implica que la señal modulada completa aumente su duración y también sea cíclica. Por ello, el segmento que se añade al inicio del símbolo para formar el intervalo de guarda, es idéntico al segmento de la misma longitud al final del símbolo. En tanto que el retardo sufrido por la señal a lo largo de cualquier trayecto, con respecto al trayecto más corto será menor que el intervalo de guarda, todas las componentes de la señal durante el período de integración proceden del mismo símbolo y se satisface así la condición de ortogonalidad. La interferencia entre símbolos o entre portadoras ocurrirá solamente cuando el retardo relativo exceda la duración del intervalo de guarda.

El intervalo de guarda se elige de acuerdo al retardo esperado en el medio particular de propagación en que se lleva a cabo la comunicación. Por ejemplo en entornos en el interior de construcciones, el retardo o mejor dicho, la *dispersión de retardo* puede llegar a unas decenas de nanosegundos, en tanto que en entornos exteriores, en que las distancias son relativamente grandes, la dispersión de retardo puede alcanzar hasta  $50 \mu\text{s}$  o más. Puesto que la inserción del intervalo de guarda reduce la tasa binaria efectiva, no debe consumir una fracción importante de la duración del símbolo, ya que de otra forma reduciría considerablemente la tasa binaria y la eficiencia espectral. En radiodifusión digital de audio (Digital Audio Broadcasting), el intervalo de guarda utilizado es de  $0.246T_u$ .

En DVB-T hay varias opciones de las que el mayor intervalo es de  $0.25T_u$ . Durante el período del intervalo de guarda, el receptor ignora la señal recibida.

El intervalo de guarda extiende la duración del símbolo transmitido y, por consecuencia, reduce ligeramente el caudal binario efectivo. La duración del intervalo de guarda en el sistema DVB puede tener valores de  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$  o  $1/32$  del intervalo total del símbolo. Cuanto mayor sea el intervalo de guarda menor será la interferencia causada por los efectos multitrayecto.

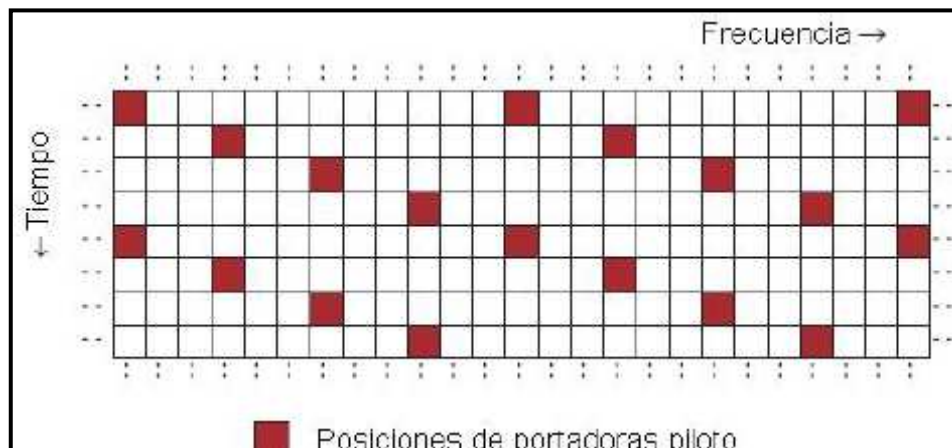
La ortogonalidad se restaura en el receptor integrando la señal demodulada sobre el intervalo del símbolo útil. Para ecos de duración menor a la del intervalo de guarda, el receptor puede encontrar un intervalo de duración  $T_u$  en que no haya transiciones en el símbolo.

Además de los efectos multitrayecto descritos antes y que no son controlables, hay otras causas por las que puede perderse la ortogonalidad y causar interferencia entre portadoras. Entre las principales, se incluyen las desviaciones de frecuencia o fase en el oscilador local del receptor, ruido de fase en éste y variaciones en las frecuencias de muestreo. Estas causas son, en buena medida, controlables mediante un diseño adecuado.

#### **3.2.3.8 Sincronización del canal**

Para demodular correctamente las señales, el receptor debe muestrearlas durante el período útil del símbolo OFDM, no durante el intervalo de guarda, por consecuencia, la ventana de tiempo debe situarse con precisión en el instante en que se presenta cada símbolo. Esto equivale, en el caso analógico, a que para llevar a cabo la demodulación coherente o síncrona en el receptor, es imprescindible que la portadora generada localmente en el receptor sea exactamente de la misma frecuencia y fase de la portadora generada en el transmisor para modular la señal. En el sistema DVB-T se resuelve este problema utilizando subportadoras “piloto”, como se muestra en la figura 31, distribuidas de

forma regular en el canal de transmisión y que actúan como “marcadores de sincronismo”.



**Figura 31.** Distribución de Portadoras piloto.

Como la información de las señales piloto es conocida, en el receptor es posible realizar una estimación de la respuesta en frecuencia del canal. La estimación así obtenida para una portadora piloto puede interpolarse para llenar los huecos que separan a los pilotos y emplearse para ecualizar todas las constelaciones que transportan datos.

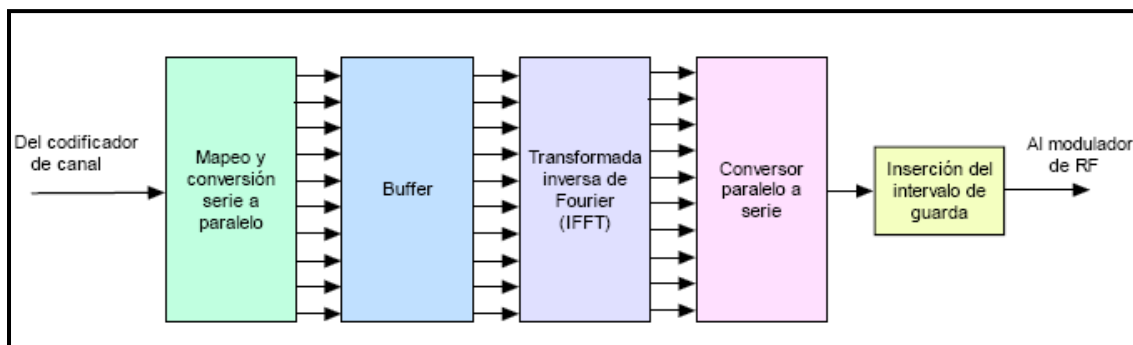
### 3.2.3.9 Modulador y Demodulador OFDM

La señal de entrada al modulador OFDM es un flujo binario continuo. Este flujo se segmenta en símbolos, de acuerdo a la constelación a utilizar y se obtiene un mapa de los símbolos, representados ahora por números complejos, que corresponden a la representación de la señal en el dominio de frecuencia.

Si se van a modular  $N$  subportadoras simultáneamente, la primera operación debe ser la conversión del flujo binario de entrada, *en serie*, en un flujo de coeficientes complejos *en paralelo*. El siguiente paso es realizar la transformada inversa de Fourier sobre esos  $N$  coeficientes para obtener una señal



en el dominio del tiempo (señal modulada) y, como la señal de entrada al transmisor debe ser un flujo binario en serie, es necesario convertir nuevamente la señal, ahora transformada y en paralelo, a una señal en serie. Esta es la señal a transmitir y el proceso se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 32.

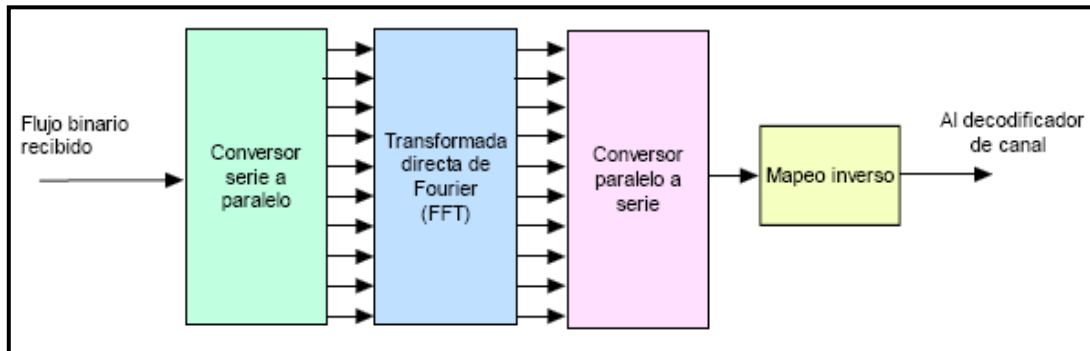


**Figura 32.** Diagrama de bloques del Modulador OFDM para N subportadoras.

En la figura 32, puesto que la señal de entrada procede del codificador de canal, el conjunto constituye un modulador COFDM (recuérdese que la “C” indica precisamente la codificación de canal).

A la salida del conversor paralelo a serie, se inserta el intervalo de guarda, designado también como *prefijo cíclico*, en que se copian los datos del final del bloque y se pegan al principio del siguiente bloque, lo que hace que las señales retrasadas a causa de los efectos multitrayecto caigan en el intervalo de guarda y sean ignoradas por el receptor.

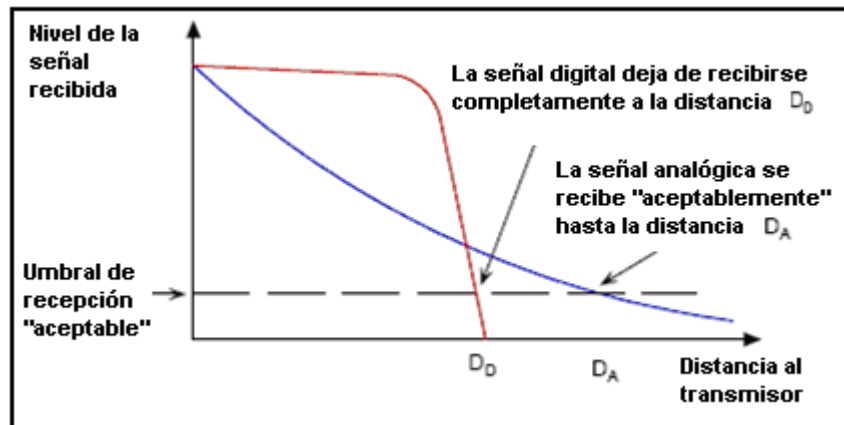
El demodulador cumple la función inversa del modulador y el diagrama simplificado de bloques es similar al de la figura 32, visto ahora de derecha a izquierda, como se ilustra en la figura 33.



**Figura 33.** Demodulador OFDM para N subportadoras.

### 3.2.4 MODULACIÓN JERÁRQUICA

Los sistemas de transmisión terrestre de resolución única sufren de un efecto abrupto de umbral en el borde del área de servicio en que la señal se degrada completamente, a diferencia de los sistemas analógicos en que la degradación es suave según se muestra en la figura 34.

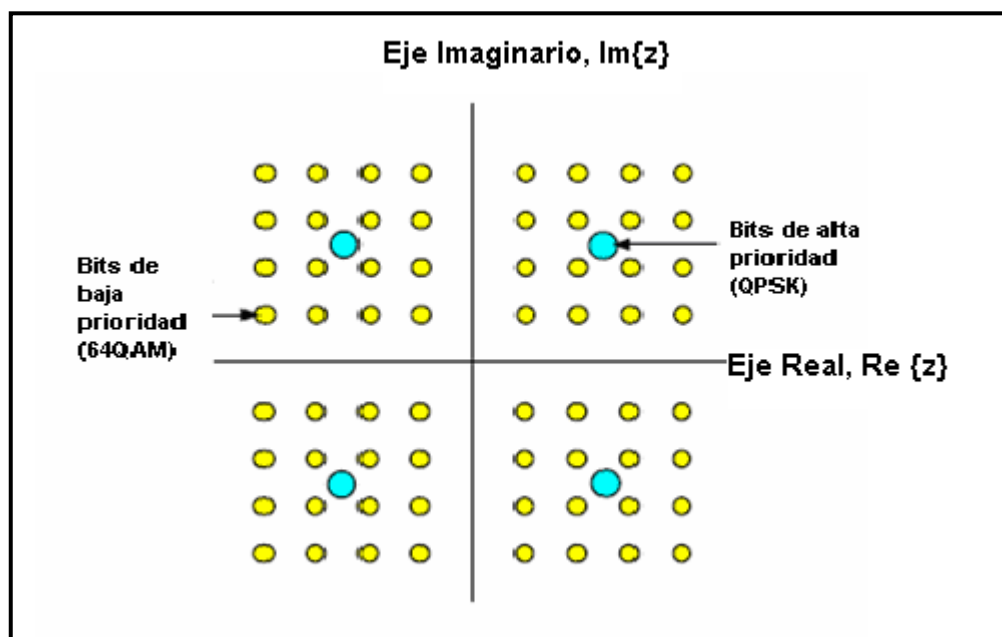


**Figura 34.** Cobertura en sistemas analógicos y digitales.

Para reducir este problema y conseguir una cobertura similar a la de los sistemas analógicos, en los sistemas de transmisión digital se pueden utilizar esquemas de modulación jerárquica o de *multirresolución*, en que dos flujos

distintos de datos modulan a un flujo único DVB. Uno de los flujos de datos se designa como de *alta prioridad* y va embebido en otro flujo designado como de *baja prioridad*. Los datos de alta prioridad se destinan a las zonas más alejadas del transmisor en que la relación señal a ruido es menor, en tanto que los de baja prioridad están destinados a las zonas más cercanas al transmisor en que la relación señal a ruido es mayor. El flujo de alta prioridad está modulado con pocos elementos en la constelación, por ejemplo QPSK, en tanto que el esquema de modulación para la señal de baja prioridad puede ser, por ejemplo, 64QAM. Evidentemente, el flujo de baja prioridad es menos robusto que el otro.

En términos simples, la recepción de mayor calidad se tiene cuando se puede decodificar bien el flujo de baja prioridad, en tanto que en áreas lejanas, de recepción más pobre, o en el caso de receptores móviles o portátiles, el receptor sólo puede resolver los datos de mayor prioridad. Esto se ilustra en la figura 35.



**Figura 35.** Modulación Jerárquica

En la figura 35 se tienen dos constelaciones, una de baja prioridad y mayor resolución, 64QAM y, embebida en ésta, una constelación de alta prioridad, QPSK o 4QAM. Cuando las condiciones de recepción son buenas, ambos flujos están presentes en el receptor y éste trabaja con el de menor prioridad, pero mayor resolución. Si la relación señal a ruido disminuye, las condiciones de recepción se deterioran y la tasa de errores en la constelación 64QAM aumenta imposibilitando la recepción satisfactoria. En esa situación, el receptor se “queda” con la constelación QAM, más robusta, pero manteniendo la recepción en condiciones aceptables.

### **3.2.5 DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONAL DEL SISTEMA DVB – T**

El sistema se define como un bloque funcional que tiene el objetivo de adecuar las señales de televisión en banda base digitalizadas y comprimidas que aparecen a la salida del multiplexor MPEG – 2, a las características del canal Terrestre de Transmisión.

Los sistemas de transmisión consisten de un cierto número de partes: los datos de entrada enmarcados, el entrelazado y protección de errores externos, la codificación, el entrelazado y modulación internos. En la figura 36, se muestra el lado del transmisor de un sistema DVB – T.

Para maximizar la compatibilidad con las especificaciones de televisión por cable (DVB-C) y satelital (DVB-S), la etapa de adaptación, la codificación e intercalación externa son comunes, y la codificación interna es afín con la especificación satelital. Cuando el sistema emplea la transmisión jerárquica, incluye los bloques funcionales de líneas punteadas de la figura 36. El divisor (splitter) separa el flujo de transporte en dos flujos de transporte independientes, referidos como flujos de alta prioridad y flujos de baja prioridad.

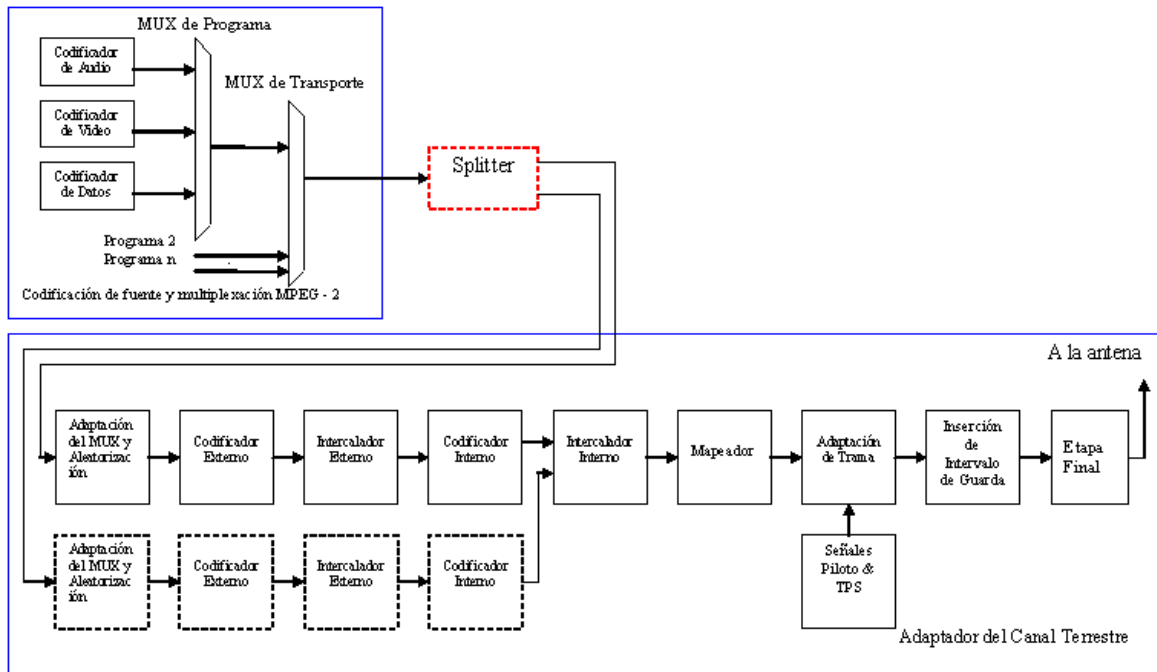


Figura 36. Diagrama de Bloques funcional del sistema DVB - T



bits inteligentes, denominándose a este proceso, adaptación del multiplex de transporte.

### **3.2.5.3 Splitter**

Cuando el sistema emplea la transmisión jerárquica, incluye los paquetes funcionales de líneas punteadas de la figura grande. El divisor (Splitter) separa el flujo de transporte en dos flujos de transporte independientes, referidos como flujos de alta prioridad y flujos de baja prioridad.

### **3.2.5.4 Aleatorización**

Un problema que puede presentarse al transmitir la información digital es la aparición de largas distancias de ceros o unos que pueden hacer que se pierdan el sincronismo de bits al no haber transiciones. Para solucionar este problema, los paquetes de transporte multiplex MPEG – 2 son randomizados de acuerdo a una secuencia seudo aleatoria, se utiliza un aleatorizador basado en un registro de desplazamiento con realimentación lineal de 15 celdas que produce una Secuencia Binaria Pseudo Aleatoria (PRSB) cuyo polinomio generado es  $1 + x^{14} + x^{15}$ . Esta secuencia se combina (mediante suma módulo 2) con la señal de datos.

Con esto se evita la pérdida de sincronismo de bit, y se consigue además que el espectro de la señal transmitida se parezca al del ruido blanco, es decir, se asegura que la energía de la señal se distribuya de manera uniforme en el espectro y mantenga un nivel medio constante.

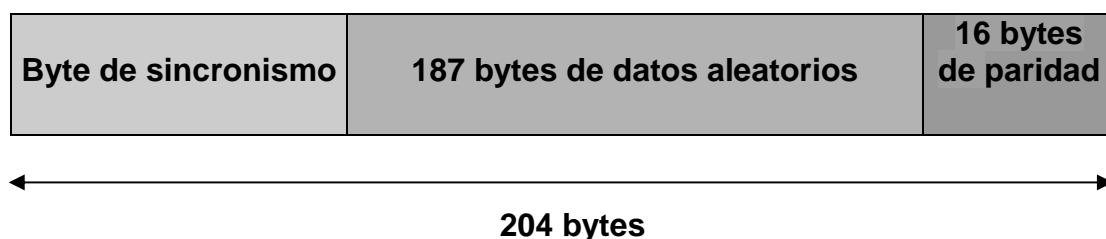
Los bytes de sincronismo de cada paquete no se deben aleatorizar para que no pierdan su función, por lo que la salida del aleatorizador se debe inhibir durante la presencia de dichos bytes de sincronismo (aunque el aleatorizador siga suministrando su secuencia). El aleatorizador se reinicializa cada vez que detecte un byte de sincronismo invertido.

### 3.2.5.5 Codificador e Intercalador externo

Las siguientes partes para el sistema DVB – T se han especificado idénticamente como las especificaciones de cable y satélite: el enmarcado de datos, la intercalación o entrelazado externo y la protección de errores externos.

Aunque el sistema que se describe podría tener cualquier tipo de entrada binaria, la misma restringe el tipo de datos de entrada del transmisor a tramas MPEG – 2.

En el estándar, se especifica como codificación externa el código sistemático Reed – Solomon RS (204,188,8) lo que quiere decir que a una entrada de 188 bytes se añade 16 bytes de paridad lo que da un total de 204 bytes, dando la capacidad de corregir hasta 8 bytes erróneos arbitrarios. Este es un código acortado derivado del código sistemático original RS (255, 239,t=8).



**Figura 38.** Trama a la salida del bloque Reed – Solomon

En la figura 38 se puede observar como queda la salida de este bloque ante una entrada MPEG – 2, donde se ve que los 16 bytes de paridad aparecen al final de la trama MPEG – 2 (esto es debido a que el código es sistemático).

El código Reed Solomon tiene la capacidad de corregir un cierto número de errores consecutivos, lo cual implica que ante la aparición de una gran cantidad de errores sucesivos, el código no es efectivo. Es por esta razón que tiene interés la introducción del entrelazado externo. Este bloque se encarga de introducir un



cierto desorden en los bytes de entrada de forma que si hubiese una secuencia de bytes erróneos en recepción, al pasar por el elemento inverso a éste, esos bytes quedarán dispersos, con lo cual, el código Reed- Solomon podría corregirlos.

### **3.2.5.6 Codificador e Intercalador interno**

La protección interna de errores no es usada en la especificación de cable. Para el sistema de satélite la protección interna de errores consiste de un código convolucional con una tasa de  $1/7$  y una longitud de 7 bits. El código convolucional puede ser configurado a una tasa  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  o  $7/8$ . La misma protección de errores es aplicable para el canal terrestre y por tanto es usado en el sistema DVB – T.

La intención pretendida al introducir un código convolucional es añadir cierta redundancia en los datos que se desean transmitir, redundancia que en recepción será empleada en la corrección de errores. Esa corrección de errores tiene ciertas limitaciones pues si a la entrada del decodificador apareciese una segunda secuencia larga de errores, este elemento no sería capaz de decodificar de una manera correcta. Para acortar la longitud de estas ráfagas de errores, y que sean abordables por un código convolucional, se añade el entrelazado interno.

El entrelazado interno trata de introducir un cierto desorden de modo que las portadoras adyacentes no sean moduladas por datos consecutivos. Si se produce una pérdida de información llevada por portadoras adyacentes, al deshacer el desorden debido al intercalador o entrelazador, el error debido a cada portadora queda aislado, acortándose la longitud de la ráfaga. Por este propósito se implementan dos entrelazados, uno que trabaja a nivel de bits y otro que trabaja a nivel de grupos de bits (símbolos).

Al desordenar símbolos lo que se está consiguiendo es separar portadoras (cada símbolo modula una portadora) que estén correlacionadas entre sí de forma

que ante un desvanecimiento profundo la posibilidad de que símbolos contiguos se vean afectados sea pequeña. Así, una portadora atenuada puede ser recuperada a partir de la correlación que existe con otras portadoras que no han sido atenuadas.

El entrelazado de bits es un bloque de 126 bits con diferentes patrones de entrelazado para cada 2, 4 o 6 bits, mientras el entrelazado de símbolos es un entrelazado pseudo aleatorio de secuencias trabajando en grupos de 2, 4 o 6 bits dependiendo de la modulación de las portadoras.

El proceso de entrelazado resulta en entrelazado de frecuencias, no se usa el entrelazado de tiempo.

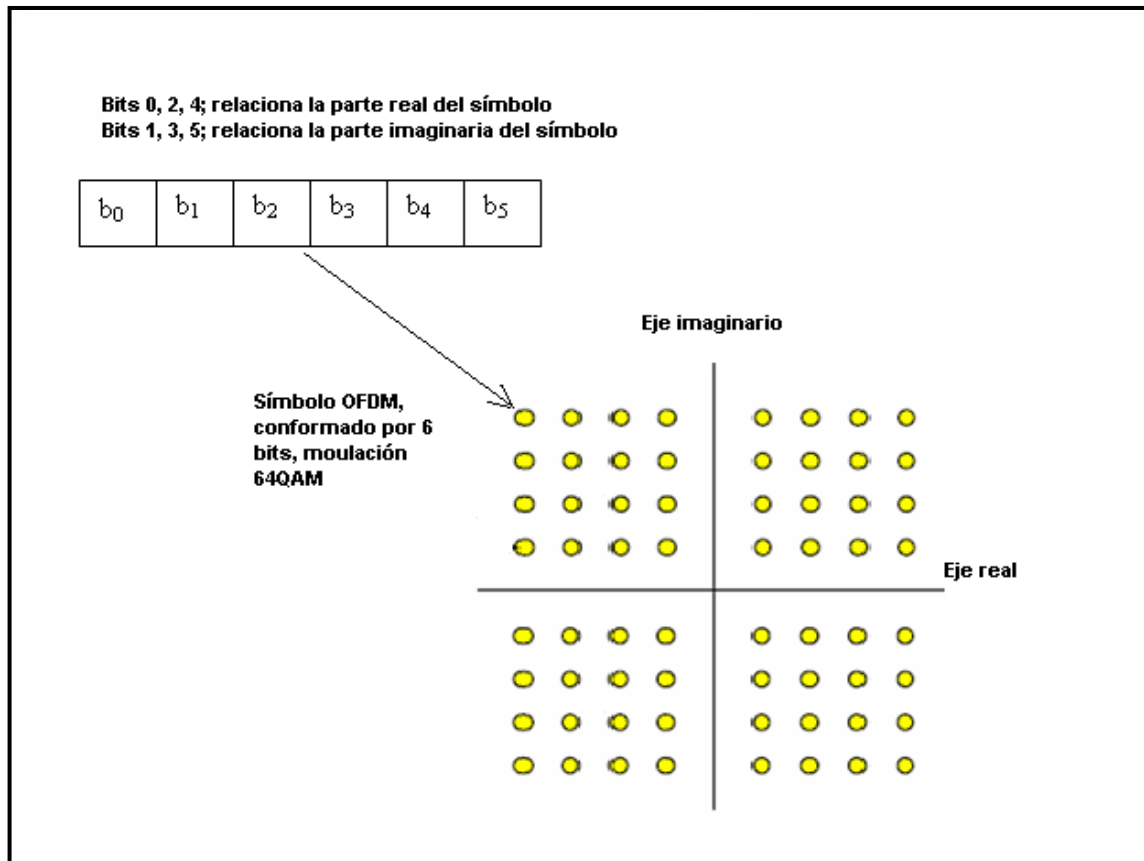
A modo de resumen, se puede decir que el efecto conjunto del código convolucional y del entrelazado interno puede verse como un promediado de los desvanecimientos locales sobre todo el espectro de la señal.

### **3.2.5.7 Mapeado y Modulación de portadora**

El modulador, será el elemento que se encargue de hacer la conversión de grupos de bits a símbolos.

Las constelaciones recogidas en el estándar son las siguientes: QPSK, 16-QAM y 64-QAM. Todas estas constelaciones tienen en común que la asignación binaria de los elementos se corresponde al código Gray, el que se caracteriza por tener una diferencia de un solo bit entre dos símbolos que estén a distancia mínima, este proceso de asignar los símbolos de datos a un determinado punto de la constelación es lo que se denomina mapeado. Esto permite que, si en el receptor se produce un error a la hora de decidir si la señal entrante corresponde a un determinado punto de la constelación o a otro vecino, este error solo implicará un bit erróneo en el símbolo de datos entregado por el dispositivo decisor.

De los bits que forman parte de la asignación binaria de un símbolo, algunos de ellos están relacionados con la parte real del mismo y otros con la imaginaria. Por ejemplo, en el caso de emplear una 64-QAM (6 bits), los bits 0, 2 y 4 están relacionados con la parte real de los símbolos y los bits 1, 3 y 5 con la imaginaria, ver figura 39.



**Figura 39.** Bits que forman un símbolo OFDM al utilizar 64 - QAM.

Además los símbolos de la constelación deben de ser multiplicados por unos valores para conseguir que estén normalizados en energía.

Como ya se mencionó, la tasa de código de la corrección de error interna puede ser seleccionada de  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  o  $7/8$ . Escogiendo la combinación de constelación y tasa de código, el sistema puede ser diseñado para hacer frente a

una gran variedad de características del canal, y puede ser ajustado para las condiciones de recepción requeridas y área de cobertura proyectada.

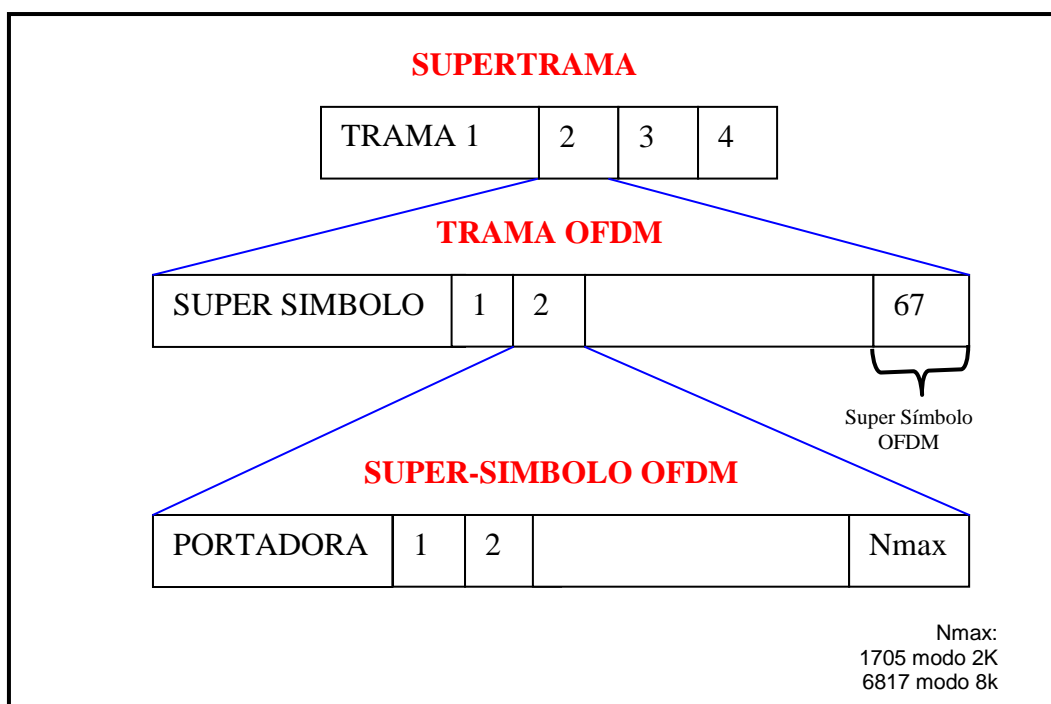
### **3.2.5.8 Adaptador de trama**

Es necesario enviar alguna información adicional para que el receptor pueda realizar una correcta decodificación de los datos.

En el modo 2K se tienen 1512 símbolos cada uno de los cuales va a modular una portadora, sin embargo se van a transmitir 1705 portadoras, es decir 193 portadoras llevarán esta información adicional. En el modo 8K se dispondrá de 769 portadoras para acarrear esta información adicional, la misma que consta de:

- Señales piloto: van a servir para conseguir sincronización y una estimación del comportamiento del canal.
- Señales de información del sistema; se utilizarán para indicar en el receptor cuales son los parámetros empleados en transmisión, como puede ser el modo usado, el valor del intervalo de guarda.

La señal que se va a transmitir soporta una estructura de trama como la mostrada en la figura 40.



**Figura 40.** Estructura de la Trama OFDM de la señal a transmitirse.

El elemento básico es la trama OFDM; cada trama se divide en 68 supersímbolos y, por último, cuatro tramas constituyen una supertrama. Esta estructura que se acaba de presentar y el número de portadoras de datos en los dos modos vienen determinados por la intención de que, al final de una supertrama, el número de salidas del codificador Reed-Solomon sea un número entero.

#### Las Señales Piloto

Hay dos tipos de señales piloto atendiendo a su disposición dentro del supersímbolo, las de posición fija que ocupan 45 portadoras en el modo 2K y 177 portadoras en el modo 8K y las de posición variable que cambian su posición de supersímbolo a supersímbolo siguiendo un patrón que se repite cada cuatro supersímbolos.

La característica diferenciadora entre las portadoras de las señales piloto y el resto de las portadoras es que las primeras son transmitidas con una potencia mayor. De hecho se cumple que para los símbolos de datos la energía vale 1 mientras que para las portadoras de las señales piloto esta energía vale 16/9.

#### Las Señales de Información del sistema

La función del TPS (señalización de los parámetros de transmisión) es llevar los parámetros con los que está trabajando el esquema transmisor hasta el receptor para que éste pueda hacer una correcta decodificación de la señal que le llega. En concreto la información que se transmite es:

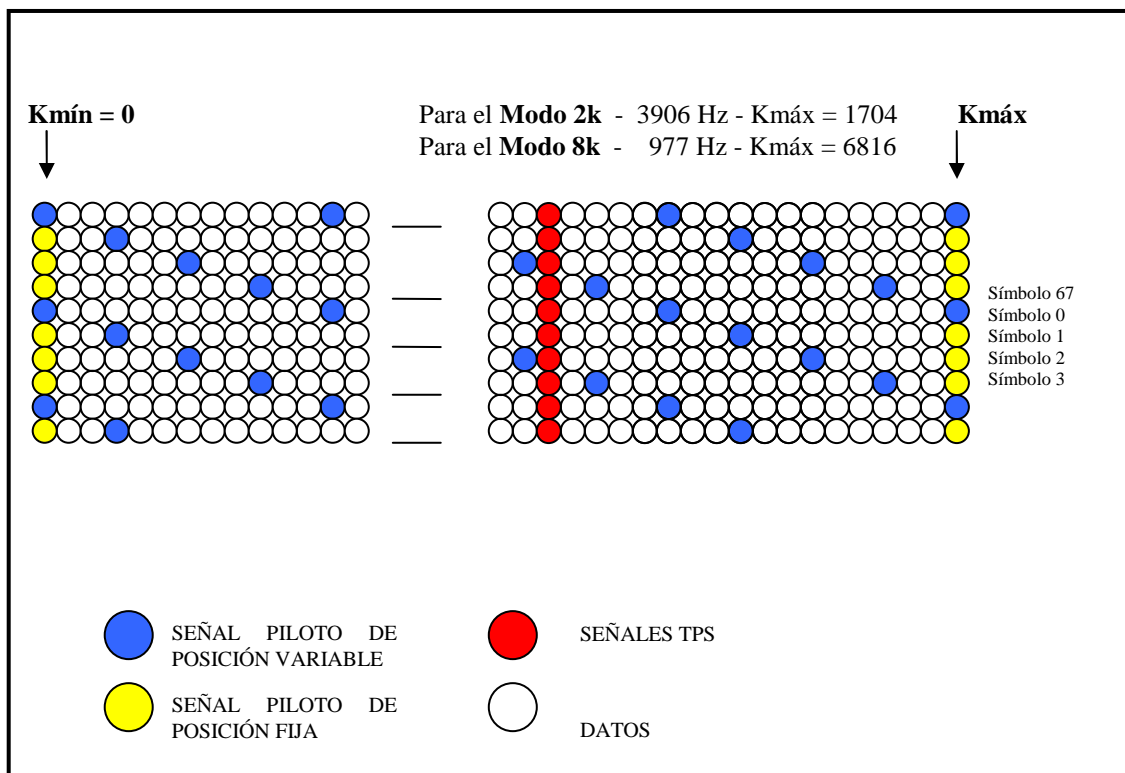
- La constelación empleada.
- El valor del intervalo de guarda empleado.
- La tasa del decodificador convolucional.
- Otros parámetros que se aplican en caso de transmisión jerárquica.

La información del sistema siempre modula las mismas portadoras dentro de un supersímbolo OFDM. El número de portadoras usadas es de 1705 en el modo 2K y 6817 en el modo 8K. Las portadoras de información del sistema emplean la modulación DBPSK (diferencial Binary Shift Keying)

#### **3.2.5.9 Estructura de trama**

La señal es transmitida en tramas OFDM. El entramado es señalado por la señal TPS. Una trama consiste de 68 símbolos OFDM que es también el número de bits de la señal TPS. Cuatro tramas constituyen una súper trama.

Una súper trama siempre acarreará un número entero de paquetes MPEG – 2 independiente del modo de transmisión. La estructura de la trama es mostrada en la figura 41.



**Figura 41.** Estructura de la Trama DVB – T

### 3.2.5.10 Inserción del intervalo de guarda

Una vez convertidos los símbolos OFDM del dominio frecuencial al dominio temporal, se añade un intervalo de guarda con una duración  $\Delta$ , que consiste en una continuación cíclica de la parte útil,  $T_u$ , y se inserta antes que éste. La adición de este intervalo de guarda protege al sistema contra los ecos por múltiples trayectorias y los ecos producidos por la interferencia co-canal en las Redes de Frecuencia Única (SFN). Una vez hecho esto, la duración total  $T_s$  de los símbolos OFDM que se van a enviar al canal terrestre será  $T_s = T_u + \Delta$ .

Lógicamente, la adición del intervalo de guarda reduce la capacidad de datos. Esta reducción, está en relación directa a la duración del intervalo de guarda. A efectos de hacer más eficaz la protección, la duración de los intervalos de guarda se hace variable y está directamente relacionada con la duración del símbolo.

### 3.2.6 USO DEL SISTEMA DVB-T PARA UN DIFERENTE ANCHO DE BANDA

Otro aspecto de interés de la modulación es el ancho de banda que ocupa: el estándar toma como valores para el período de símbolo útil  $T_u = 224 \mu\text{s}$  para el modo 2k y  $T_u = 896 \mu\text{s}$  para el modo 8K. Para mantener el principio de ortogonalidad se obtiene como espacio entre portadoras  $1/T_u = 4464\text{Hz}$  (modo 2K) y  $1/T_u = 1116\text{Hz}$  (modo 8K) con lo que se obtiene un ancho de banda para ambas modulaciones de 7,61 MHz, que es lo suficientemente pequeño como para poder ser transmitido en las bandas del espectro de UHF existentes para la transmisión de señal de televisión analógica (8, 7 y 6 MHz). Nótese que el ancho de banda obtenido es fruto de multiplicar  $1/T_u$  por 1705 o 6817 y no por 2048 o 8192 como cabría esperar. El motivo de esta variación reside en que esta modulación trabaja con tramas MPEG junto con algunos símbolos de control que dan lugar a 1705 o 6817 símbolos a transmitir. A la hora de hacer la IFFT se completa con ceros (por motivos de eficiencia), que al ser vistos en frecuencia, no afectan al ancho de banda final de la señal modulada (ver figura 42).

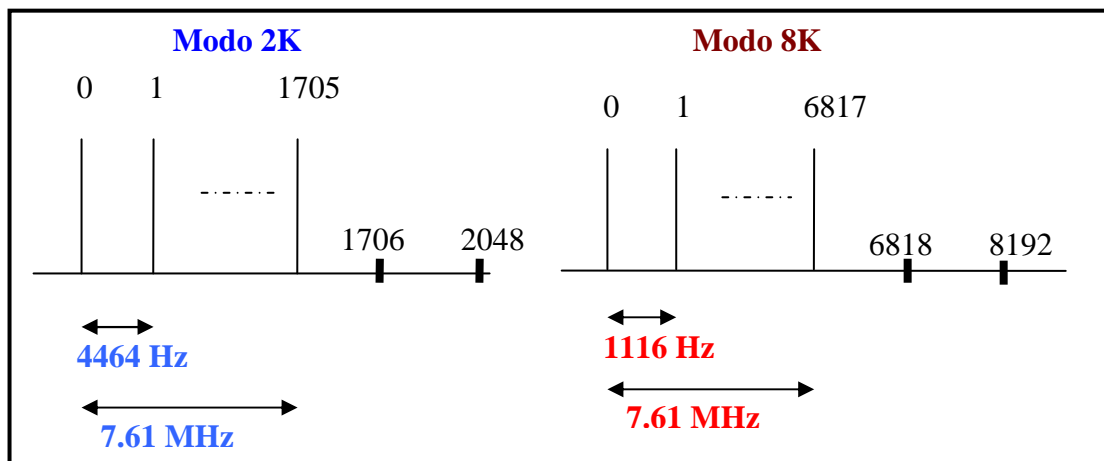
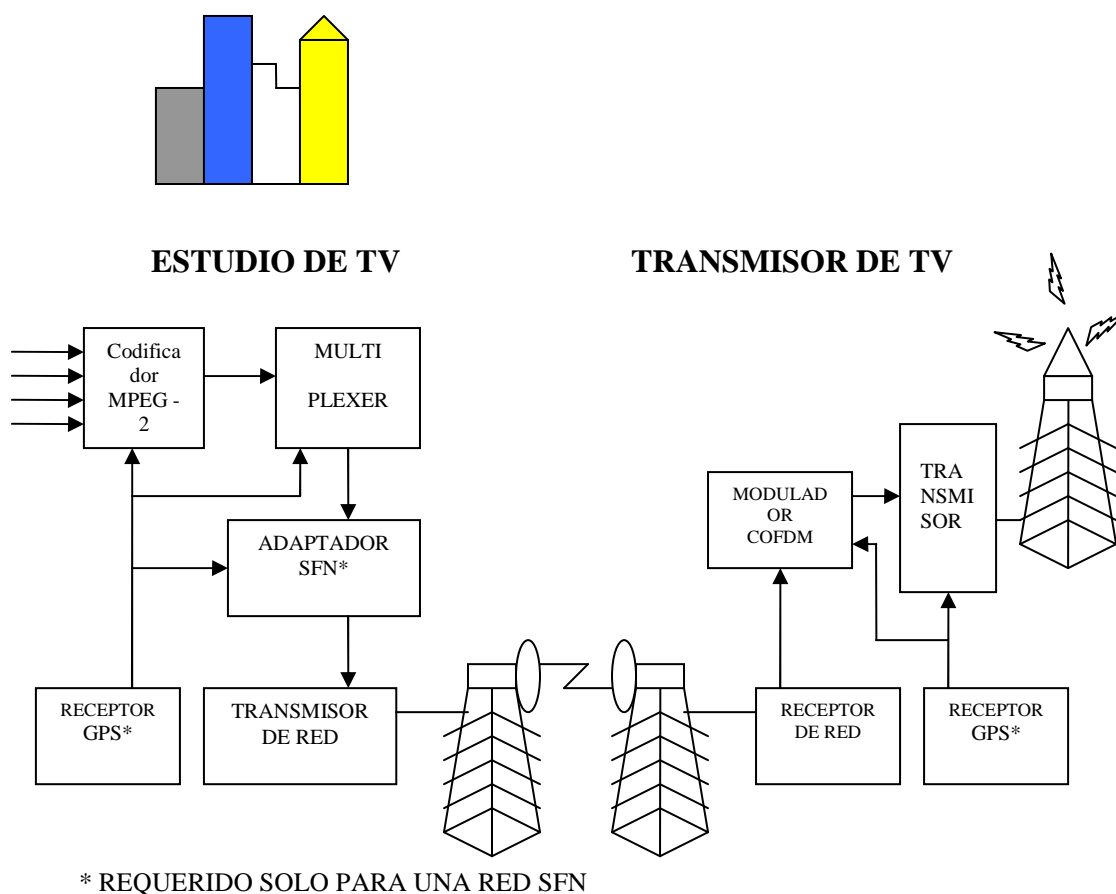


Figura 42. Modos de Transmisión de Portadoras 2k y 8k



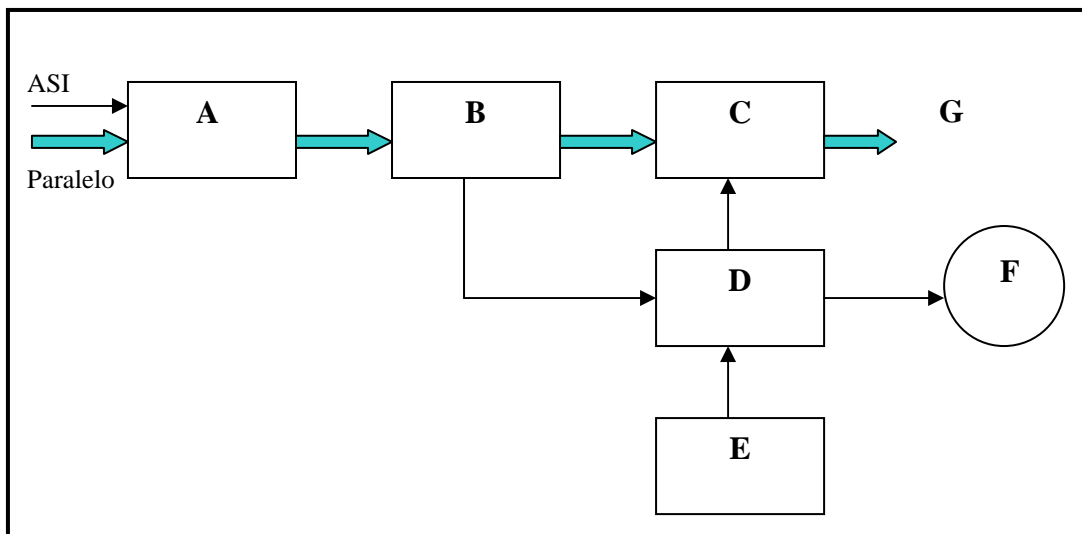
### 3.2.7 LA RED COFDM – RED MULTIFRECUENCIA

Una red OFDM se muestra en la figura 43. En el centro de transmisión los programas son codificados en el formato MPEG 4:2:0 y multiplexados juntos. La señal multiplexada es enviada a los varios sitios de transmisión por cable, enlace de microonda o satélite o una mezcla de todos estos métodos. En la estación de transmisión la corriente de transporte es modulada según COFDM en una portadora IF (Frecuencia Intermedia) en el modulador OFDM y alimenta a la sección de alta potencia del transmisor. En la sección de baja potencia la señal es convertida a la frecuencia de RF y amplificada en la etapa de potencia antes de alimentar a la antena. En una red multifrecuencia los transmisores operan en diferentes frecuencias para evitar interferencia. Definidos por los modos, protección/constelación/intervalo de guarda, la señal OFDM transporta una tasa de bits adecuada, por ejemplo 64QAM tasa de código 2/3 y un intervalo de guarda 1/32 corresponde a una velocidad de 24.13 Mbps. En la red básica, cuando el operador de la red se ha decidido por una cierta configuración COFDM, el sistema de multiplexor y codificador deben ser ajustados para esta tasa de bits. Ajustando a la frecuencia de reloj del modulador OFDM al multiplexor previene el desbordamiento. La red debe ser neutral con respecto a la transmisión entre el multiplexor y el modulador. Se puede obtener un mejor sistema incluyendo en el circuito de entrada del modulador OFDM un Adaptador de Corriente de Transporte (TSA).



**Figura 43.** La Red COFDM

Primero, el módulo Adaptador de Flujo de Transporte (TSA) mostrado en la figura 44, elimina los bytes de relleno de la corriente de transporte. En segundo lugar mide la tasa de error y compara el valor con la capacidad del modo COFDM escogido. Si se requiere, el módulo TSA insertará nuevos bytes de relleno para adaptar la corriente de transporte a la tasa de bits.



**Figura 44.** Módulo de entrada hacia el modulador COFDM para una red multifrecuencia (Transport Stream Adapter)

Donde:

A = Interfaz de entrada y selector de entrada

B = Establecer o eliminar relleno

C = Insertar nuevo relleno

D = Detener la tasa de datos y comparar con la capacidad del modo

COFDM

E = Información del intervalo de guarda, Tasa de codificación y modulación

F = Alarma y desbordamiento

G = Corriente de Transporte Adaptada

### 3.2.8 OPERABILIDAD DEL ESTÁNDAR DVB – T DEBIDO A COFDM

Las principales ventajas del estándar para televisión digital terrestre DVB – T se deben a la modulación COFDM. Gracias a las características de esta técnica el estándar opera con:

- Televisión Digital Estándar (SDTV) y Televisión Digital de Alta definición.
- Recepción portátil y móvil solamente para SDTV.

- Transmisión en modo jerárquico HDTV para transmisión fija y SDTV transmisión móvil.
- Redes de frecuencia única (SFN).

### **3.3 SISTEMA DVB – H**

#### **3.3.1 VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

Para conocer el conjunto de requerimientos comerciales propuestos por el grupo DVB – M<sup>28</sup>(CM) para un nuevo mecanismo de transporte DVB, se hizo un llamado para dar a conocer esta nueva tecnología en Enero del 2003. Basado en las respuestas recibidas y usando elementos tecnológicos de varias propuestas se conformó un concepto completo llamado DVB-H que combina elementos de capa física y capa enlace.

Aunque el sistema de transmisión DVB-T ha demostrado su habilidad de soportar terminales fijos, móviles y de mano (definidos como aparatos livianos y de baterías de alta duración) se requiere de características específicas para el nuevo sistema de transmisión, estas son:

- El sistema de transmisión brindará la posibilidad de que en recepción se baje repetidamente el consumo de energía, para incrementar la duración del uso de la batería.
- Como la tecnología esta enfocada a usuarios móviles, el sistema de transmisión facilitará el acceso a los servicios cuando los receptores se cambien de una celda de cobertura a otra.
- Como se esperan entregar los servicios en un ambiente en el que se sufre de graves efectos por múltiple trayectoria en sus canales y altos niveles de ruido ocasionados por el hombre, el sistema de transmisión ofrecerá

---

<sup>28</sup> **DVB – M**, Guía de medidas para sistemas DVB

medios adicionales para mitigar estos efectos sobre la capacidad del receptor.

- Adicionalmente, el sistema receptor debe ser capaz de manejarse en diferentes escenarios como: interiores, exteriores, al aire libre y dentro de vehículos en movimiento; y, por consiguiente, el sistema de transmisión debe ofrecer la suficiente flexibilidad y escalabilidad para permitir la recepción de servicios a varias velocidades, mientras optimizamos la cobertura de transmisión. También, el sistema debe ser utilizable en varias partes del mundo y debe ofrecer la flexibilidad para ser usado en varias bandas de transmisión y canales de banda ancha. Todo esto se debe conseguir con un sistema basado en DVB – T ya que se tiene una máxima compatibilidad con este tipo de redes existentes e implementadas.

### **3.3.1.1 Receptores Típicos**

#### *3.3.1.1.1 Dispositivos handheld*

Los dispositivos portátiles “que entran en la mano” son los más utilizados actualmente. Hay multitud de dispositivos, algunos de ellos con canales de retorno incorporados que permitirían aplicaciones interactivas altamente atractivas para el usuario final. A título de ejemplo:

- El teléfono móvil: el rey de los dispositivos handheld, prácticamente todo el mundo dispone de uno. Los teléfonos móviles pueden incorporar pantallas a color con una resolución muy buena, a distancias cortas el efecto visual

es adecuado para permitir una visión de la imagen. Dispone además de un canal de retorno (GPRS, UMTS)<sup>29</sup> que permite aplicaciones interactivas.

- PDAs: cada vez son más personas las que utilizan los asistentes personales digitales, su ventaja es que disponen de una pantalla en general más grande que la de un teléfono móvil estándar.
  
- Vídeo consolas de juego portátiles: el mundo de los juegos quiere pasarse a la movilidad, hay competición porque algunos teléfonos móviles también quieren entrar en el segmento. En cualquier caso disponen de pantallas adecuadas; además IP Datacast (IPDC<sup>30</sup>) abre oportunidades para juegos en red de alta calidad (a parte de ser utilizados para ver la TV o escuchar la Radio). Este tipo de dispositivos requerirían unos bitrates (vídeo) de aproximadamente 128 a 384 Kbps utilizando MPEG - 4 AVC<sup>31</sup>.

#### 3.3.1.1.2 *Dispositivos portátiles*

Los dispositivos portátiles son aquellos que, sin ser de tamaño reducido, son nómadas y alimentados por baterías, como por ejemplo:

- Un aparato de Televisión con un tamaño de pantalla reducido, que puede trasladarse por la casa según las necesidades; actualmente existen televisores con características de pantalla plana alimentados por batería y con una autonomía de hasta 3 horas.

---

<sup>29</sup> **GPRS**, Las siglas GPRS corresponden a General Packet Radio Services, Servicio General de Paquetes por Radio. Se basa en la conmutación de paquetes realizando la transmisión sobre la red GSM que usamos actualmente. Al sistema GPRS se le conoce también como GSM - IP ya que usa la tecnología IP para acceder directamente a los proveedores de contenido de Internet.

**UMTS**, La tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) es el sistema de telecomunicaciones móviles de tercera generación, que evoluciona desde GSM pasando por GPRS. Tiene la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión.

<sup>30</sup> **IPDC (IP Datacast)**, Sistemas de difusión de contenidos empaquetados mediante el Protocolo Internet (IP, Internet Protocol).

<sup>31</sup> **MPEG - 4 AVC**, (Moving Picture Experts Group - 4, Advance Video Codec ). Norma que define un codificador de vídeo de alta compresión.

- Existen reproductores de DVD portátiles que incorporan una pequeña pantalla plana, dichos dispositivos serían óptimos para ofrecer también servicios IPDC.
- Los ordenadores portátiles pueden también convertirse en televisores portátiles, de hecho cada vez más se utilizan para ver películas en DVD, con una tarjeta y una antena podrían recibir servicios IPDC en unas condiciones muy favorables. Este tipo de dispositivos requerirían unos bitrates para video de aproximadamente 500 a 1000 Kbps utilizando MPEG-4 AVC.

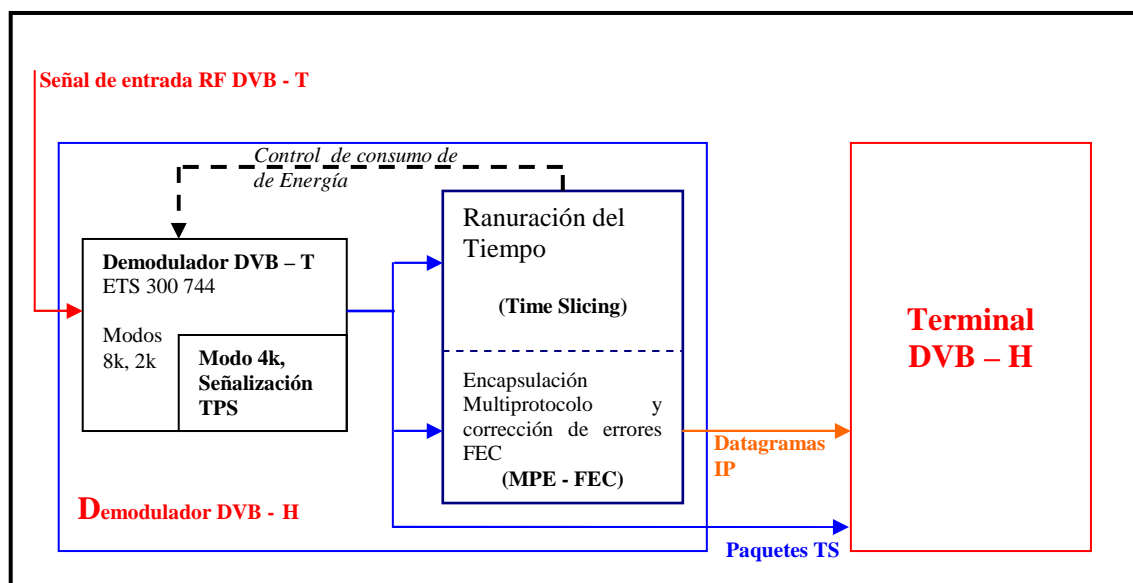
#### *3.3.1.1.3 Dispositivos en vehículo*

Los dispositivos integrados en vehículos pueden ser, a mediano plazo, un mercado muy importante, desde trenes (transporte muy utilizado en otros países) a vehículos privados pasando por autobuses, taxis, etc. Los requisitos de tamaño de pantalla son distintos de los anteriores pero la condición de movilidad y portabilidad es la misma. Hay que tener en cuenta también la integración de servicios IPDC con servicios de posicionamiento (por ejemplo, GPS, Galileo) que empiezan a ser comúnmente utilizados (especialmente por transporte público como taxis). Mediante IPDC se pueden actualizar mapas, enviar información actualizada del estado de las carreteras, información comercial, etc. Este tipo de dispositivos requerirían unos bitrates para vídeo de aproximadamente 300 a 500 Kbps utilizando MPEG-4 AVC.

### **3.3.2 DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA DVB – H**

La estructura conceptual de un receptor DVB-H se muestra en la figura 45. Esta incluye un demodulador y un terminal DVB - H. El demodulador DVB - H incluye un demodulador DVB-T, el que involucra de manera opcional un modo de

transmisión 4K (3409 portadoras) además de los modos 2K (1705 portadoras) y 8K (6817 portadoras) existentes; un módulo en el que el tiempo es dividido en ranuras (time – slicing) para realizar la transmisión a través de ráfagas de información; y un módulo opcional compuesto de dos partes, la primera conformada por un Encapsulador Multiprotocolo (Multiprotocol Encapsulation, MPE) que se encarga de empaquetar datagramas IP que posteriormente son fragmentados en paquetes de flujos de transporte MPEG – 2 para el transporte interno del sistema, y el segundo denominado Corrección de Errores hacia Adelante (Forward Error Correction, FEC) , que es un mecanismo de detección y corrección de errores en recepción para evitar retransmisión, empleando el código convolucional Reed Solomon; estas dos partes se integran para viajar en una trama MPE – FEC conformando así el módulo MPE – FEC.



**Figura 45.** Estructura conceptual de un receptor DVB-H.

- El demodulador DVB-T recupera los paquetes del flujo de transporte (Transport Stream, TS) MPEG – 2 de la señal de radio frecuencia DVB-T recibida. Este demodulador ofrece tres modos de transmisión: 8K, 4K y 2K con la correspondiente Señalización de los Parámetros Transmitidos (TPS), nótese que en el modo 4K, la intercalación de símbolos (in-depth

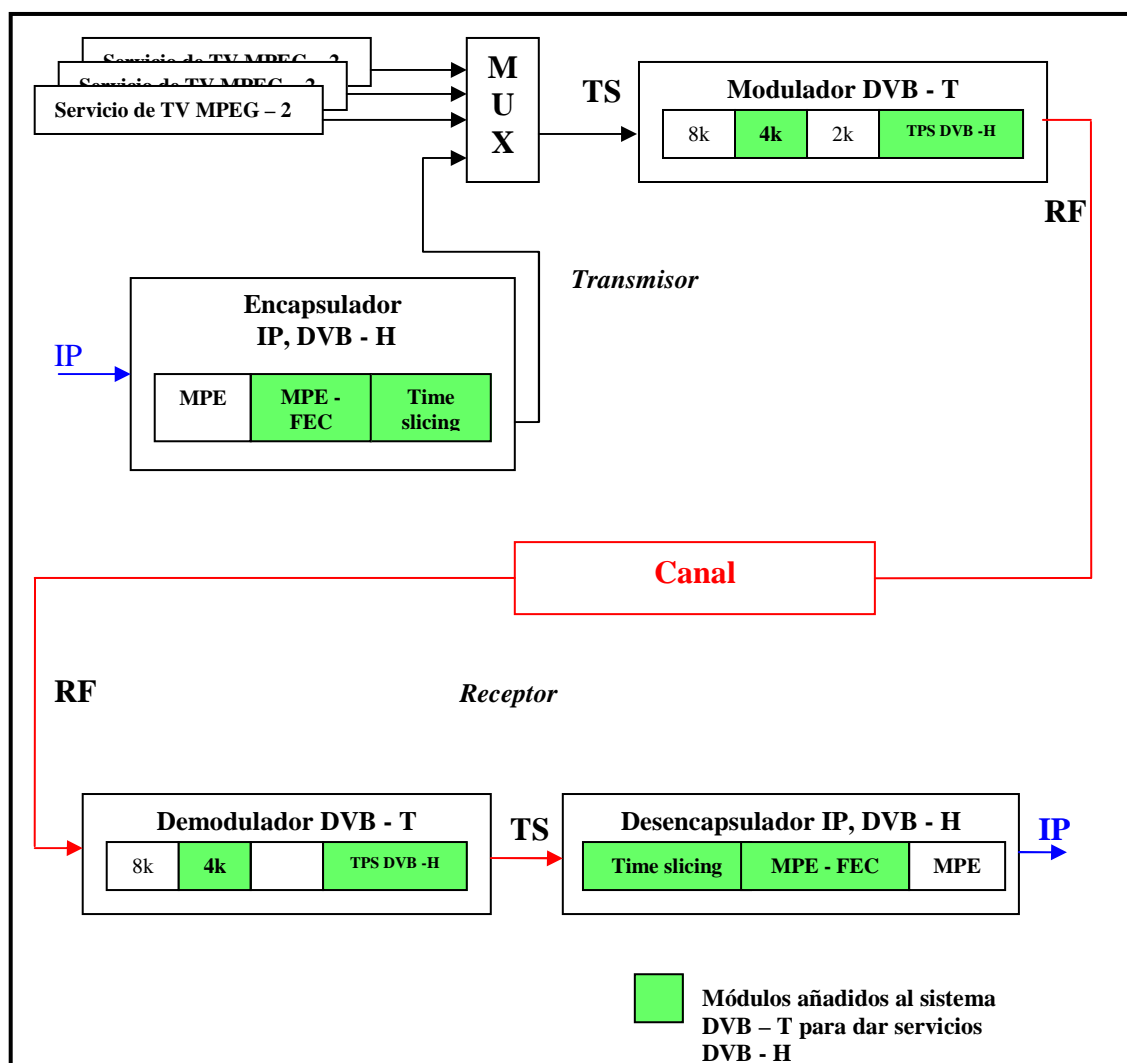


interleavers, iDi) y la señalización DVB – H (Signalling DVB - H) deberán ser definidos en el contexto del estándar DVB-H.

- El modulo encargado de ranurar el tiempo (time slicing), para transmitir la información en ráfagas, tiene como objetivo la reducción del consumo de energía en el receptor mientras se permite un suave y adecuado cambio de frecuencia.
- El modulo Encapsulador Multiprotocolo – Corrección de Errores hacia Adelante (MPE-FEC), ofrece además de la transmisión en capa física, una función de detección y corrección de errores hacia delante complementaria que permita al receptor tomar la información en situaciones particularmente difíciles.

DVB – H, es un sistema IP Datacast. Los datos IP son encapsulados mediante un encapsulador IP DVB – H (IPE). La salida del encapsulador en formato MPEG – 2 TS se puede multiplexar con otros servicios DVB – H o incluso DVB – T con ciertas ampliaciones, el terminal móvil de mano decodifica y usa únicamente los servicios IP. Observar que el modo 4K y el intercalador de símbolos (in-depth interleavers) no se encuentran disponibles en bloques donde el multiplexor esta compartiendo los servicios entre receptores fijos DVB-T y servicios para equipos DVB - H.

En la figura 46 también se puede observar como el receptor DVB – H lleva a término la tarea inversa demodulando la señal DVB – H y desencapsulando el tráfico IP que se encuentra dentro de las secciones MPE que viajan sobre el flujo de transporte MPEG – 2 .



**Figura 46.** Descripción conceptual del uso de un sistema DVB – H (compartiendo un MUX con servicios MPEG – 2)

El sistema completo DVB-H es una combinación de elementos de capa física y capa enlace, como también servicios de información.

DVB-H hace uso de los siguientes elementos tecnológicos para capa física y capa enlace.

### 3.3.3 ELEMENTOS DE CAPA FÍSICA

A nivel de capa física, se han añadido nuevas funcionalidades al estándar DVB-T:

#### 3.3.3.1 Señalización DVB - H (DVB – H Signalling)

La Señalización DVB - H, aumenta nuevas tablas de información de servicio a fin de señalar, aumentar y aligerar convenientemente los servicios DVB-H y actualiza la especificación de señalización de red de frecuencia única para incluir la nueva señalización de parámetros transmitidos. Un Identificador de Celda (Cell Identifier), también es transportado en los bits Señalización de Parámetros Transmitidos (TPS) para realizar de forma rápida el sondeo de la señal y cambio de frecuencia en los equipos móviles. Este tipo de señalización DVB-H es mandatorio en DVB-H.

La señalización a través de los bits TPS brinda un robusto nivel de multiplexaje con la capacidad de señalar un sistema de transmisión DVB – T. TPS es conocido por ser un sólido canal de señalización, por ejemplo un seguro TPS en un demodulador puede lograr señalar incluso con valores bajos en la relación Portadora/Ruido (C/N). En consecuencia, la señalización a través de los bits TPS debe ser usada en DVB – H para las señales de los módulos encargados de ranurar el tiempo (Time Slicing) y de encapsulación multiprotocolo – corrección de errores hacia delante (MPE - FEC).

En los bits TPS existen combinaciones sin usarse que pueden ser utilizadas para señalar los nuevos parámetros de transmisión DVB – H, estos pueden ser:

- El modo 4K, para ser usado en redes DVB – H dedicadas, es señalado como un modo de transmisión adicional a los modos de transmisión existentes que son 2K y 8K.

- La información jerárquica de DVB – T es usada para especificar la intercalación de símbolos (in depth interleaver).
- El identificador de celda, que es opcional para servicios tradicionales DVB – T, se vuelve mandatorio en DVB – H. Nótese que para el caso de redes de frecuencia única (SFN), el identificador de celda es solamente un identificador para toda la red.

Dos bits TPS han sido asignados para señalización DVB – H, esto es:

- Un indicador para el ranurador de tiempo (time slicing), utilizado para indicar que al menos un servicio DVB – H en una ranura de tiempo, esta disponible en el canal de transmisión.
- Un indicador MPE – FEC, utilizado para indicar que al menos un servicio DVB – H en el canal de transmisión, está protegido por MPE – FEC.

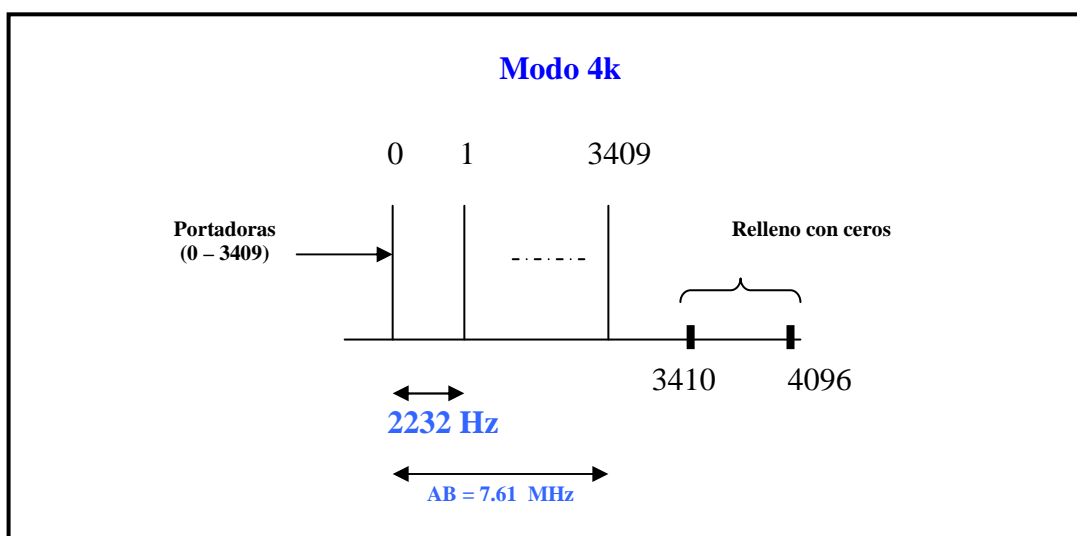
En caso de tener una transmisión no jerárquica, los bits indicadores de ranuración de tiempo y MPE – FEC son constantes a lo largo de la transmisión de parámetros, es decir permanecen invariables. En el caso de una transmisión jerárquica, el indicador de ranuración de tiempo y el indicador MPE – FEC es independiente tanto del flujo de parámetros de baja prioridad (LP) como del flujo de parámetros de alta prioridad (HP) que se está usando sucesivamente en las tramas OFDM o en una supertrama.

Esto es importante para mencionar que en el caso de redes SFN, el Paquete de Inicialización de una Mega-Trama (Mega-Frame Initialization Packet, MIP) debería también transportar todos los bits de señalización TPS, ya que algunas veces son usados por los demoduladores para construir los nuevos bits TPS.

### 3.3.3.2 Modo 4k (4K Mode)

El modo 4K (Mode 4K), nuevo modo de operación, posee 3024 símbolos de información sin embargo se van a transmitir 3409 portadoras, es decir 385 llevarán información adicional para que el receptor pueda realizar una correcta decodificación de los datos.

Este nuevo modo de transmisión (opcional) ubicado en la capa física, tiene una capacidad teórica de modular 4096 portadoras, aunque realmente solo se modulará 3409, esta variación en el número de portadoras se debe a que la modulación trabaja con tramas MPEG junto con los respectivos símbolos de control, de manera que al aplicar la transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) se debe completar con ceros (hasta llegar al valor teórico de 4096 portadoras) por motivos de eficiencia, que al ser vistos en frecuencia no afectan al ancho de banda final de la señal modulada. Ver figura 47. Sumándose así a los modos de transmisión brindados originalmente por el estándar DVB – T. El propósito del modo 4K también es el de tener una arquitectura y un hardware compatible con la estructura existente DVB – T, requiriendo solamente pequeños cambios en el modulador y demodulador.



**Figura 47.** Número de portadoras efectivas en el modo 4k.

El modo 4K sirve para negociar la movilidad en términos de rendimiento y el tamaño de la celda de una red de frecuencia única (SFN), permitiendo tener una sola antena de recepción en medianas redes SFN a muy alta velocidad, sumando flexibilidad para el diseño de la red o para operar en bandas de frecuencia elevadas (por ejemplo en USA se ofrecerá el servicio DVB-H en Banda L). El modo 4K no es mandatorio en DVB-H.

Los términos de la negociación pueden ser expresados así:

- El modo 8k puede ser usado tanto para una sola operación de transmisión como para pequeñas, medianas y largas Redes de Frecuencia Única (SFNs). Esto brinda una tolerancia Doppler que permite una alta velocidad de recepción.
- El modo 4k puede ser usado tanto para una sola operación de transmisión como para pequeñas y medianas SFNs. Esto brinda una tolerancia Doppler que permite una muy alta velocidad de recepción.
- El modo 2k es apropiado para una sola operación de transmisión y pequeñas SFNs con distancias limitadas de transmisión. Esto brinda una tolerancia Doppler que permite una extremadamente alta velocidad de recepción.

En el sistema DVB – T, el modo de transmisión 2K es conocido por brindar un significativo mejor rendimiento en la recepción móvil que el modo 8K. Sin embargo, en el modo 2K la duración de los símbolos OFDM y consecuentemente la duración del intervalo de guarda asociado a este modo es muy pequeño. Esto hace que el modo de operación 2K sea apropiado para pequeñas redes SFN, haciéndose difícil para los diseñadores la construcción de redes que sean espectralmente eficientes. En la tabla 3, se puede ver que el símbolo OFDM 4K tiene una duración mayor y consecuentemente un mayor intervalo de guarda comparado con el símbolo OFDM 2K, permitiendo la construcción de redes SFN

medianas. Además muestra como los valores del intervalo de guarda y por lo tanto el tamaño de las celdas para el modo 4K caen entre los valores que brindan los modos 8K y 2K. Esto da a los diseñadores una mejor opción para optimizar las redes SFN, con respecto a la eficiencia espectral.

	8K	4K	2K
1/4	224 us	112 us	56 us
1/8	112 us	56 us	28 us
1/16	56 us	28 us	14 us
1/32	28 us	14 us	7 us

**Tabla 3.** Duración de los intervalos de guarda para todos los modos

Aunque tal optimización no es grande, como la que se logra con el uso del modo de transmisión 8K, otros beneficios se derivarán del uso del modo 4K. Con una corta duración del símbolo con respecto al modo 8K, la estimación del canal puede ser realizada más frecuentemente en el demodulador, así se tiene un rendimiento en la recepción móvil, la cual aunque no es tan alto como en el modo de transmisión 2K, es sin embargo muy adecuado para el uso en escenarios DVB – H. Además, duplicando el espacio entre las subportadoras con respecto al modo 8K, se logra una recepción móvil con una complejidad razonablemente baja en la estimación del canal, esto minimiza el consumo de potencia y el costo del receptor DVB – H.

La incorporación de un modo 4K brinda una buena negociación para el sistema: eficiencia espectral para los diseñadores de redes DVB – H y amplia movilidad para los consumidores.

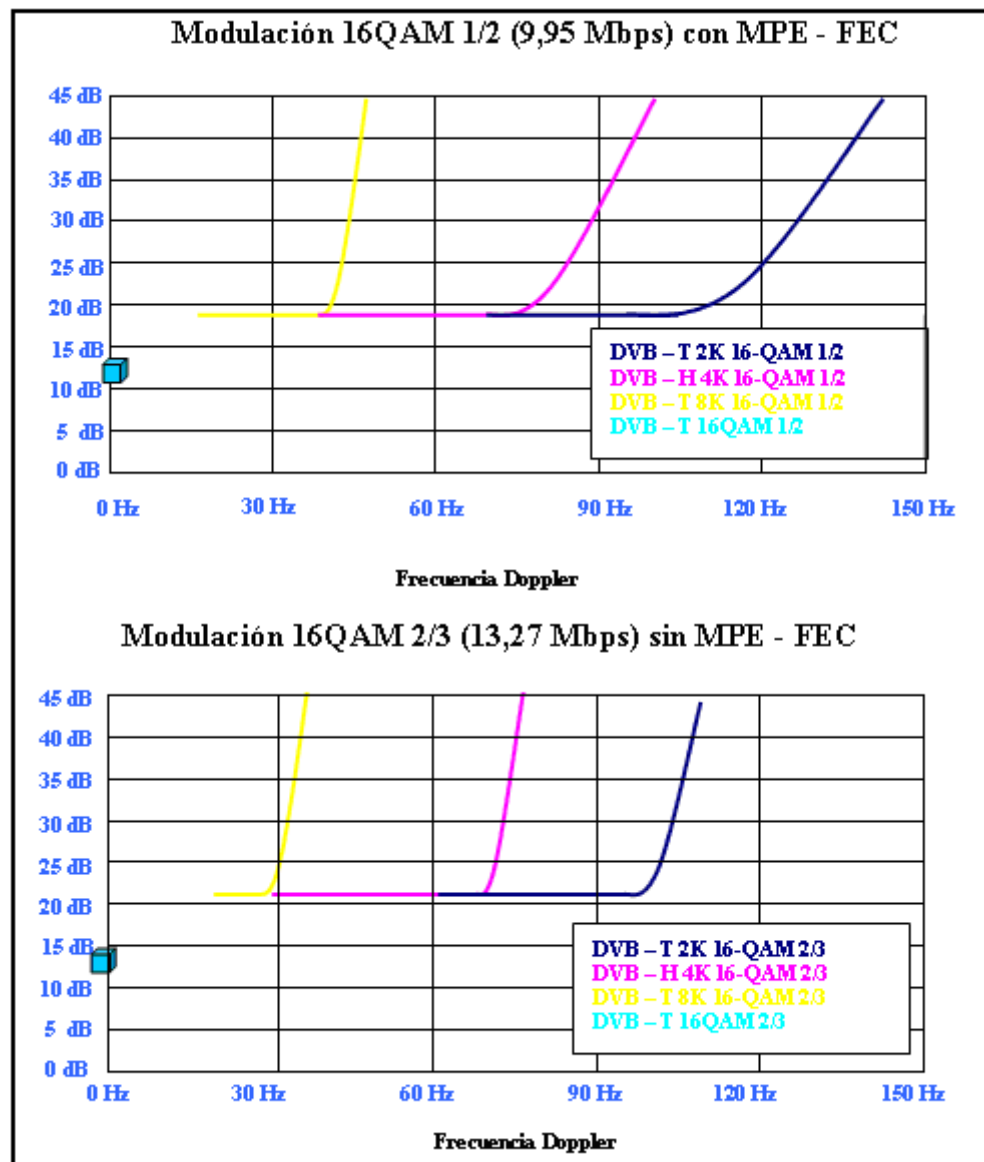
Un típico receptor móvil ya incorpora la suficiente memoria lógica y RAM para el manejo de señales 8K, estos requerimientos exceden los necesarios para la operación de 4K.

El espectro emitido del modo 4K es similar para los modos 2K y 8K, de manera que los dispositivos de transmisión que estaban previstos se mantienen.

El objetivo real del modo 4K es el aumento en el rendimiento de la recepción móvil. El actual estándar DVB – T brinda un excelente rendimiento móvil con el modo 2K, pero con el modo 8K el rendimiento es insatisfactorio, especialmente con un receptor razonable en relación con su costo y complejidad. En la planificación de la red, el pequeño intervalo de guarda del modo 2K se lo puede implementar dependiendo del tipo de área en el que se tiene planeada la implementación de la red, donde áreas geográficamente poco extensas son cubiertas con una sola frecuencia. Por estas razones, un compromiso entre los modos 2K y 8K, permitirán un rendimiento móvil aceptable en el lado del receptor mientras se tiene arquitecturas de red más económicas y más flexibles.

En la figura 48 se ilustra el rendimiento móvil que se espera tener para una constelación 16 QAM del modo 4K comparado con los modos de transmisión 2K y 8K. Se puede ver de manera inmediata que el rendimiento de 4K “máxima velocidad” es claramente adecuada con la Calidad de Servicio (QoS) esperada por DVB – H, cuando se compara con las figuras de 8K.



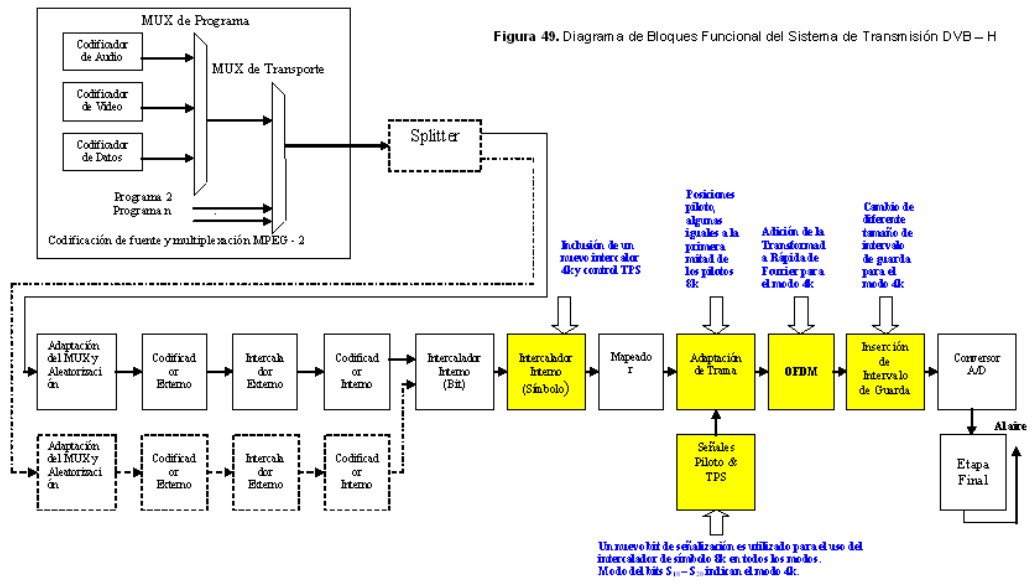


**Figura 48.** Rendimiento del modo 4k frente a los modos 2k y 8k

El diseño de redes de frecuencia única es medianamente sencillo con el modo 4K. El radio teórico del área de la red de frecuencia única es proporcional al máximo retardo del eco aceptable por el sistema de transmisión, el cual depende del valor del intervalo de guarda. Para el modo 4K, este radio es 2 veces mas largo que el radio del modo 2K y la mitad del radio del modo 8K.

El modo 4K debe ser usado conjuntamente con el entrelazado o intercalado de símbolos (in - depth symbol interleaver).

En la figura 49, se muestra los bloques del sistema DVB – T, los cuales son afectados por la presencia del modo de transmisión 4k generando así el diagrama de bloques funcional del sistema de transmisión DVB – H.



### 3.3.3.3 Intercalación de Símbolos (In – depth symbol interleaver - iDi)

El intercalador o entrelazador interno de símbolo OFDM no nativo para los modos 2K y 4K; crean dos nuevos modos de operación: el 2K con entrelazado 8K y el 4K con entrelazado 8K para mejorar la robustez en ambientes móviles y en condiciones de ruido. La utilización de este entrelazador no es mandatorio para DVB – H.

4K y el entrelazador interno de símbolos afectan a la capa física, sin embargo su implementación no implica un aumento en la capacidad de los equipos de DVB - T (especificación EN 300 744) sean estos transmisor o receptor.

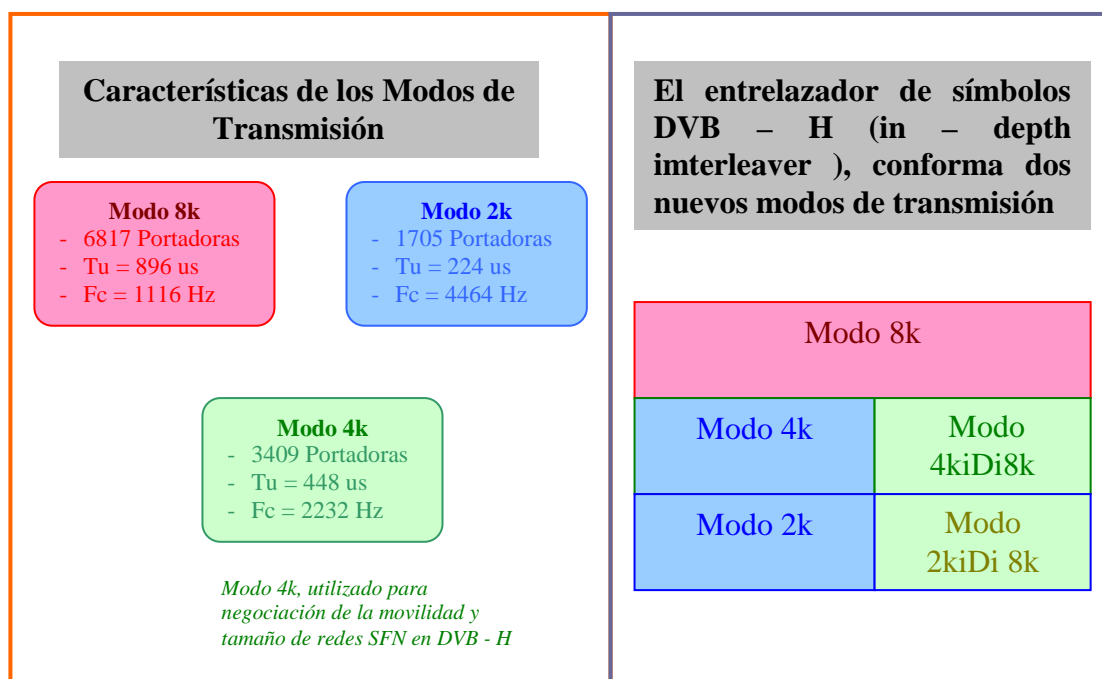
A nivel de capa física DVB-H obliga a utilizar DVB-T. Es perfectamente posible utilizar los modos ya existentes en el estándar DVB-T, en particular el modo 8K es muy apropiado puesto que permite la realización de redes de frecuencia única extensas y es muy robusto al ruido impulsivo. Por otra parte las nuevas funcionalidades han mejorado el comportamiento de los receptores en entornos de recepción móvil (antigua limitación del uso del modo 8K).

Así pues, los modos DVB-T pasan de ser dos: el 2K y el 8K a ser 5 modos: 2K, 2KiDi8K, 4K, 4KiDi8K y 8K. Los parámetros se mantienen los mismos, es decir: modulación de portadoras QPSK, 16QAM y 64QAM; FEC<sup>32</sup>: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8; e Intervalo de Guarda: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32.

En la figura 50 se muestra las características principales de los modos de transmisión utilizados en DVB – H, además de los nuevos modos de operación que se forman utilizando 2k con entrelazador 8k (2kiDi8k) y 4k con entrelazador 8k. (4kiDi8k); entonces los modos de operación pasan de tres a cinco modos.

---

<sup>32</sup> **FEC**, Forwar Error Correction (Corrección de Errores Hacia Delante), es un protocolo utilizado para corregir errores en una transmisión. Este se utiliza en sistemas sin retorno o en sistema en tiempo real donde no se puede esperar la retransmisión para mostrar los datos.

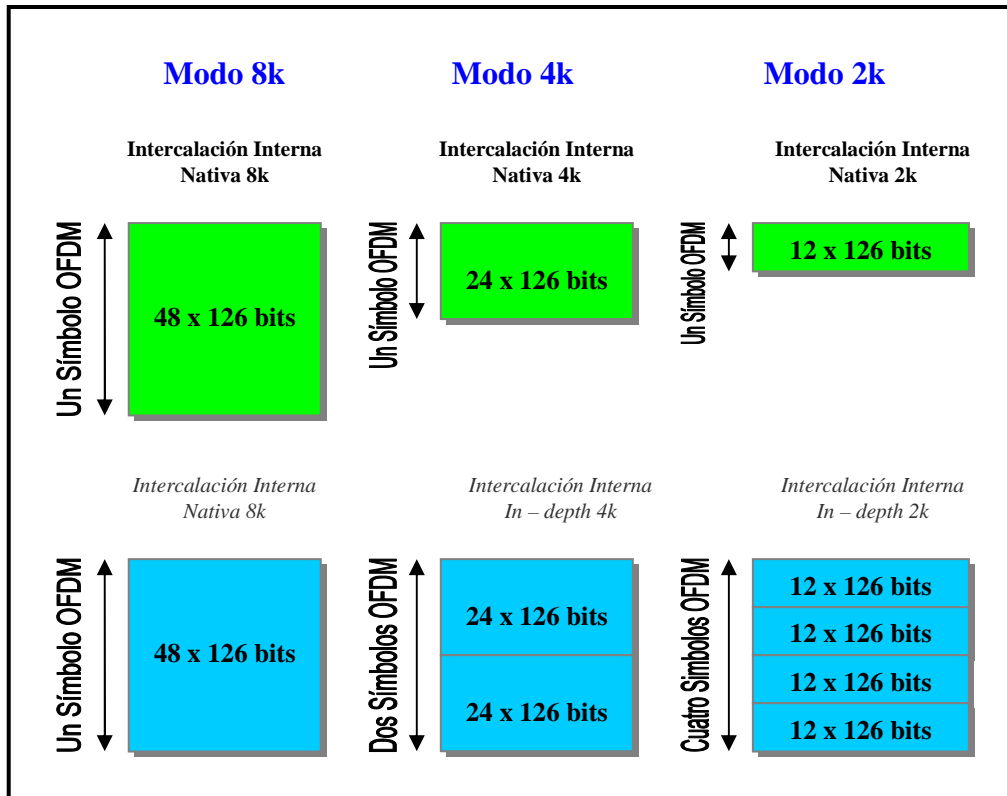


**Figura 50.** Modos de transmisión de DVB – H

La larga duración del símbolo del modo de transmisión 8k hace que este tenga una mayor capacidad de recuperación frente a la interferencia impulsiva. Para un cierto nivel de ruido que se origina en un evento de ruido impulsivo, este se distribuye sobre las 8192 portadoras por la Transformada Rápida de Fourier (FFT) en el demodulador. En los modos de transmisión 4k y 2k, la misma cantidad de nivel de ruido esta en promedio sobre las 4096 y 2048 portadoras respectivamente. El nivel de ruido por portadora es además el doble para el modo 4k y el cuádruplo para el modo 2k cuando se compara con el modo 8k.

El uso del intercalador de símbolo 8k para los modos 2k y 4k ayuda a que se distribuya la energía del ruido impulsivo a través de dos símbolos para el modo 4k y cuatro símbolos para el modo 2k. De manera que el comportamiento que tiene un símbolo 8k frente a un evento de ruido impulsivo es igual al comportamiento de los modos 2k y 4k a la salida del intercalador, debido a que, en el modo 2k, cuatro símbolos consecutivos tendrían en una portadora algún ruido cada cuatro portadoras, mientras que en el modo 4k, dos símbolos tendrían en una portadora algún ruido por cada dos portadoras, ver figura 51. El

entrelazado permite a los modos 2k y 4k operar con una inmunidad al ruido impulsivo casi similar al que tienen el modo 8k.



**Figura 51.** Intercalación Interna In - depth DVB - H

Cuando se configura una red de frecuencia única (SFN) usando un intercalador de símbolos se debería tener en cuenta: la exacta sincronización de la red SFN, un retardo adicional de un símbolo OFDM para el modo 4k y de tres símbolos OFDM para el modo 2k, dicho retardo debe ser compensado a través de la sincronización de la red.

### 3.3.4 ELEMENTOS DE CAPA ENLACE

- Ranurador de Tiempo (Time-slicing), utilizado para reducir el consumo de energía de una unidad terminal de recepción y permitir un imperceptible y adecuado handover<sup>33</sup>. Time - slicing es mandatorio para DVB - H.
- Encapsulación Multiprotocolo – Corrección de Errores hacia Adelante (MPE-FEC), es un mecanismo adicional de protección que ofrece el beneficio de dos efectos combinados, por una parte proporciona un entrelazado temporal de la señal que la hace más robusta en entornos móviles y de ruido impulsivo y por otra, añade un código *Reed Solomon* para recuperar errores.

#### 3.3.4.1 Ranurador de Tiempo (Time Slicing)

La característica principal de DVB-H es el uso de un mecanismo de multiplexación en tiempo para la encapsulación de los paquetes IP con el objetivo de reducir el consumo de energía del terminal.

En lugar del mecanismo de transmisión que se continúa empleado en DVB-T, el estándar DVB-H utiliza la técnica del *time-slicing* que consiste en el envío de los datos de cada servicio en ráfagas. Las ráfagas de datos se transmiten a muy altas velocidades en comparación con la tasa neta requerida por el servicio si se utilizaran los mecanismos tradicionales de *streaming*<sup>34</sup>.

##### 3.3.4.1.1 Implementación del ranurador de tiempo (*time slicing*)

Los objetivos del ranurador de tiempo están dirigidos hacia el ahorro del consumo de energía en terminales móviles de mano. Esta opción permite a DVB adoptar reglas de implementación óptimas en receptores, ya que estos se encuentran en un número mayor que los transmisores. El costo de implementarlo

---

<sup>33</sup> **Handover**, Cambio de una celda de cobertura a otra, sin pérdida de servicios.

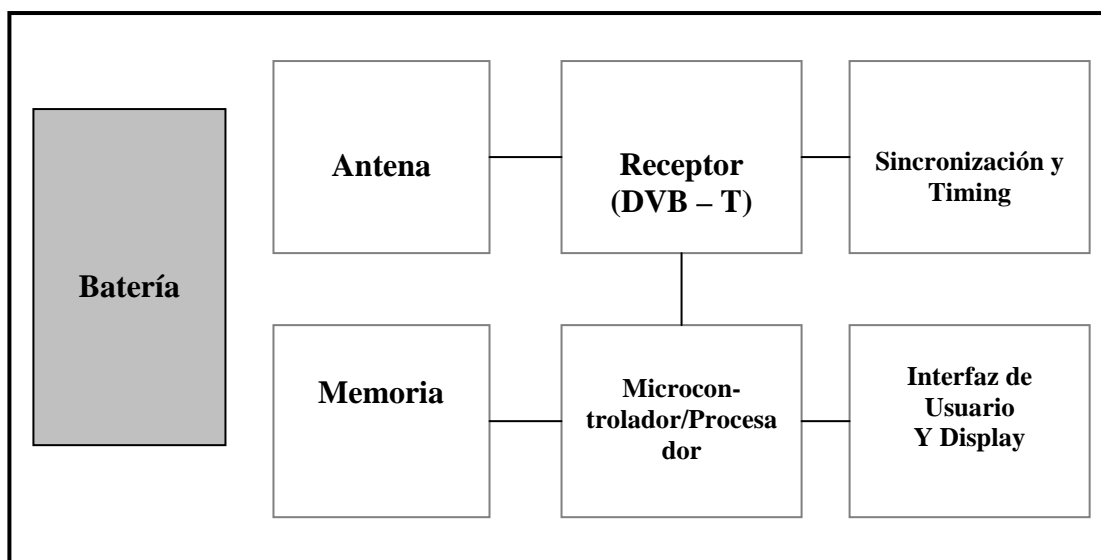
<sup>34</sup> **Streaming**, Transmisión de datos de manera continua.

en la red es menos crítico comparado con el costo que se tendría al implementarlo en el terminal.

#### 3.3.4.1.1.1 Receptor

Para la explicación del ranurador de tiempo se introduce una entidad llamada Receptor. Esta entidad es asumida para soportar algunas de las funcionalidades en un IRD<sup>35</sup> tradicional, incluyendo especialmente la Radio Frecuencia (RF), decodificación de canal y demultiplexación. El receptor brinda el soporte necesario para acceder a todos los servicios entregados bajo la norma DVB a un terminal móvil de mano, ver figura 52.

El Ranurador de Tiempo (Time Slicing) permite a una parte del receptor apagarse periódicamente, consiguiendo de esta manera un ahorro en de energía.



**Figura 52.** Terminal Móvil de Mano

<sup>35</sup> **IRD**, Integrador, receptor y decodificador para la recepción de transmisiones de voz, video y datos.



### 3.3.4.1.1.2 *Stack de protocolos*

La decodificación de grandes anchos de banda de flujos de audio y video MPEG – 2 produce un relativo consumo de potencia. Por lo tanto, esto no se puede considerar como una opción para la convergencia de un terminal de mano. Al mismo tiempo, existen un sinnúmero de razones por las que el ranurador de tiempo no está bien situado para los servicios que requieren de una gran velocidad de bits, una de estas razones es que no es posible tener una razonable longitud para el tiempo de desconexión (la velocidad de bit requerida para un servicio es muy alta comparada con la velocidad de bit que soporta la transmisión en una dirección específica).

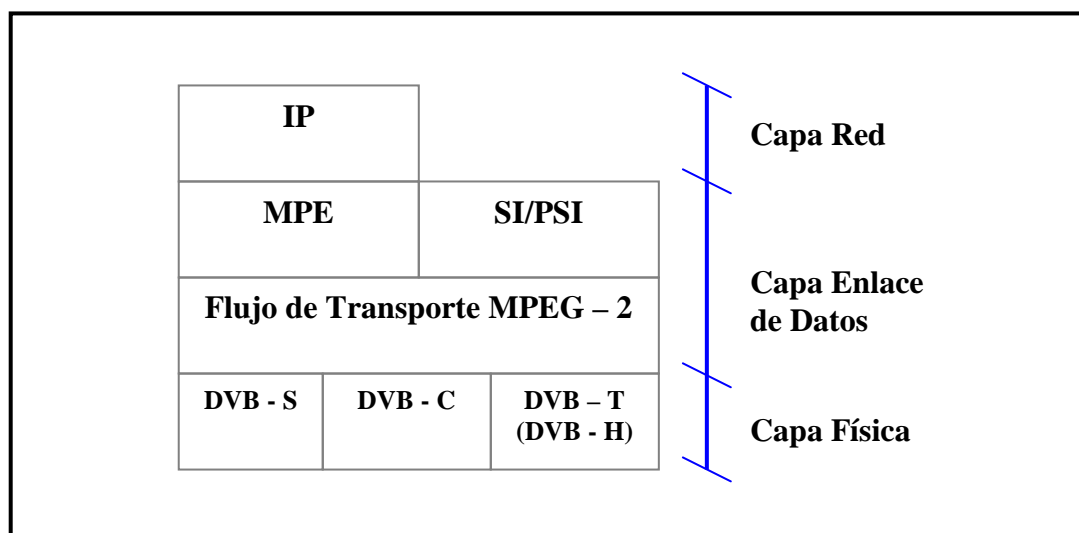
Mediante el uso del Protocolo Internet (IP) se permite la codificación de la información, la misma que será particionada (desacoplada) a partir de su transporte, por lo tanto se abren las puertas a un gran número de características que benefician a los terminales móviles de mano incluyendo una variedad de métodos de codificación, los cuales al decodificarse requieren un bajo consumo de potencia. Por lo tanto IP se ubica en la capa 3 del modelo de referencia para Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection) que es usado en la convergencia de terminales móviles de mano. Así IP es relativamente insensible a cualquier retardo o almacenamiento dentro de la transmisión. De manera que IP esta bien situado para terminales móviles de mano y para la transmisión usando ranuras de tiempo.

IPv6 (Protocolo Internet Versión 6) puede estar mejor situado en ambientes móviles (comparado con IPv4 (Protocolo Internet Versión 4)). Por lo tanto IPv6 puede ser la opción preferida en interfaces de difusión, sin embargo, Time Slicing y MPE – FEC pueden ser usados con IPv4 e IPv6. Cuando nos referimos al Time Slicing y/o al MPE – FEC sin hacer ninguna distinción, será necesario revisar la versión IP utilizada.

DVB tiene especificado cuatro métodos para la transmisión de datos: pequeños flujos de datos (Data Piping), flujos de datos (Data Streaming),

Encapsulación Multiprotocolo (Multiprotocol-Encapsulation, MPE) y Carrusel de datos (Data Carousel). Todos ellos pueden ser usados para la entrega de contenidos IP. Los métodos de transmisión Pequeños Flujos de Datos (Data Piping) y Flujos de Datos (Data Streaming) son raramente usados ya que ellos son ignorados en este contexto. Carrusel de Datos (Data Carousel) soporta la entrega de archivos y otros objetos de datos, pero no están situados para servicios que se transmiten a través de flujos. La implementación del Time – Slicing sobre un Carrusel de Datos puede ser dificultoso. MPE está bien situado para la entrega de flujos de servicios como archivos y otros objetos de datos. Nótese que DVB tiene especificado las direcciones IP sobre MPE en tablas INT (Tabla de Notificación IP/MAC), adicionalmente MPE soporta entregas de otros protocolos dando una mayor flexibilidad. Finalmente se tiene que la implementación de Time Slicing sobre MPE es sencilla.

En la figura 53 se ilustra el stack de protocolos especificados para el envío de datos IP sobre transmisiones DVB.



**Figura 53.** Stack de Protocolos, capas 1, y 3 del modelo OSI

### 3.3.4.1.1.3 Implementación en la capa enlace

Dentro de la capa enlace (Capa 2 del modelo de referencia OSI), el Ranurador de Tiempo (Time - Slicing) podría ser implementado sin importar si se lo hace a nivel de MPE (entrega dentro de una sección MPE usando  $\Delta - t$  el mismo que será analizado posteriormente) o a nivel de Flujo de Transporte (Transport Stream) (entrega dentro de un paquete de transporte usando  $\Delta - t$ ).

Para habilitar MPE – FEC el ranurador de tiempo tiene que ser implementado a nivel de MPE por las siguientes razones:

- *Es simple y poco costosa la implementación en el lado del receptor.* Puede ser implementado usando el hardware existente, y el manejo de parámetros en tiempo real puede ser implementado en software. Dependiendo de la implementación el ranurador de tiempo puede ser adoptado incluso en IRDs existentes mediante la actualización únicamente del sistema de software.
- *Es simple y poco costosa la implementación en el lado de la red.* Todo lo que requiere funcionalidad puede ser implementado dentro del Encapsulador IP.
- *La entrega de parámetros en tiempo real no tiene efecto sobre la velocidad de bit.* Los parámetros pueden ser entregados dentro del campo de la dirección MAC (MAC address).
- *Compatibilidad de principio a fin.* La actual especificación detalla un método para asignar una parte del campo de la dirección MAC (6 bytes) para otros usos. La mínima longitud de la dirección MAC es de un byte, permitiendo que más de 5 bytes puedan ser usados para parámetros en tiempo real. En el caso de time – slicing la función de filtrado puede usar la dirección MAC y/o la dirección IP.

#### 3.3.4.1.1.4 Método Delta – t

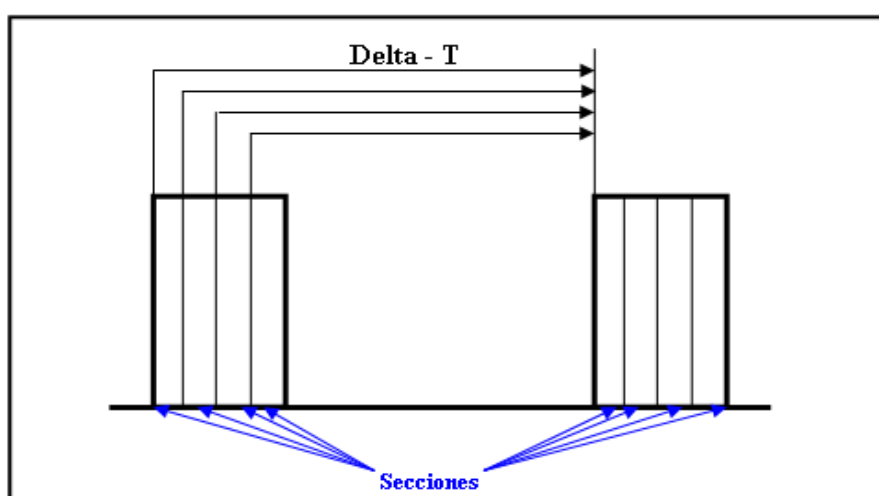
El objetivo básico del método delta – t es señalar el tiempo desde el inicio de la sección MPE (o MPE - FEC) que esta siendo recibida hasta el inicio de la siguiente ráfaga dentro del flujo elemental. Para guardar la insensibilidad de delta – t frente a cualquier retardo dentro de la trayectoria de transmisión, la información delta – t es relativa (por ejemplo “la siguiente ráfaga dentro del flujo elemental empezará después de 5 a 500 ms desde el momento presente”).

Entregando el delta – t en secciones MPE (o MPE - FEC) se reemplaza la necesidad de realizar una sincronización entre relojes del transmisor y receptor, volviéndose muy flexible para los parámetros tales como tamaño de la ráfaga (Burst Size), duración de la ráfaga (Burst Duration), velocidad de bit de la ráfaga (Burst Bit Rate) y el tiempo de desconexión (Off - Time), que se los puede variar entre flujos elementales de una mejor manera que entre las ráfagas dentro de un flujo elemental. El receptor debe ser lo suficientemente exacto únicamente para el tiempo de desconexión (Off - time) porque el reloj es reinicializado para cada ráfaga.

Dentro de la cabecera de la sección MPE, un campo de seis bytes se debe asignar para la dirección MAC (MAC address). La longitud de la dirección MAC es señalada en el descriptor de transmisión de datos (data broadcast descriptor) insertado en el SDT (Tabla de Descripción del Servicio) o EIT (Tabla de Información de Eventos). La mínima longitud de la dirección MAC es de un byte, dejando los cinco bytes restantes para otro uso, como, cuatro de los cinco bytes son asignados para la entrega de parámetros en tiempo real de el ranurador de tiempo (time – slicing) y el encapsulador multiprotocolo – corrección de errores hacia delante (MPE - FEC). Esto brinda también el beneficio de que no se requiere una velocidad de bit adicional para la entrega de estos parámetros. Nótese que la transmisión de cinco bytes es obligatoria aunque estos sean usados o no para la dirección MAC.

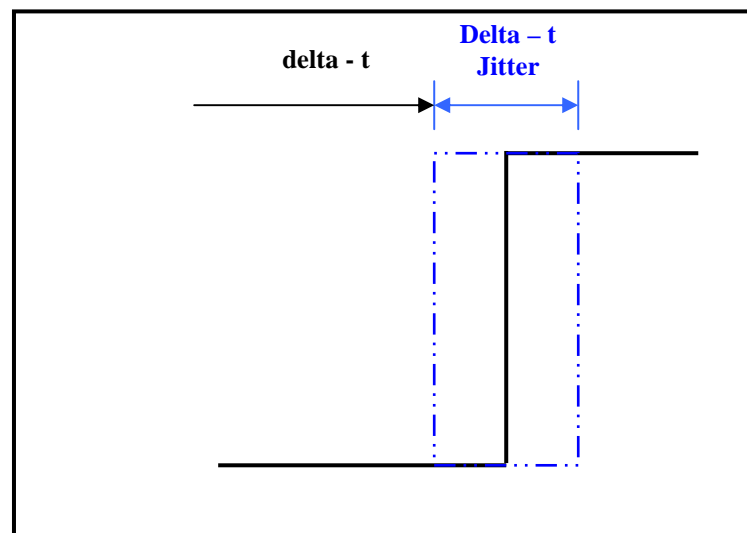
En el caso de flujos IP multidestino (Multicast IP) la dirección MAC es en realidad una redundancia de datos, ya que la dirección MAC es una función del grupo de direcciones IP multidestino. Para todos los flujos IP, la cabecera del datagrama IP sigue inmediatamente después de la sección de cabecera MPE incluyendo la dirección IP del origen y destino que únicamente identifica el flujo IP. El receptor puede ignorar totalmente la dirección MAC filtrando únicamente las direcciones IP o usando el byte de la dirección MAC para diferenciar los flujos IP dentro del flujo elemental. Incluso si el filtro dentro del demultiplexor es implementado únicamente en el nivel de la sección, la capa física deberá ser capaz de filtrar cualquier datagrama IP basado en la dirección IP.

En condiciones de mala recepción, partes de una ráfaga se pueden perder. En el caso de que la información  $\Delta - t$  se pierda, el receptor no podría conocer el tiempo de la siguiente ráfaga y por lo tanto este estaría forzado a estar en espera de la llegada de la siguiente ráfaga. Para evitar esta situación, el  $\Delta - t$  (junto con otros parámetros en tiempo real) debería ser enviado en la cabecera de cada sección MPE y MPE – FEC dentro de una ráfaga. Incluso en condiciones de muy mala recepción, si solamente una sección de MPE o MPE – FEC es recibida, esta proporcionará la información  $\Delta - t$  que será usada para conseguir accesos y ahorro de energía. Ver figura 54.



**Figura 54.**  $\Delta - t$  indicada en la cabecera de cada Sección MPE, para saber el inicio de la siguiente ráfaga.

Como el  $\Delta - t$  indica tiempos relativos en vez de tiempos absolutos, el método es insensible a cualquier retardo constante dentro de una trayectoria de transmisión. Sin embargo, el jitter va a tener un efecto en la precisión del  $\Delta - t$ , a este jitter se lo conoce como  $\Delta - t$  Jitter, ver figura 55. Si el  $\Delta - t$  indica lo más rápido posible el tiempo en el que la siguiente ráfaga va a empezar, cualquier  $\Delta - t$  Jitter puede ser manejado a través de la reducción del  $\Delta - t$  y por lo tanto se reducirá la exactitud del  $\Delta - t$ . Sin embargo nótese que la precisión del  $\Delta - t$  tiene un efecto directo en la obtención del ahorro de energía. Para mejorar la estimación del jitter en el receptor, se debe asegurar que el tiempo de activación para la siguiente ráfaga no sea erróneamente muy retrasada ya que la ráfaga actual está siendo demorada.



**Figura 55.** Jitter Delta - t

Para el ranurador de tiempo (time slicing), un  $\Delta - t$  Jitter de 10 ms puede ser aceptable, la razón es que los 10 ms es la duración de la señalización  $\Delta - t$ . Este valor debería ser sencillo obtener, ya que las trayectorias típicas para transmitir soportan una buena exactitud. Por otro lado, la disminución de los 10 ms virtualmente no produce ganancia ya que este es menor que el jitter típico en el Tiempo de Sincronización.

El Tiempo de Sincronización es el tiempo extra que requiere un receptor para volver a lograr un bloqueo en la señal antes de que empiece la recepción de la siguiente ráfaga. En las actuales implementaciones de DVB – T el tiempo es estimado para que esté en el orden de los 200 – 250 ms. El Tiempo de Sincronización es dependiente en su implementación, y típicamente difiere notablemente de tiempo a tiempo.

Se puede ver como el Delta – t Jitter tiene un efecto similar al Tiempo de Sincronización. Cuando el máximo Delta – t Jitter es conocido con exactitud, se puede asumir que en promedio cada ráfaga empieza en  $1/2 \times \text{Delta} - t \text{ Jitter}$  después de el tiempo indicado por delta – t. Sin embargo, en posteriores cálculos se aumenta  $3/4 \times \text{Delta} - t \text{ Jitter}$  para el Tiempo de Sincronización. Esto permite a un operador de red usar dos veces el valor del Delta – t Jitter.

#### *3.3.4.1.1.5 Tamaño de la ráfaga (burst time) y tiempo de desconexión (off - time)*

El tamaño de una ráfaga debe ser menor que el tamaño de memoria disponible en un receptor. Cuando una ráfaga es recibida, un receptor tiene un buffer de datos dentro de la memoria para ser ocupado durante el tiempo entre ráfagas. Se puede asumir que el receptor puede soportar dos megabits de memoria para almacenar una ráfaga entrante. Los flujos de servicios pueden requerir una capacidad de almacenamiento mayor, incluso si no se usa el ranurador de tiempo (time - slicing). Nótese que un receptor soporta simultáneamente recepciones de múltiples flujos elementales time – slicing de manera que puede tener la necesidad de tener un buffer de dos megabits por cada flujo elemental time – slicing, a menos que los flujos elementales usen tamaños de ráfagas pequeños.

El tamaño de ráfaga (Burst Size) se refiere al número de bits en la Capa Red (Network Layer) dentro de una ráfaga. Los bits de la Capa Red están constituidos de una sección de bits de Payload (Carga útil, información), cada

sección MPE y MPE – FEC contiene 16 bytes de overhead<sup>36</sup> formados por la cabecera y el CRC – 32<sup>37</sup>. Asumiendo un tamaño promedio de datagrama IP de 1 kilobyte, este indica un 1.5% de overhead. En conclusión, la cabecera del paquete de transporte causa el overhead, el cual depende de la longitud de una sección. Si la longitud de una sección es 1 kilobyte el overhead es aproximadamente de 2,2 %. Para posteriores cálculos se asume un overhead del 4 % ocasionado por las cabeceras de sección y paquetes de transporte.

Velocidad de Bit de la Ráfaga (Burst Bitrate), es la velocidad de bit utilizada por un flujo elemental Time – Slicing mientras se está transmitiendo una ráfaga. Velocidad de Bit Constante (Constant Bitrate) es el tiempo promedio requerido por un flujo elemental cuando no hay ranuras en el tiempo (time - slicing). Tanto la Velocidad de Bit de la Ráfaga como la Velocidad de Bit Constante incluyen transmisión de paquetes de transporte (188 bytes). Para una Ráfaga de Tamaño de un megabit y una Velocidad de Bit de Ráfaga de un megabit por segundo (Mbps), la Duración de la Ráfaga (Burst Duration) (tiempo desde donde empieza hasta donde termina la ráfaga) es 1,04 segundos (exactamente para el 4 % de overhead). Ver figura 56.

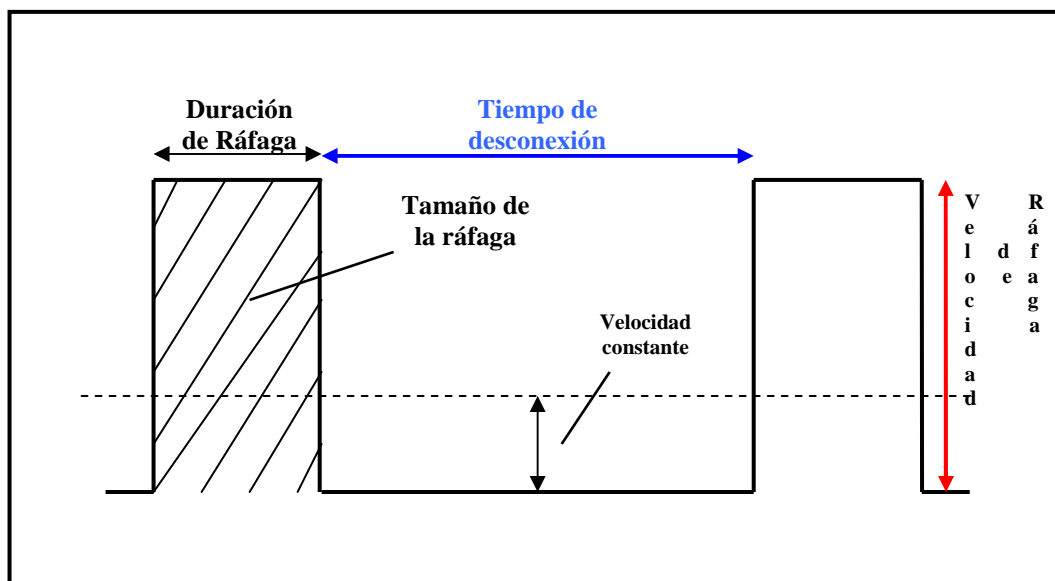
Tiempo de Desconexión (Off - Time) es el tiempo entre ráfagas. Durante el tiempo de desconexión los paquetes de transporte son entregados sobre el flujo elemental relevante.

---

<sup>36</sup> **Overhead.** Desperdicio de ancho de banda, causado por la información adicional (de control, de secuencia, etc.) que debe viajar además de los datos, en los paquetes de un medio de comunicación. El overhead afecta al Throughput (velocidad efectiva) de una conexión.

<sup>37</sup> **CRC – 32,** CRC (Códigos de Redundancia Cíclica) Son códigos cíclicos o polinómicos. Su uso está muy extendido porque pueden implementarse en hardware con mucha facilidad y son muy eficientes. Estos códigos se basan en el uso de un polinomio generador  $G(X)$  de grado  $r$ , y en el principio de que  $n$  bits de datos binarios se pueden considerar como los coeficientes de un polinomio de orden  $n-1$ . El polinomio generador de CRC-32 es:  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ .





**Figura 56.** Parámetros de Ráfaga

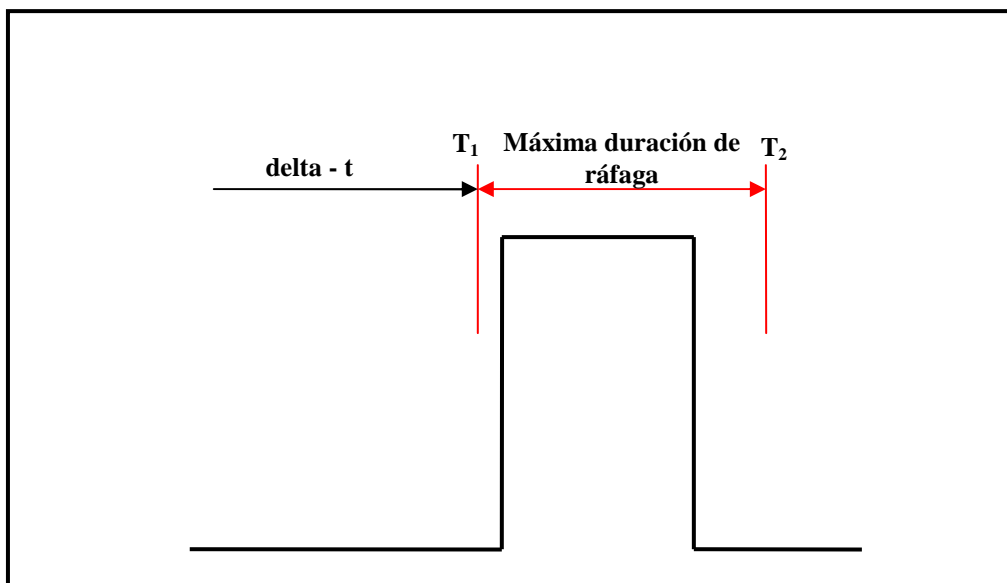
Nótese que durante el tiempo de conexión (On - time) (por ejemplo mientras una ráfaga se está transmitiendo) los paquetes de transporte de otros flujos elementales pueden también ser transmitidos. Esto ocurre cuando la velocidad de bit de la ráfaga es menor que la velocidad de bit del flujo de transporte (por ejemplo la ráfaga usa solamente una parte de la velocidad de bit disponible sobre el flujo de transporte).

En este caso, los paquetes de transporte del ranurador de tiempo y los flujos elementales sin ranuras de tiempo son multiplexados juntos sobre una base paquete por paquete (packet by packet). Esto asegura que los receptores tradicionales DVB – T los cuales reciben servicios sin ranuras en el tiempo (sin time slicing) no sean bloqueados desde la recepción durante una ráfaga Time slicing.

Duración Máxima de la Ráfaga (Maximum Burst Duration), es la máxima duración de una ráfaga y será señalizada por cada flujo elemental time slicing. Una ráfaga no empezará antes de  $T_1$  y no terminará hasta  $T_2$ , donde  $T_1$  es el tiempo indicado por  $\Delta - t$  sobre la ráfaga previa, y  $T_2$  es  $T_1$  más la Duración Máxima de la Ráfaga (ver figura 57). En pobres condiciones de recepción un

receptor podría usar esta información para saber cuando una ráfaga a terminado (time - out).

Para habilitar un receptor con la confiabilidad de distinguir una ráfaga de otra, la siguiente ráfaga no debería empezar antes de T2 de la ráfaga actual. La distinción entre ráfagas de forma segura es requerida especialmente cuando MPE – FEC es usado.



**Figura 57.** Máxima Duración de Ráfaga

- Formulas para calcular la longitud de una ráfaga, tiempo de desconexión y ahorro de energía

$$B_d = \frac{B_s}{B_b * 0.96}$$

$$Ot = \frac{B_s}{C_b * 0.96} - B_d$$

$$P_s = \left( 1 - \frac{(B_d + S_t + (3/4 * D_j)) * C_b * 0.96}{B_s} \right) * 100\%$$

$B_d$  = Duración de la Ráfaga (segundos)

$B_s$  = Tamaño de la ráfaga (bits)

$B_b$  = Velocidad de Bit de la ráfaga (bits por segundo - bps)

$C_b$  = Velocidad de Bit Constante (bits por segundo - bps)

$O_t$  = Tiempo de Desconexión (segundos)

$S_t$  = Tiempo de Sincronización (segundos)

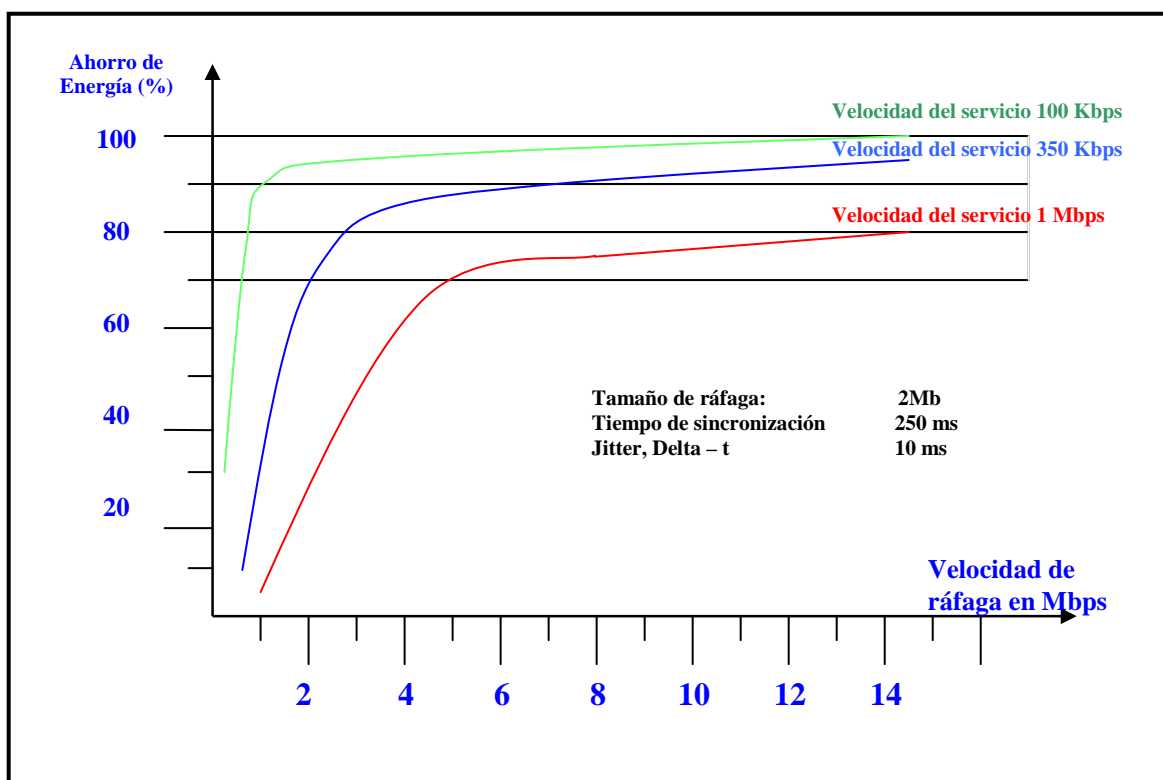
$P_s$  = Ahorro de Energía (porcentaje)

$D_j$  = Delta – t Jitter (segundos)

0.96 = Como se asume 4 % de overhead se tiene el 96 % de payload el mismo que corresponde a la constante 0,96.

Si el tamaño de la ráfaga (Burst Size) es 2 megabits (sobre la sección de payload de MPE y MPE - FEC) y la Velocidad de Bit de la Ráfaga (Burst Bitrate) es 15 Mbps (sobre los paquetes de transporte), la máxima duración de la ráfaga es 140 mili segundos (desde el comienzo del primer paquete de transporte hasta el final del último paquete). Si el flujo elemental lleva un flujo de servicio con una velocidad de bit constante de 350 Kbps, y no es soportado el MPE – FEC, el tiempo de desconexión promedio es 6,10 segundos. Asumiendo un tiempo de sincronización de 250 mili segundos y un Delta – t Jitter de 10 mili segundos, se puede conseguir un ahorro en el consumo de energía del 93 %. El Delta – t Jitter tiene solamente un pequeño efecto en el ahorro de energía, cambiando el valor de 0 a 100 mili segundos disminuye el ahorro de energía solamente del 94 % al 92 %.

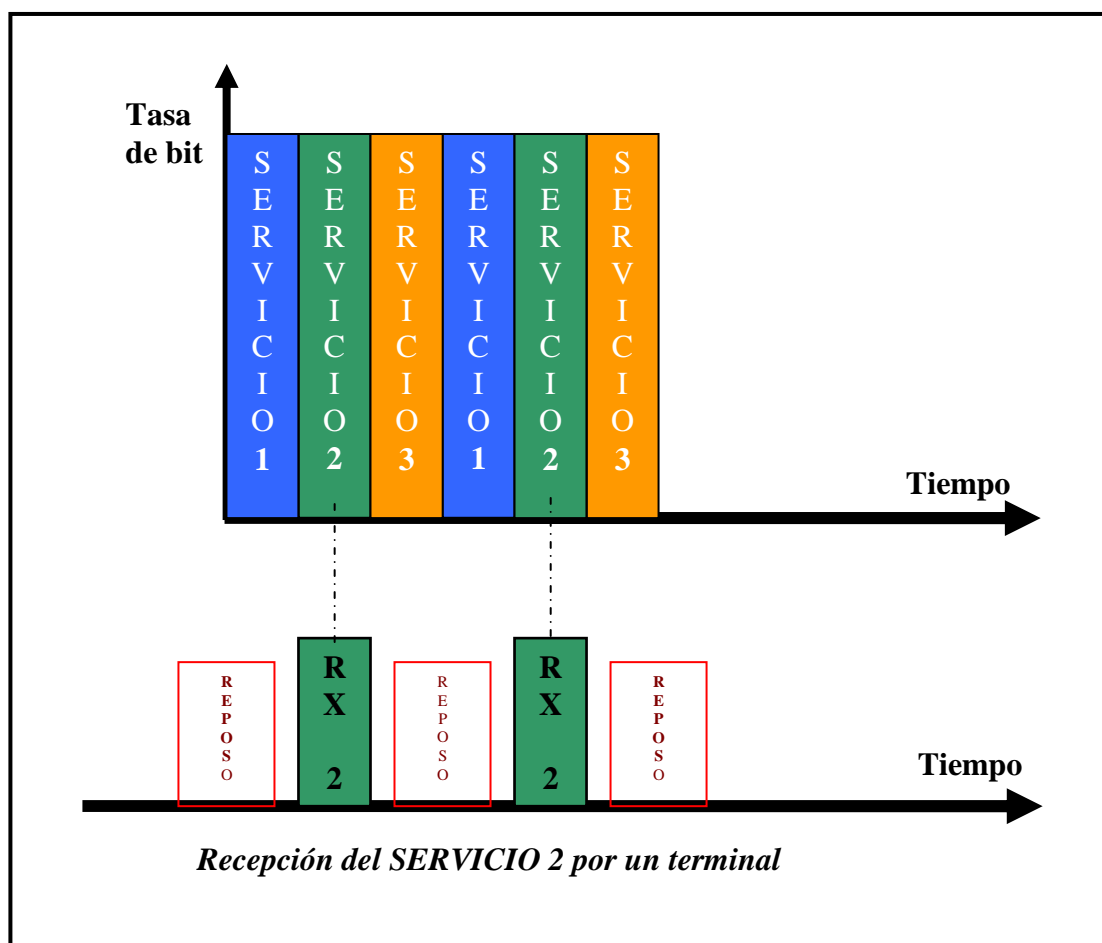
La figura 58 muestra como el incremento en la velocidad de bit de la ráfaga (Burst Bitrate) de aproximadamente diez veces la velocidad de bit constante, incrementa el ahorro de energía. Para una velocidad de bit constante de 350 Kbps, incrementando la velocidad de bit de la ráfaga de 1 Mbps a 2 Mbps se incrementa el ahorro de energía del 60 % al 78 %. Sin embargo, duplicando la velocidad de bit de la ráfaga de 7 Mbps a 14 Mbps se obtiene un beneficio menor que el 3 % en el ahorro de energía (91 % a 93 %).



**Figura 58.** Ahorro de energía en función del bitrate del servicio y del bitrate dedicado a DVB-H (puede ser todo un múltiplex o una parte del mismo)

#### 3.3.4.1.1.6 Soporte para el handover (handover support)

El ranurador de tiempo (time slicing) le permite a un receptor monitorear celdas vecinas sin interrumpir la recepción del servicio. Durante el tiempo entre ráfagas, el receptor puede escanear otras señales disponibles comparando la potencia de la señal e incluso implementando un handover entre los flujos de transporte sin interrumpir la recepción del servicio (seamless), ver figura 59.

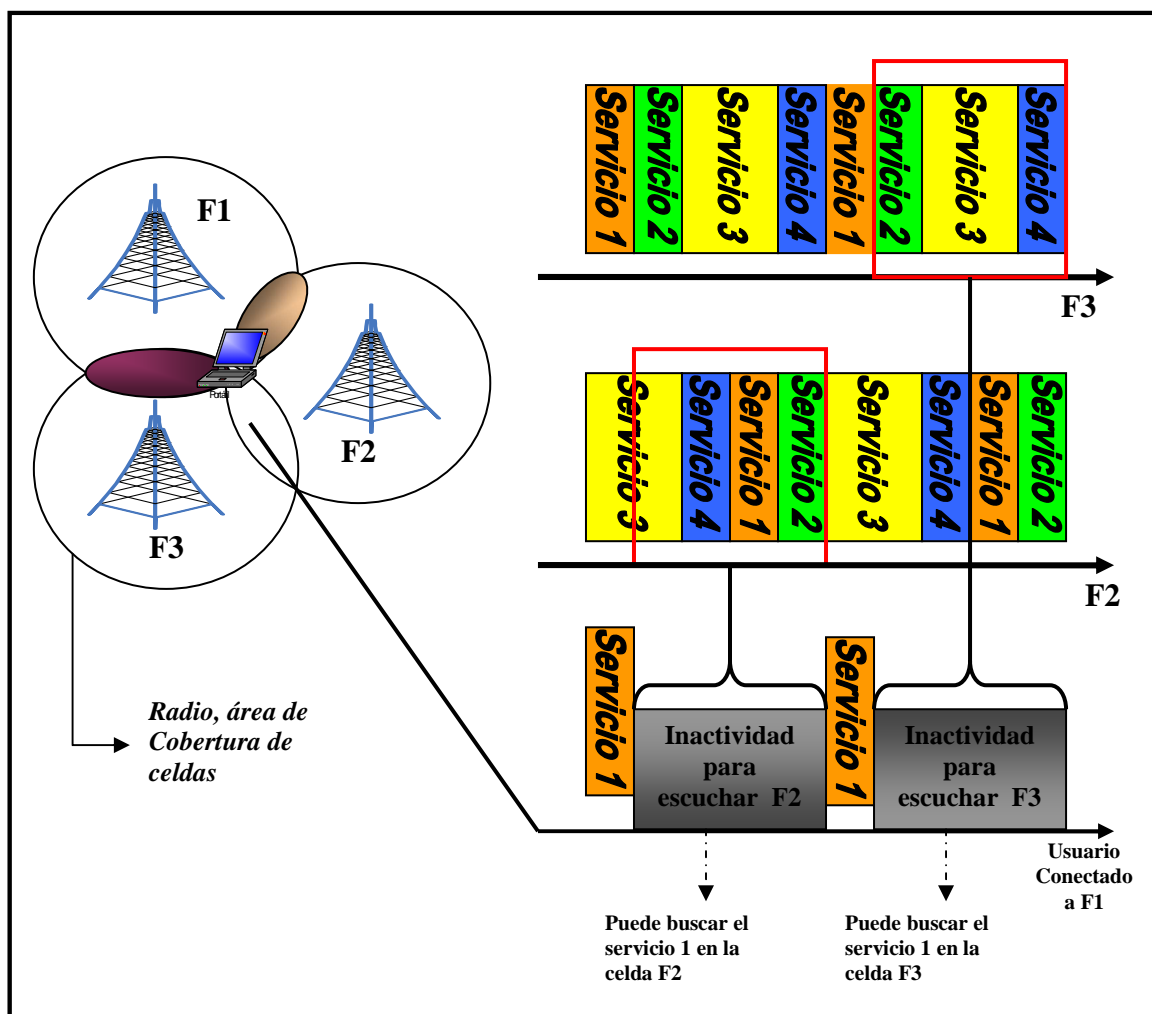


**Figura 59.** Definición conceptual de time - slicing

El procesamiento de tales tareas tiene un efecto sobre el posible ahorro de energía. El tiempo requerido para chequear la potencia de la señal sobre una sola frecuencia es típicamente menor que 20 mili segundos; usando métodos apropiados para anticipar señales disponibles, un receptor puede disminuir significativamente el número de frecuencias a chequear. Se debe lograr chequear una vez cada ciclo y además el tiempo requerido tiene que ser solamente una fracción de el tiempo de desconexión (Off - time).

La sincronización debe ser cuidadosamente implementada en el headend, así el mismo servicio es transmitido sobre diferentes ranuras al mismo tiempo en celdas vecinas. Esto debería asegurar aparentemente que no se interrumpa la

recepción (cero paquetes perdidos) cuando se esta realizando el handover de una celda a otra, ver figura 60.

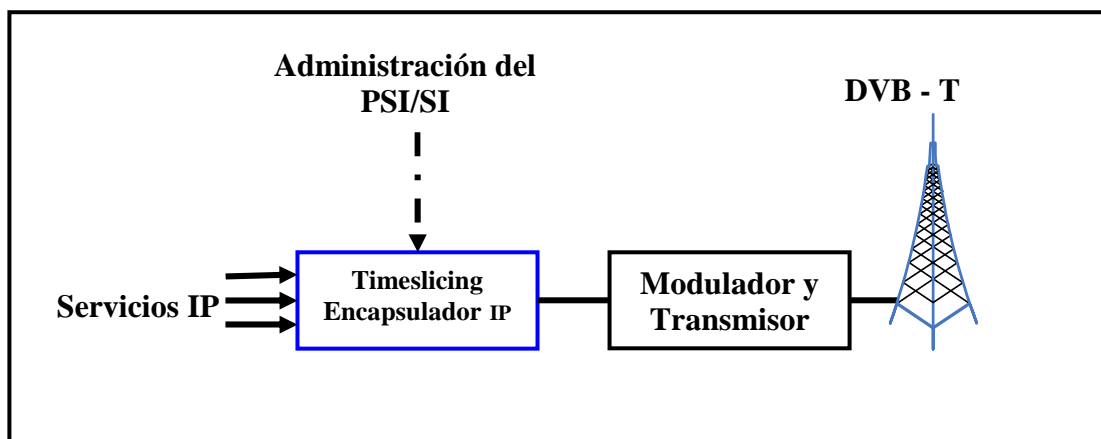


**Figura 60.** Escaneo de celdas durante inactividad.

3.3.4.1.1.7 Mezcla de flujos elementales time slicing dentro de un multiplex (mixing time slicing elementary streams into a multiplex)

La figura 61 ilustra una simple construcción de un headend para una transmisión dedicada únicamente a servicios IP.

El encapsulador IP es asumido para tomar responsabilidad en la generación de secciones MPE a partir de los datagramas IP entrantes, para aumentar los datos de Información Específica de Programa / Información del Servicio (PSI/SI). También, tramas MPE – FEC cuando son usadas son generadas en el encapsulador IP. El flujo de salida del encapsulador IP está compuesto de paquetes de transporte MPEG – 2.



**Figura 61.** Construcción de un Headend para un multiplex dedicado

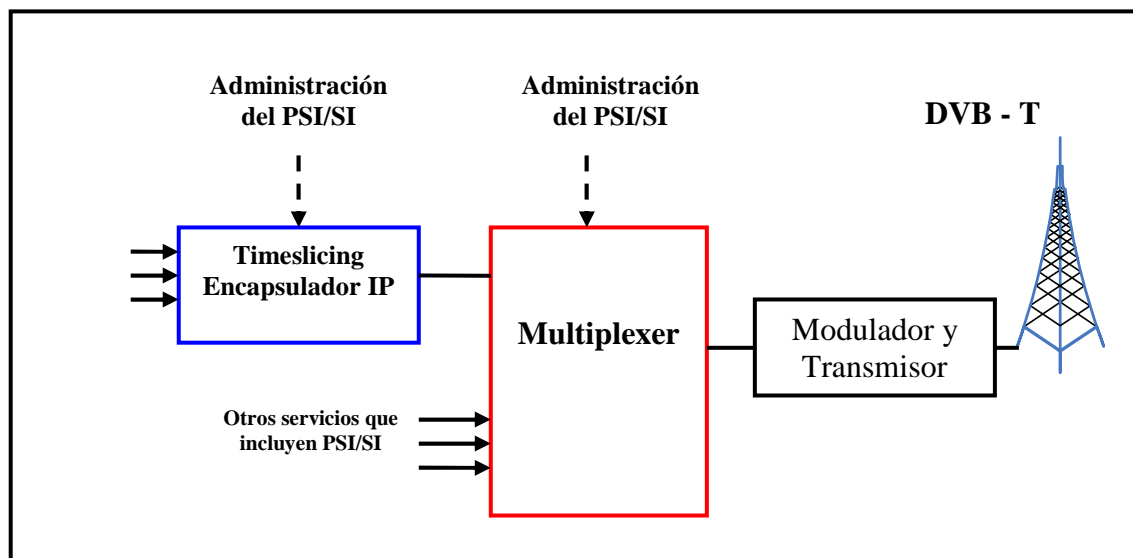
Como en el headend de la figura 61 no hay otros servicios, la funcionalidad del mismo se vuelve simple. Las ráfagas Time slice son generadas en el encapsulador IP. Una ráfaga puede usar la máxima velocidad de bit. Ningún periodo de desconexión (off - period) (tiempo cuando ráfagas sin datos son transmitidas sobre flujos elementales) puede ser llenado con paquetes vacíos. Las secciones PSI/SI pueden ser extendidas sobre el flujo de transporte debido a la asignación de una velocidad de bit constante para esto. Nótese que con una buena afinación del ranurador de tiempo (time slicing) nunca se tendrá periodos de desconexión, ya que allí se transmitirá siempre una ráfaga de un flujo elemental.

La figura 62 ilustra la construcción de un headend para la transmisión del múltiplex, el mismo que contiene servicios IP y otro tipo de servicios (TV - digital). La mayor diferencia para el caso de un multiplex dedicado, está en el multiplexor

que se requiere. Nótese que este es similar para el caso donde un flujo de transporte contiene flujos elementales time slicing remultiplexados.

Se asume que una velocidad de bit constante es permitida para todos los flujos elementales con time slicing, para el resto de los flujos de transporte la velocidad de bit de los flujos elementales sin time slicing es variable.

El proceso de multiplexación aumenta el Delta – t Jitter. Esto tiene un efecto negativo sobre la precisión del delta – t produciendo una disminución en el ahorro de energía. Como se dijo anteriormente, una trayectoria típica de transmisión incluyendo multiplexor/es pueden garantizar un bajo jitter mejor que el requerido de 10 mili segundos. Por lo tanto, el uso de un multiplexor en general no tiene un efecto significativo sobre el Time – Slicing. Sin embargo, es importante que el aumento en el Delta – t Jitter sea tomado en cuenta en la señalización delta – t.

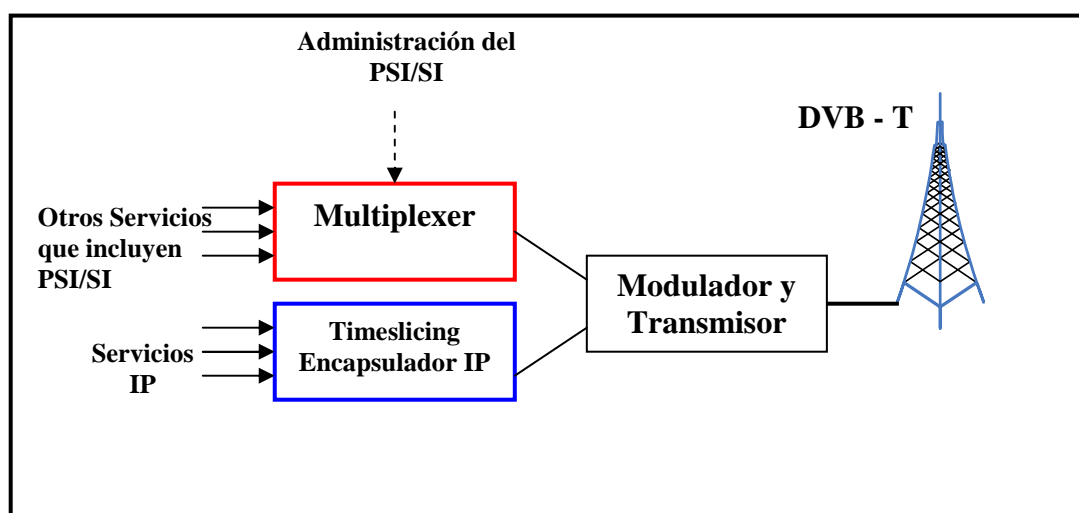


**Figura 62.** Construcción de un Headend para un multiplex mixto

Una posible manera para evitar mezclar flujos Time Slicing y flujos sin Time Slicing dentro de un multiplex común y para evitar el uso de un multiplexor, es el



uso del modo de transmisión jerárquica. En este caso el multiplex que contiene servicios Time Slicing es transmitido en alta prioridad asegurando una mejor robustez en ambientes móviles mientras el multiplex para servicios sin Time Slicing es transmitido en baja prioridad proporcionando una alta velocidad de bit para servicios sobre recepciones fijas. Esto soporta efectivamente dos multiplex sobre una sola transmisión. Una construcción de manera simplificada del headend soportando transmisión jerárquica se ilustra en la figura 63.



**Figura 63.** Construcción de un Headend para transmisión Jerárquica

#### 3.3.4.1.1.8 Ranuración de tiempo de psi/si (time slicing of PSI/SI)

La Información Específica del Programa / Información del Servicio (PSI/SI) no debe ser ranurado en el tiempo. El PSI/SI no soporta entrega de parámetros dentro de sus tablas, si se aumentará tal soporte este no sería compatible con implementaciones existentes, por lo tanto, un Terminal móvil de mano no requiere que el PSI/SI sea ranurado en el tiempo.

Las tablas de Información del Servicio (SI) accesadas por un terminal móvil de mano convergen entre las Tablas de Información de Red (NIT) y las Tablas de Notificación IP/MAC (INT). Otro tipo de tablas no son requeridas, ya que estas no

llevan información adicional para que un terminal acceda al envío de servicios vía MPE. El contenido de la NIT es estático por naturaleza, entonces un Terminal típicamente solo accederá a una NIT cuando se va a enganchar a una red. Cuando se cambie de un flujo de transporte a otro, un Terminal puede necesitar leer el contenido de la INT, pero lo hará solo una vez. Los cambios en una INT pueden ser señalados en la PSI, asegurándose que no se requiera un filtrado constante de la INT.

Las tablas PSI son retransmitidas al final una vez cada 100 mili segundos. Cuando la duración de la ráfaga es mayor que 100 mili segundos, el Terminal tiene acceso a todas las tablas PSI mientras este recibiendo la ráfaga. En caso de ráfagas cortas, el Terminal puede mantener activo el receptor hasta que todas las tablas requeridas sean recibidas.

El método de *time-slicing* es realmente efectivo para el ahorro de energía en el terminal, actualmente DVB-H es el estándar que menor consumo de energía presenta.

#### **3.3.4.2 Encapsulación Multiprotocolo – Corrección de Errores hacia adelante (MPE – FEC)**

El objetivo de MPE-FEC es el de mejorar la relación señal a ruido ante el efecto doppler<sup>38</sup> en canales móviles y mejorar también la tolerancia a interferencia impulsional. Esto se consigue introduciendo un nivel adicional de control de errores en la capa MPE. Se añade información de paridad calculada a partir de los datagramas IP y se envía esta información en secciones MPE-FEC específicas.

---

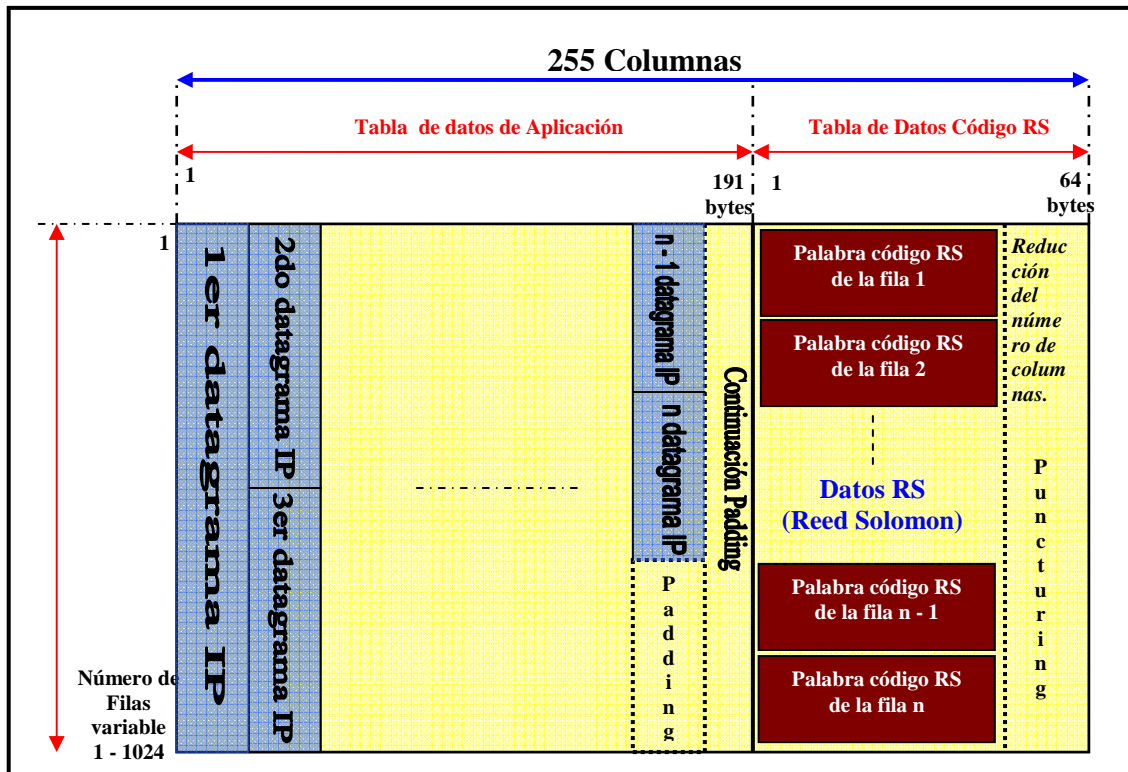
<sup>38</sup> **DOPPLER**, Alteración de frecuencia (o la longitud de onda) producida por el movimiento relativo entre la fuente emisora y el receptor.

### 3.3.4.2.1 *Implementación de MPE – FEC*

#### 3.3.4.2.1.1 *Trama MPE – FEC*

➤ *Definición de la trama MPE – FEC*

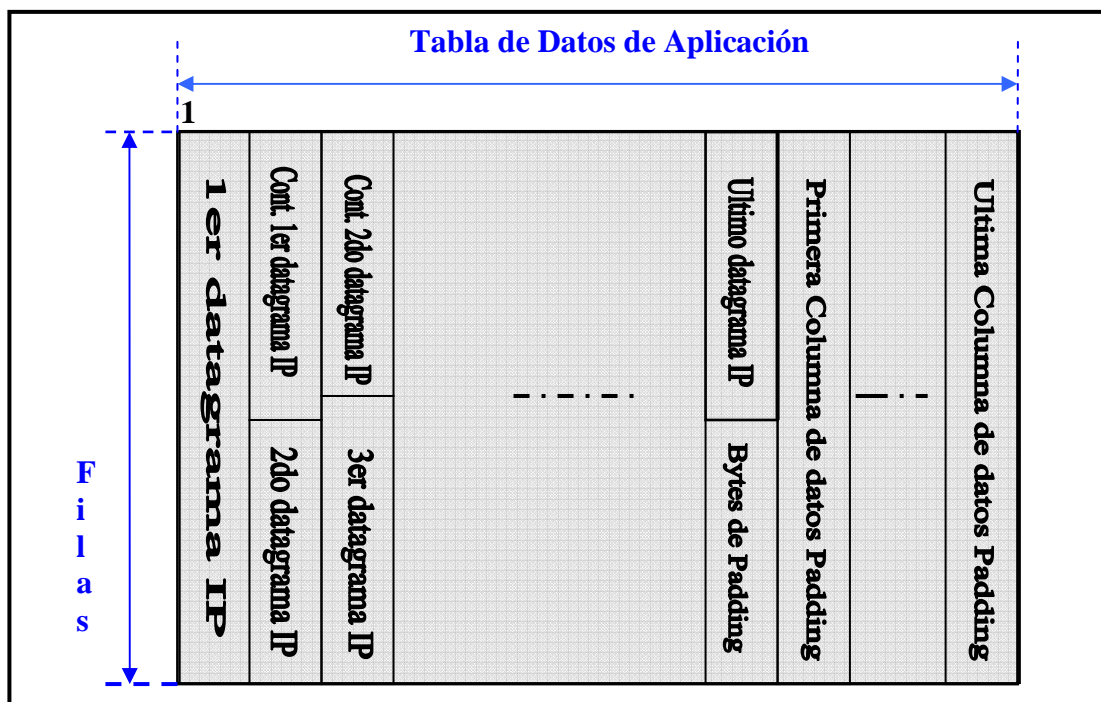
La trama MPE – FEC es un arreglo matricial con 255 columnas y un número de filas flexible. El número de filas puede variar desde 1 a un valor señalado en el descriptor tanto de la ranura de tiempo como del identificador de corrección de errores hacia adelante (time slice fec identifier descriptor). El máximo valor permitido para este es 1024, el cual hace que la trama total MPE – FEC sea aproximadamente de 2 mega bits. Cada posición en la matriz mantiene un byte de información. La parte izquierda de la trama MPE – FEC, consiste de 191 columnas, que son utilizadas por datagramas IP y posibles rellenos (padding) que son encapsulados verticalmente en secciones MPE, esta parte izquierda es llamada Tabla de datos de Aplicación (Application data table). La parte derecha de la trama MPE – FEC, consiste de 64 columnas, estas son utilizadas para la información de paridad del código FEC contenida en las llamadas secciones MPE – FEC y que son calculadas horizontalmente, a esta parte se la conoce como Tabla de datos Reed Solomon (Reed Solomon data table), ver figura 64. Cada posición (1 byte) en la tabla de datos de aplicación tiene una dirección en el rango de 1 hasta 191 columnas por un número de filas desconocido. De igual manera cada posición en la tabla de datos Reed Solomon tiene una dirección en el rango de 1 a 66 columnas por un número de filas desconocido. El direccionamiento en la tabla Reed Solomon es redundante ya que la longitud de la sección y el número de sección es conocida.



**Figura 64.** Estructura de una trama MPE – FEC

➤ Tabla de datos de aplicación

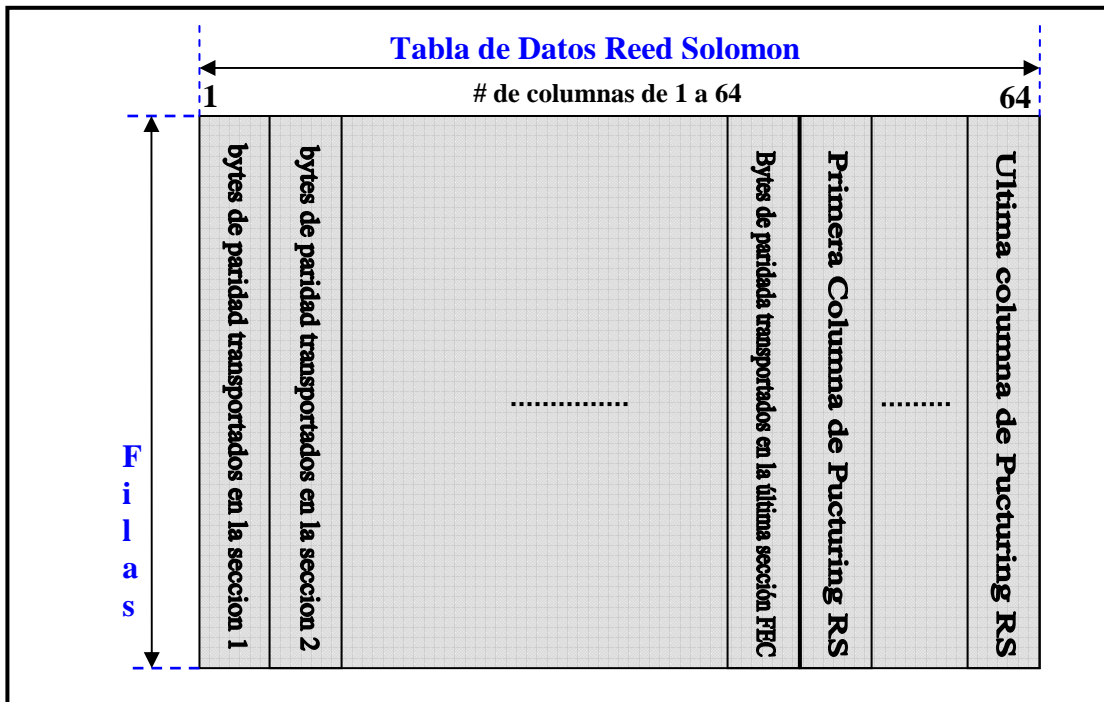
Los datagramas IP son transmitidos datagrama por datagrama, comenzando con el primer byte del primer datagrama en la esquina de la parte superior izquierda de la matriz y avanzando hacia abajo en la primera columna, ver figura 65. La longitud de los datagramas IP puede variar arbitrariamente de datagrama a datagrama. Inmediatamente luego de finalizar el primer datagrama IP se continúa con el siguiente. Si un datagrama IP no finaliza precisamente al final de la columna, este continúa en la siguiente columna. Cuando todos los datagramas IP tienen ingresadas las tablas de datos de aplicación, cualquier posición (1 byte) sin llenar es rellenada con ceros, lo cual hace que todas las columnas de la parte izquierda estén completas. El número de columnas completas con relleno es señalado dinámicamente en la sección MPE – FEC utilizando 8 bits.



**Figura 65.** Arreglo de la Tabla de datos de Aplicación

➤ Tabla de datos Reed Solomon

Con todas las 191 columnas de la parte izquierda llenas, ahora es posible para cada fila calcular los 64 bytes de paridad de los 191 bytes de datos IP y los posibles rellenos. El código usado es el Reed Solomon (RS 255, 191) con un polinomio generador de campo y un polinomio generador de código. Cada fila contiene una palabra código Reed Solomon. Algunas columnas de la parte derecha de la tabla de datos Reed Solomon pueden ser descartadas (Puncturing) y por lo tanto no serán transmitidas. La cantidad exacta de columnas descartadas Reed Solomon no necesariamente debe ser señalada explícitamente y puede cambiar su número dinámicamente entre tramas. Con esto la tabla de datos Reed Solomon esta completamente llena y la trama MPE – FEC está completa, ver figura 66.



**Figura 66.** Arreglo de la Tabla de datos Reed Solomon

Polinomio Generador de Código:

$$g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \dots (x + \lambda^{63})$$

donde  $\lambda = 02_{\text{HEX54}}$

Polinomio Generador de Campo:

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

### 3.3.4.2.1.2 *Transporte de la trama MPE – FEC*

➤ *Transporte de los datagramas de la tabla de datos de aplicación*

Los datos IP son llevados en secciones MPE en el estándar DVB, sin importar si MPE – FEC sea usado o no. Esto ocasiona una recepción total de atrás hacia delante compatible con los receptores que ignoran la presencia de MPE – FEC. Cada sección lleva una dirección de origen para el datagrama IP, el cual es llevado dentro de la sección, esta dirección indica la posición en la tabla de datos de aplicación del primer byte del datagrama IP y es señalado en la cabecera del MPE. Entonces el receptor será capaz de poner los datagramas IP recibidos en la posición correcta en la tabla de datos de aplicación y marcar esta posición como “segura” para el decodificador Reed Solomon, mostrando al CRC – 32 que la sección esta correcta.

La última sección de la tabla de datos de aplicación contiene una tabla límite o divisora (table boundary) como bandera, la cual indica el fin del datagrama IP dentro de una tabla de datos de aplicación. Si todas las secciones previas dentro de la tabla de datos de aplicación están siendo recibidas correctamente el receptor no necesita recibir ninguna sección MPE – FEC, si se usa Time Slicing se puede poner en un estado de stand by sin recibir ni decodificar datos.

Si las secciones MPE – FEC son recibidas, el número exacto de columnas con relleno en la tabla de datos de aplicación es indicado con 8 bits en la sección de cabecera de las secciones MPE – FEC, esto se da solamente si la decodificación Reed Solomon necesita este valor.

➤ *Transporte de bits de paridad en la tabla de datos Reed Solomon*

Los bits de paridad son transportados por separado, especialmente definiendo el tipo de sección, con su propia tabla de identificación. Estos son similares a las secciones MPE y son llamadas secciones MPE – FEC. La longitud de una sección MPE – FEC es ajustable de manera que se tenga una sección por

cada columna. Las columnas eliminadas no son transmitidas y no se las señalara explícitamente.

#### 3.3.4.2.1.3 *Decodificación Reed Solomon*

##### ➤ *Funcionamiento básico*

El número de filas es señalado en el descriptor tanto de la ranura de tiempo como del identificador de corrección de errores hacia delante (time-slice and fec identifier descriptor), pero también puede ser determinado desde la sección de longitud de las secciones MPE – FEC, la longitud del payload (carga útil) de estas secciones es igual al número de filas. De esta manera siempre habrá exactamente una sección por columna. El número de columnas Reed Solomon eliminadas pueden ser calculadas como 64 menos el último número de sección, el último número de sección indica el número de secciones y por lo tanto el número de columnas.

El receptor introduce el número de columnas de datos de aplicación completadas con ceros, este número es indicado dinámicamente por las secciones MPE – FEC, si el receptor ha recibido la tabla límite o divisoria correctamente también puede aumentar bytes de relleno, en ambos casos, el relleno introducido será marcado como seguro. El receptor también introduce el número de columnas eliminadas Reed Solomon que son calculadas con el último número de sección. Los datos actuales en las columnas eliminadas RS son irrelevantes, ya que a todas las secciones descartadas son consideradas inseguras.

Todas las secciones MPE y MPE – FEC son protegidas por un código CRC – 32, el mismo que detecta de manera segura todas las secciones erróneas. Para cada sección recibida correctamente que pertenezca a la tabla de datos de aplicación o a la tabla de datos Reed Solomon, el receptor mira en la cabecera de sección la dirección de origen del payload (carga útil) esto le da la capacidad de ubicarlo en la posición correcta en la respectiva tabla. Nótese que las secciones



MPE pueden usar un checksum o un código CRC - 32, aunque se recomienda el uso de CRC – 32. Sin embargo, cuando se usa MPE – FEC es mandatorio el uso de CRC – 32. En la práctica todos los terminales deben soportar ambos (checksum y CRC - 32).

Luego de este procedimiento se puede tener un número de secciones perdidas. Todos los bytes recibidos correctamente y los datos de aplicación con relleno, pueden ser marcados como “seguros” y todas las posiciones en las secciones perdidas y en las columnas Reed Solomon eliminadas, pueden ser marcadas como “inseguras” en la decodificación Reed Solomon.

Todas las posiciones dentro de la trama MPE – FEC (tabla de datos de aplicación + tabla de datos Reed Solomon) son marcadas como “seguras” o “inseguras”. Con esta confiabilidad en la información el decodificador Reed Solomon es capaz de corregir hasta 64 bytes por cada palabra código conformada de 255 bytes.

Si hay más de 64 posiciones inseguras en una fila, el decodificador Reed Solomon no será capaz de corregir ninguna y por lo tanto se tendrá a la salida bytes erróneos. El receptor por lo tanto tendrá un perfecto conocimiento acerca de la posición de cualquier byte con error dentro de la trama MPE – FEC luego de la decodificación Reed Solomon. Si un datagrama IP no es corregido en su totalidad, el receptor será capaz de detectarlo y descartarlo (opcional).

Además del CRC – 32, el mismo que detecta secciones con errores, el decodificador DVB – T Reed Solomon también tiene una segura detección de paquetes de flujos de transporte erróneos. Si el demultiplexor MPEG – 2 descarta paquetes con errores estos no podrán ser usados para construir las secciones. De esta manera solo secciones sin errores serán construidas y el rol de CRC – 32 será el de brindar una adicional detección de errores, la misma que normalmente no es necesaria. En casos raros en donde ocurre que el decodificador DVB – T Reed Solomon falla en la detección de paquetes de flujo de transporte erróneos, incluso teniendo el identificador de paquete (PID) correcto, se puede dar la

construcción de una sección con errores por lo que en estos casos el CRC – 32 deberá descubrir en donde está ubicado el error.

➤ Columnas de datos de aplicación con relleno – disminución del código

Con el aumento de un número correcto de columnas de datos de aplicación rellenas con ceros en la parte derecha de la tabla de datos de aplicación, es posible hacer una disminución del código. Este relleno de columnas es únicamente usado para el cálculo de bytes de paridad, estos no son transmitidos. En el receptor, estos son reinsertados y marcados como “seguros” por el decodificador Reed Solomon; por ejemplo si se tiene 127 columnas con relleno se tendrá 64 columnas en la parte izquierda para datos IP. Con las 64 columnas de paridad la velocidad de código efectiva será la mitad. Sin embargo, el precio que se paga es que la longitud efectiva de la palabra código disminuye bruscamente en un 50 %. El número de columnas con relleno de los datos de aplicación es dinámico y señalado en las secciones MPE – FEC. El rango permitido es de 0 a 190.

➤ Descarte de las columnas Reed Solomon – puncturing.

Un código efectivo más débil que el código principal puede ser obtenido a través del *puncturing*<sup>39</sup>. El *puncturing* se caracteriza por descartar una o más de las últimas columnas de datos Reed Solomon. El número de columnas Reed Solomon descartadas puede variar de forma dinámica entre tramas MPE – FEC dentro del rango [0 – 64] y puede ser calculando como 64 menos el número de la última sección, excepto para el caso cuando no se transmitan columnas Reed Solomon (el *puncturing* es 64 columnas). La eliminación (*Puncturing*) disminuirá el overhead introducido por los datos Reed Solomon y por lo tanto disminuirá la velocidad de bit requerida. La desventaja de la eliminación (*puncturing*) es que se tiene un código débil.

El uso de MPE-FEC permite varias configuraciones. Estas configuraciones se pueden parametrizar mediante una tasa MPE-FEC (el MPE-FEC code rate),

---

<sup>39</sup> **Puncturing**, de acuerdo a la teoría de codificación se define como el proceso de remover algunos bits de paridad después de codificar con un código de corrección de errores.

que puede tomar multitud de valores, desde 1/1 en el que no existiría código redundante hasta el 1/2 en el que para cada símbolo se añadiría otro de redundancia. Existen otros como 7/8, 5/6, 3/4 o 2/3 aparte de los 1/1 y 1/2.

Nótese que básicamente se emplea Encapsulación Multiprotocolo (MPE) para encapsular los paquetes IP en secciones MPE que, posteriormente, son fragmentadas en paquetes de flujos de transporte MPEG – 2 para el transporte interno del sistema. Ver figura 67.

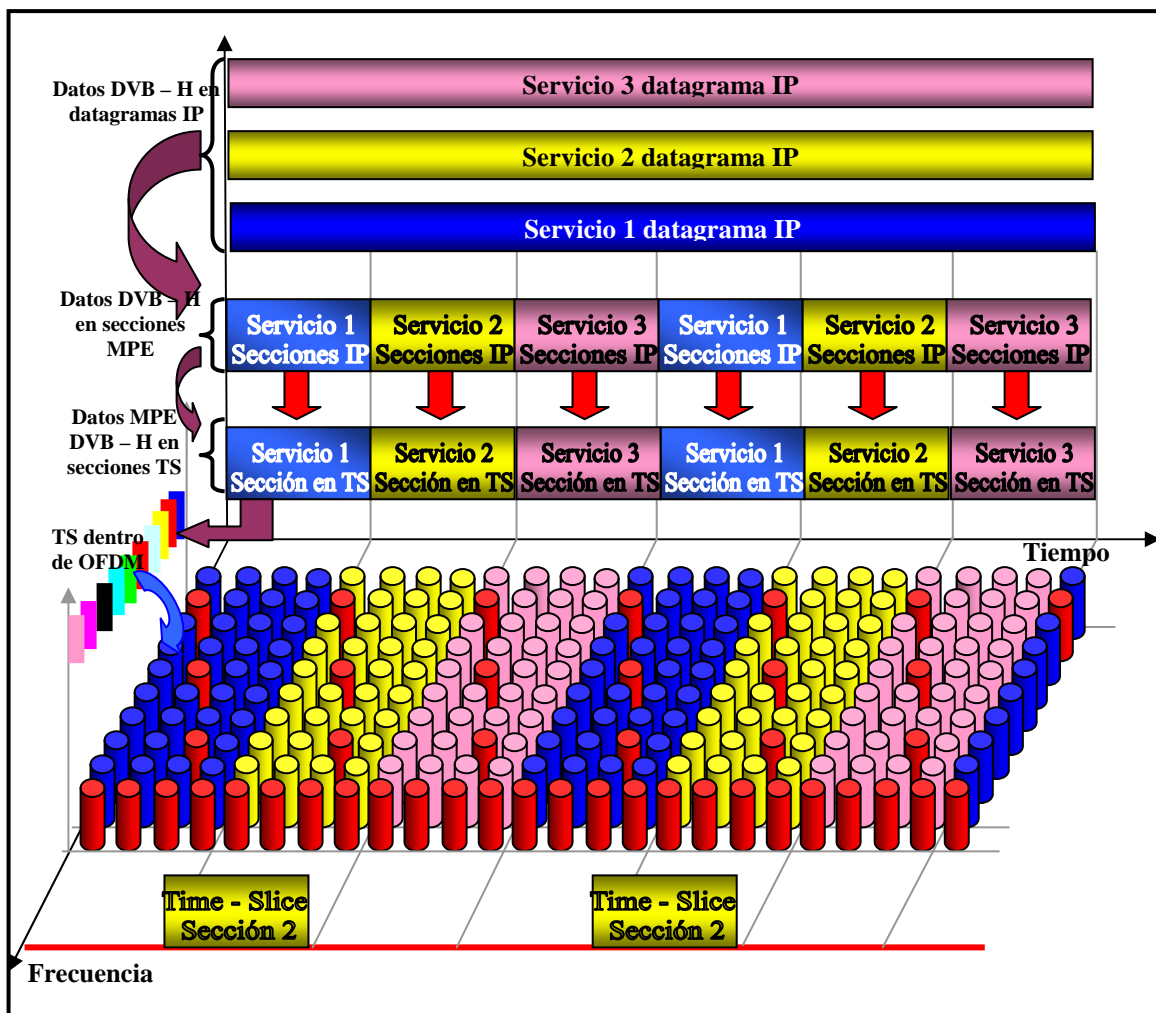


Figura 67. Mecanismo de encapsulación de datos DVB – H.

### 3.3.4.3 Aspectos relevantes de la memoria

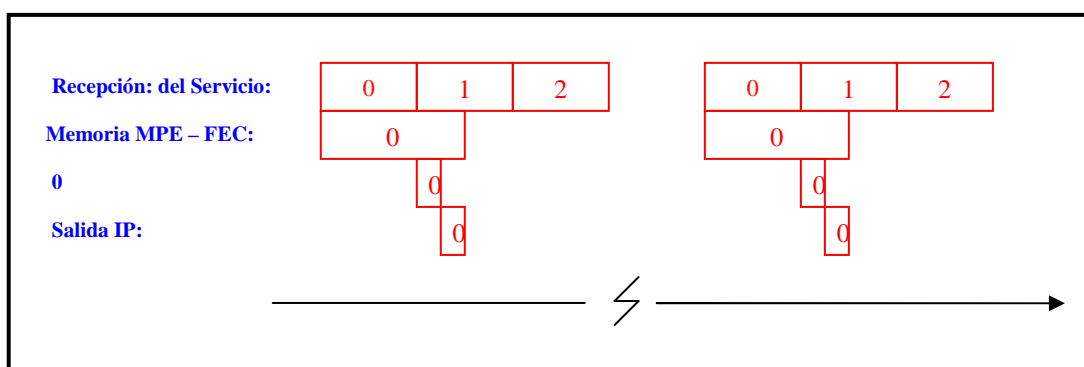
#### 3.3.4.3.1 Uso de la memoria

La manera en que las memorias MPE – FEC y buffers son usadas puede variar mucho entre diferentes implementaciones. A continuación se muestra cuales son los posibles efectos de la limitación de memoria en receptores

Durante la recepción de un servicio MPE – FEC, todos los paquetes IP en las secciones MPE deben ser almacenados en la memoria dentro del receptor. Al final de una trama, el buffer en la memoria MPE – FEC está listo para la decodificación Reed Solomon la misma que esta encargada de la corrección de errores en el buffer. Luego el receptor debe ser capaz de ofrecer paquetes IP correctos/corregidos a la capa más alta en el modelo de referencia OSI. Luego de realizar todas estas acciones el buffer debe estar libre y listo para la siguiente trama.

La velocidad de datos a la salida del receptor debe ser lo suficientemente alta para coger los paquetes IP que salen de la memoria MPE – FEC antes de que llegue la siguiente trama.

La siguiente figura 68 muestra el procesamiento de un servicio (servicio 0).



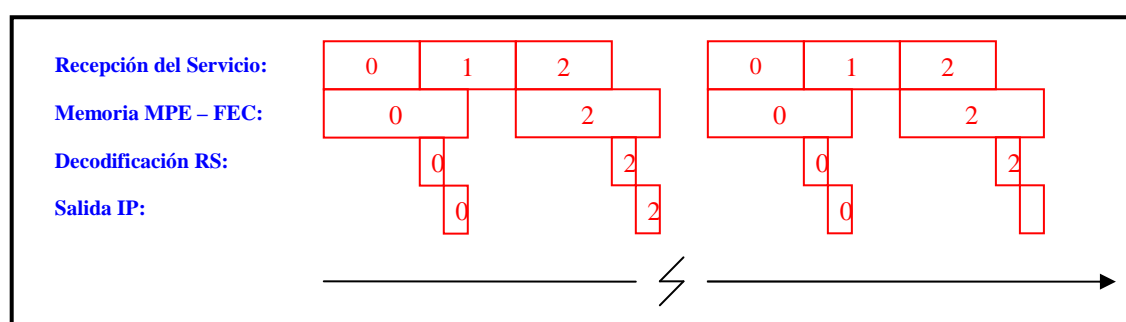
**Figura 68.** Ejemplo del procesamiento de un servicio en el receptor.

El enfoque normal de la organización de los servicios DVB – H es poner muchos servicios uno después de otro. En el ejemplo de la figura 68 solo se muestran 3 servicios, y el receptor está procesando el servicio 0. Mientras los servicios están siendo recibidos, estos son almacenados en la memoria MPE – FEC. Luego se realiza la decodificación Reed Solomon para la corrección de errores. Después se requiere algún tiempo para sacar los paquetes IP desde el receptor.

### 3.3.4.3.2 *Tamaño de la memoria MPE – FEC y restricciones en el receptor*

El hecho de que un receptor necesite algún tiempo para sacar los datos, deshabilita la memoria MPE – FEC para la recepción de un servicio justo después del primer servicio.

El ejemplo de la figura 69 muestra que durante la recepción del servicio 1, el receptor está decodificando y enviando a la salida el servicio 0. Entonces es imposible que se pueda recibir el servicio 1, si no existe una memoria extra para almacenar el servicio 1 mientras el servicio 0 está siendo procesado. Por otro lado el servicio 2 puede ser recibido sin una memoria extra.



**Figura 69.** Ejemplo del procesamiento de dos servicios en el receptor.

Este punto es muy importante para que funcione un ordenamiento apropiado de los servicios en el encapsulador IP. Si dos servicios deben ser recibidos al mismo tiempo, estos no deberían ser colocados juntos, sino uno justo

después del otro. Desafortunadamente esta restricción puede causar dificultades en implementaciones actuales. Es claro que si el receptor utiliza demasiado tiempo enviando los paquetes IP, este no va a estar listo para procesar el servicio 2.

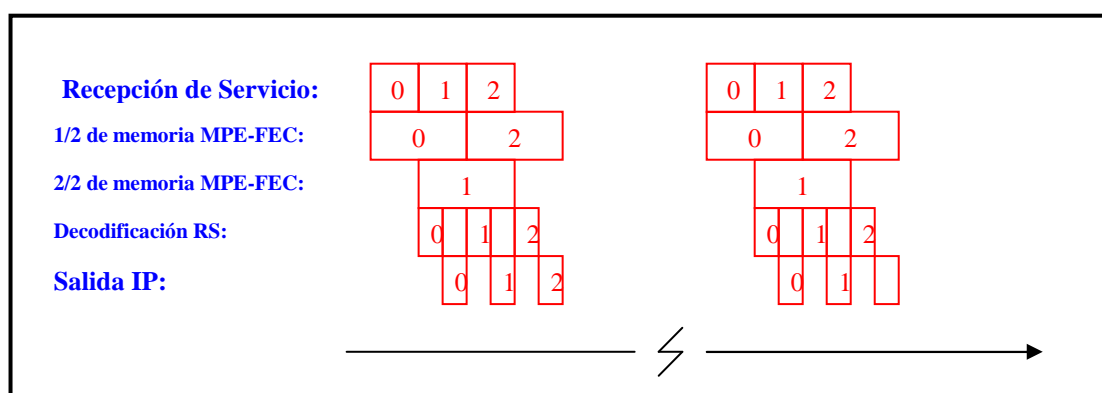
### 3.3.4.3.3 *Requerimientos mínimos de memoria*

Esta limitación en la recepción de más de un servicio cuando el receptor no tiene suficiente memoria, obliga a juzgar las restricciones de memoria dentro de los receptores:

- Cada receptor DVB – H debe tener la suficiente memoria para recibir al menos un servicio en la memoria al utilizar el modo MPE – FEC. Este modo es 1024 filas, 191 columnas de datos y 64 columnas Reed Solomon.
- Esta memoria mínima puede o no permitir la recepción de muchos servicios en la misma ranura de tiempo, dependiendo del tiempo entre estos.

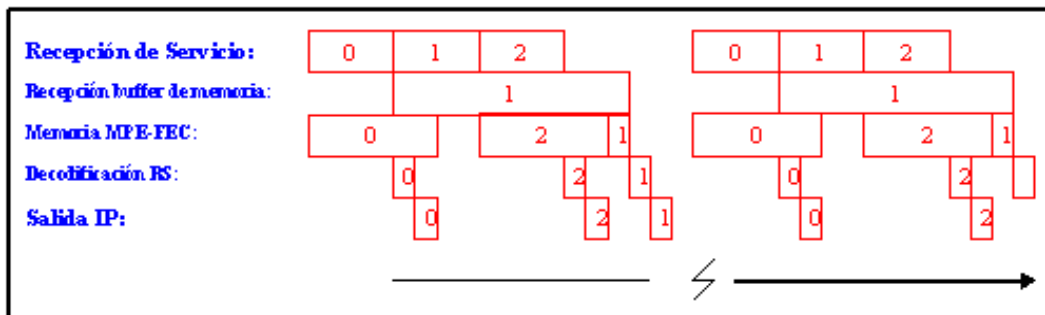
Para superar esta limitación, a continuación se indican diferentes opciones:

- Limitar el modo MPE – FEC a 512 filas. Esto demandará solo la mitad de la memoria para cada servicio, y por lo tanto más de un servicio puede ser recibido al mismo tiempo, ver figura 70.



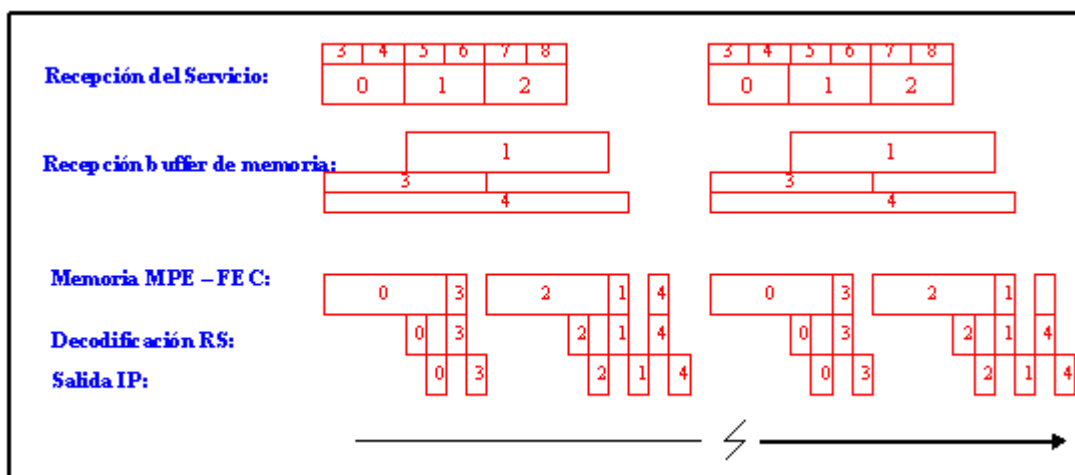
**Figura 70.** Decodificación de servicios utilizando el modo MPE – FEC con 512 filas.

- Aumentar más memoria al receptor para el almacenamiento de servicios que llegan, mientras otro esta en la fase de decodificación, ver figura 71.



**Figura 71.** Decodificación de servicios usando una memoria extra en el receptor.

Si hay la necesidad de recibir más de un servicio al mismo tiempo, la planeación de la limitación para el tamaño de la memoria se volverá importante.



**Figura 72.** Decodificación de servicios en paralelo.

En el caso mostrado en la figura 72, la opción de reducir a 512 la cantidad de filas no es suficiente para manejar todos los servicios que se quiere.

En conclusión la negociación entre la cantidad de memoria en el receptor y la cantidad de servicios a ser recibidos en paralelo produce diferentes configuraciones en los receptores. Esto significa que algunos receptores serán

capaces de recibir muchos servicios en paralelo, y algunos otros no, dependiendo de la configuración del IP Datacast.

### 3.3.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

DVB-H ha sido diseñado principalmente para las bandas de operación de UHF, es posible sin embargo, utilizarlo en otras bandas y con diversos anchos de banda.

DVB-T/H está actualmente especificado para su uso en canales de 5, 6, 7 y 8 MHz aprovechando la escalabilidad del estándar. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que una de las ventajas de DVB-H frente a otros estándares es precisamente que es una señal de banda ancha, eso le confiere elevada capacidad, gran eficiencia espectral y mucha robustez frente a interferencias, por lo que no es recomendable continuar el escalado hacia menos ancho de banda.

A continuación un ejemplo sobre la eficiencia espectral del estándar: existe una combinación de modo y parámetros tal, que es posible ofrecer 10 Mbps útiles construyendo una única red (en 8 MHz), en otros estándares menos eficientes (por ejemplo, T-DMB<sup>40</sup>, Transmisión digital de contenidos multimedia vía terrestre) sería necesario construir aproximadamente 7 redes (en bloques de 2 MHz que equivale a 14 MHz) diferentes para llegar a disponer de dicho régimen binario útil.

Sobre la banda de operación adecuada (VHF, UHF, banda L) hay que remarcar que, depende del tipo de aplicación objetivo, no existen restricciones en el estándar al respecto.

Si consideráramos ofrecer servicios a terminales tipo teléfono móvil, con una antena integrada, la banda VHF no es óptima puesto que requiere tamaños de antena considerables.

---

<sup>40</sup> **DMB**, Digital Multimedia Broadcasting, es la nueva generación de servicios digitales de radio y teledifusión para sistemas de comunicaciones móviles y portables, Existen dos modalidades de DMB, la que opera vía satélite (S - DMB) y la que utiliza vía terrestre (T - DMB).



El uso de la banda L<sup>41</sup> es también posible, sin embargo, las características de dicha banda hacen más difícil la construcción de redes de frecuencia única extensas y obligan a una mayor densidad de transmisores/emisores por las características de propagación y las elevadas pérdidas de penetración en edificios.

Las bandas óptimas para servicios tipo DVB-H son las bandas IV y V<sup>42</sup>

### 3.3.6 ARQUITECTURAS DE RED DVB-H

Existen diversas consideraciones a realizar a la hora de hablar de arquitecturas y topologías de red:

- Redes de frecuencia única versus red multifrecuencia (SFN vs MFN).
- Compartición de múltiplex con Televisión Digital Terrestre (TDT) tradicional.
- Inserción local de contenidos.
- Redes jerárquicas para la degradación progresiva de la calidad o para el soporte multiformato – multidispositivo.

#### 3.3.6.1 Red de frecuencia única versus red multifrecuencia (SFN vs. MFN)

##### 3.3.6.1.1 Redes de Frecuencia Única (SFN)

- Las Redes de Frecuencia Única exigen que todos sus transmisores:
  - a) Radien la misma frecuencia (Diferencia máxima de 1,1Hz en sistemas 8k)
  - b) Emitan la misma información y al mismo tiempo (retardo máximo de  $\pm 1\mu s$ )

<sup>41</sup> **Banda L**, Rango de frecuencia ubicado entre 1GHz y 2GHz, utilizado para comunicaciones móviles.

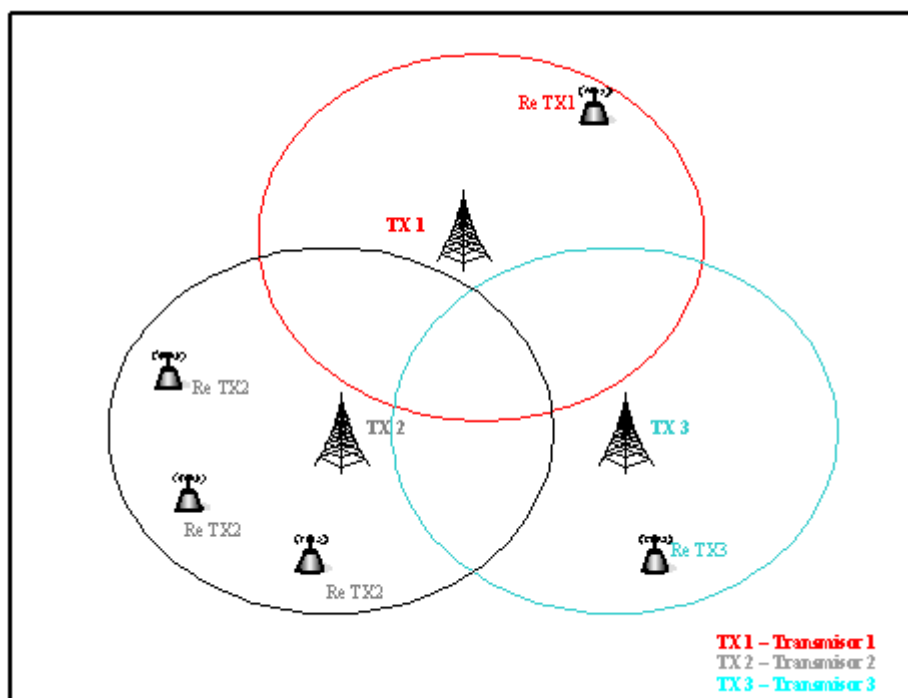
<sup>42</sup> **Banda IV y V**, Popularmente conocidas como banda UHF, cuyo rango es de 470MHz a 860MHz.

- Necesitan implantar un “Adaptador SFN” a la salida de la cabecera, y tanto éste como todos los transmisores deben estar referenciados a las señales obtenidas de receptores GPS.
- La separación máxima entre transmisores está relacionada con el intervalo de guarda usado (67Km para  $\Delta/T_u = 1/4$  en modo 8k).
- En general, el alcance de cada transmisor no debe rebasar los emplazamientos de los demás para no agotar el intervalo de guarda en algunas zonas de solape.
- No se pueden efectuar desconexiones, al ser común la programación.
- La potencia total instalada puede ser menor que en redes multifrecuencia (MFN) para coberturas equivalentes.
- Pueden emplearse Gap-Fillers<sup>43</sup> para cubrir zonas de sombra.

Todos los transmisores y retransmisores radian el mismo múltiplex en la misma frecuencia, ver figura 73.

---

<sup>43</sup> **Gap-Fillers.** El Gap Filler se emplea en las zonas marginales de cobertura de una red MFN o SFN. Varios de sus módulos se han aprovechado del diseño del transmisor y retransmisor. Su principal característica es la reemisión en el mismo canal que la señal recibida. Una característica significativa en un Gap Filler es el tiempo de transferencia de la señal desde la entrada hasta la salida.



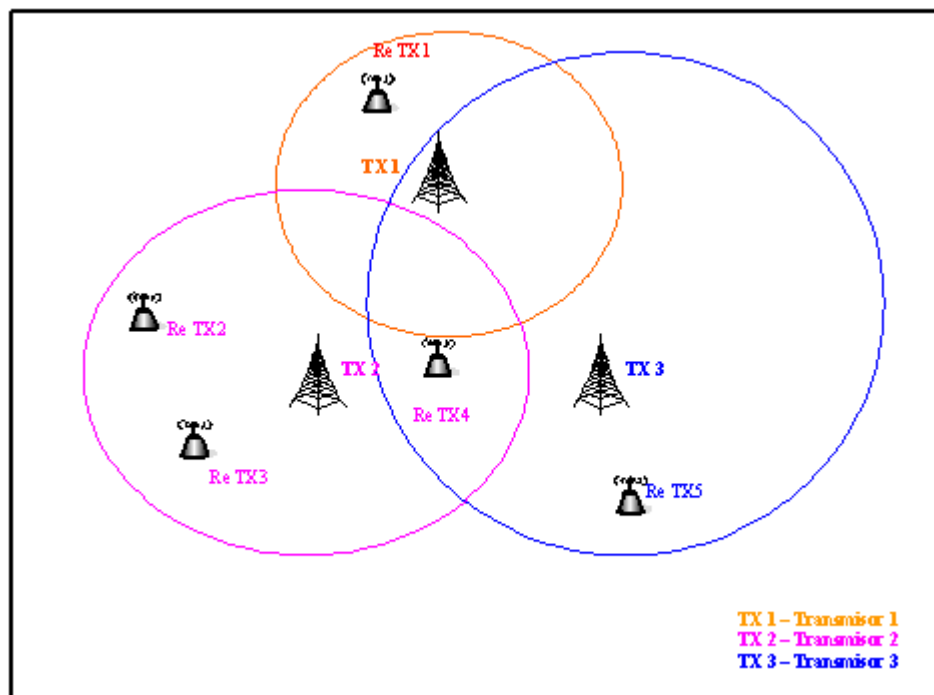
**Figura 73.** Red SFN

### 3.3.6.1.2 Redes Multifrecuencia (MFN)

- Transmisores con frecuencias de emisión diferentes.
- Planificación del área de cobertura similar a la de la TV analógica (pero con diferentes valores de campo y mayor margen de seguridad).
- Los programas emitidos pueden ser iguales o no.
- Cuando varios transmisores compartan el mismo flujo de transporte (TS) se puede re-multiplexar este TS en alguno de ellos para incorporar programas locales.
- Pueden solaparse las emisiones procedentes de distintos transmisores (emitiendo en canales diferentes) sin que haya interferencias entre ellos.

- Podría centralizarse la generación de la señal COFDM para distribuirla hacia los transmisores que radien la misma programación (ahorro de moduladores).
- En la zona de influencia de cada transmisor pueden instalarse “Gap-Fillers” (retransmisores con frecuencia de emisión igual a la de recepción) para cubrir áreas de sombra.

Los Transmisores emiten canales diferentes y los retransmisores pueden emitir a la misma frecuencia que su transmisor asociado, ver figura 74.



**Figura 74.** Red MFN.

Las redes DVB-H tienen necesidades muy diferentes de las redes de Televisión Digital Terrestre (TDT) tradicionales en cuanto se refiere a niveles de campo requerido. Básicamente, la planificación se realiza para dar servicio en interior de edificios en condiciones de portabilidad/movilidad y con antenas de características limitadas; de modo que los niveles de campo necesarios son en general superiores.

La planificación en recepción móvil, en general, es menos restrictiva que la realizada para dar servicios en el interior de edificios.

Para conseguir los niveles de campo requeridos es necesario llevar a cabo alguna de las siguientes acciones (o combinaciones de varias):

- Aumentar la potencia de los transmisores: esto no siempre es posible debido a las interferencias (co-canal y canal adyacente) que se pueden producir, especialmente en un entorno de saturación del espectro radioeléctrico.
- Dar más robustez a la señal DVB-H mediante una combinación óptima de parámetros (por ejemplo, uso de los parámetros: modulación de portadoras QPSK o 16 QAM; FEC: 1/2 o 2/3). El límite está en la reducción de ancho de banda y el número de programas/servicios que se quiera acomodar.
- Añadir más puntos de transmisión, bien con transmisores o bien con transceivers (dispositivos que pueden funcionar como transmisores y/o receptores). En este punto cabe añadir la ventaja que ofrecen las redes “SFN densas” (formadas por varios transmisores/emisores muy cercanos entre sí) donde el campo radioeléctrico se distribuye de un modo más uniforme consiguiéndose una “ganancia de red” importante. Las redes densas simplifican además la planificación RF de la red (evitan interferencias lejanas y costosos estudios para la búsqueda de frecuencia “caso MFN”).

- Utilización de emisores isofrecuencia<sup>44</sup> en interiores (*indoor gap fillers*) para *hot spots*<sup>45</sup>, es decir para aquellos edificios que por sus características sean de muy difícil cobertura (por ejemplo, la planta sótano de Grandes Superficies Comerciales, el metro, etc.) pero que el uso del servicio sea muy demandado por los usuarios.

En general la solución será una combinación de todas ellas, con redes SFN densas en los lugares clave como son las grandes ciudades.

### 3.3.6.2 Compartición del Múltiplex con la Televisión Digital Terrestre tradicional

No existe ninguna restricción en los estándares para ello, siempre y cuando el modo DVB-T/H utilizado sea el 8K o el 2K y se reserve suficiente ancho de banda (al menos 2 Mbps) para que el *time-slicing* funcione correctamente (es decir se produzca el ahorro de batería en el terminal).

Hay, sin embargo, que tener en cuenta que los objetivos de cobertura de TDT tradicional y de DVB-H pueden ser diferentes, estando el primero orientado a recepción por antena colectiva<sup>46</sup> y el segundo orientado a una recepción nómada-portátil-móvil y en interiores.

### 3.3.6.3 Inserción Local de Contenidos

Existen dos topologías diferenciadas dependiendo de la necesidad de la inserción local de contenidos y de la disponibilidad de espectro:

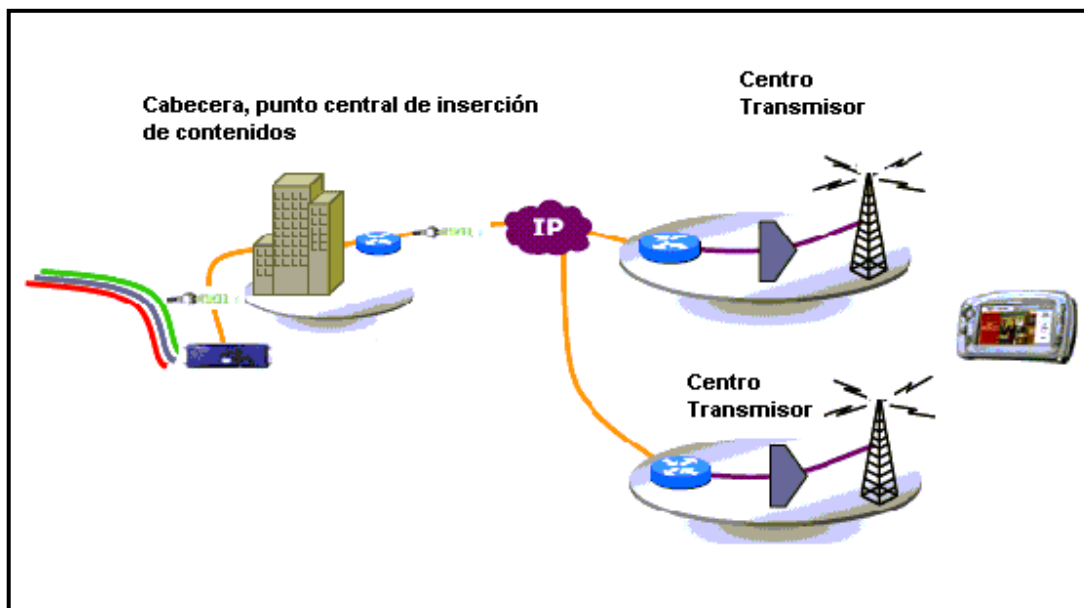
---

<sup>44</sup> **Redes de Isofrecuencia**, Redes que cubren un territorio reducido, poseen zonas de cobertura que generalmente superan el ámbito estrictamente local, abarcando áreas metropolitanas, con radio de zona de servicio del orden de los 10 a 20Km. El número de transmisores es reducido pudiendo haber en algunos casos extremos un solo transmisor principal.

<sup>45</sup> **Hot spots**, Un Hotspot (punto caliente) es una zona de cobertura Wi – Fi, en el que un punto de acceso (access point) o varios proveen servicios de red a través de un proveedor de Internet inalámbrico WISP. Los Hotspots se encuentran en lugares públicos como aeropuertos, bibliotecas, centro de convenciones, etc.

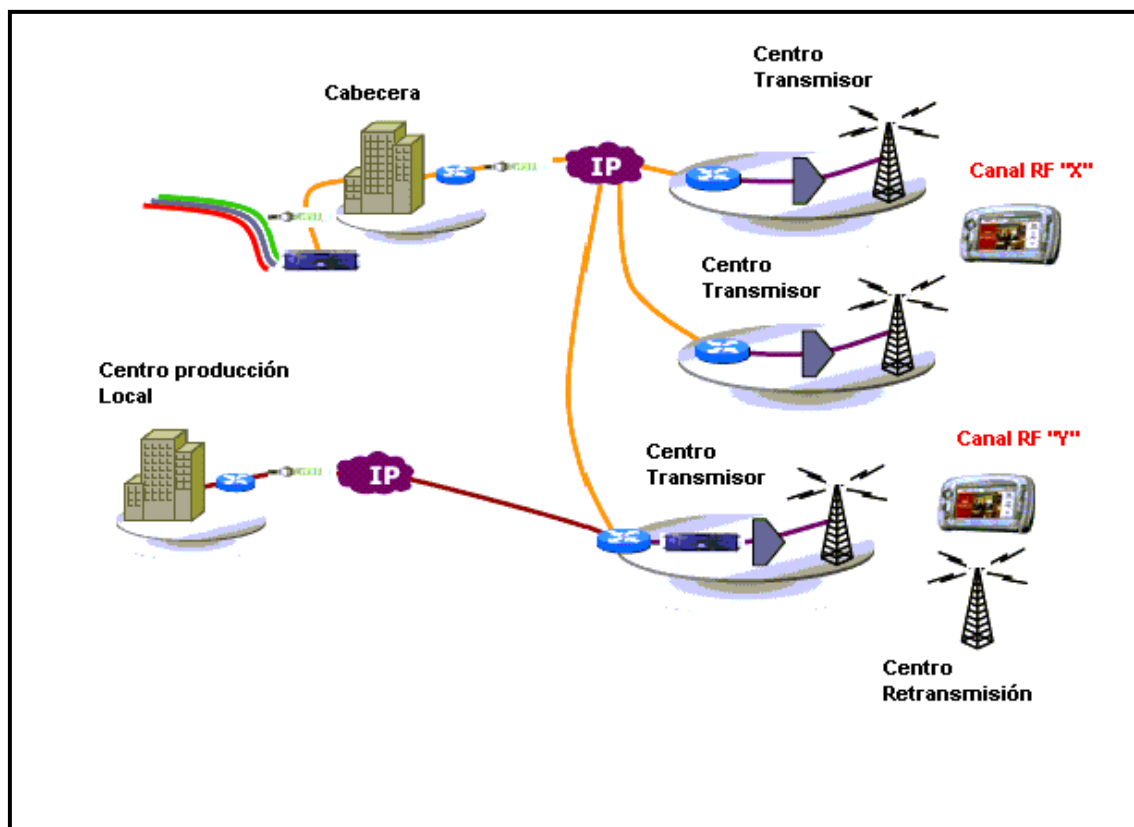
<sup>46</sup> **Antena Colectiva**, Antena que permite la recepción tanto de señales analógicas como señales digitales en el nivel adecuado procedentes de emisores terrestres o satelitales.

- En condiciones de poco espectro hay que tender a redes SFN extensas, esa estructura obliga a la no-inserción local de contenidos y a topologías de red con un punto central de inserción de contenidos y posterior distribución a los centros transmisores, ver figura 75.



**Figura 75.** Topología con un punto principal de inserción

En condiciones de disponibilidad de espectro sería posible llevar a cabo numerosas redes "SFN densas y locales", cada una disponiendo de una inserción local de contenidos, ver figura 76.



**Figura 76.** Topología con una inserción local de contenidos

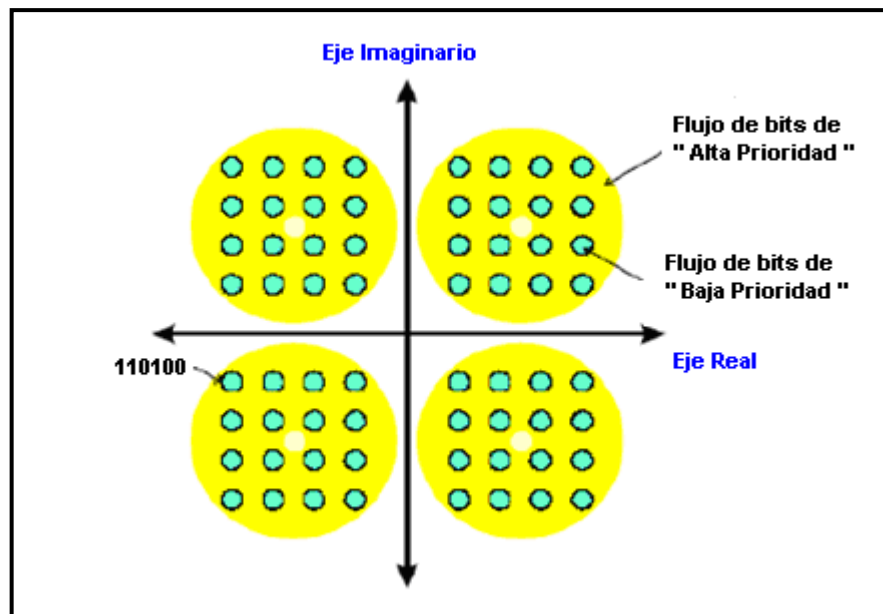
### 3.3.6.4 Redes Jerárquicas para la degradación progresiva de la calidad o para el soporte multiformato – multidispositivo

El estándar DVB-H permite, entre sus más de 64.000 combinaciones, la construcción de redes jerárquicas. Una red jerárquica es aquella que combina dos tramas de transporte, en principio con contenidos independientes, en un mismo canal RF. Es el modo de transmisión más eficiente que dispone el estándar, en el sentido que hay mayor bit rate en el aire. Sin embargo las dos tramas de transporte tienen características diferentes, una (denominada HP<sup>47</sup> stream, o trama de alta prioridad) dispone de menor bit rate pero la señal es más robusta; la otra (denominada LP<sup>48</sup> stream o trama de baja prioridad) dispone de mayor bit rate pero la señal es menos robusta. La figura 77 ilustra la modulación jerárquica.

<sup>47</sup> **HP**, Flujo de baja velocidad y alta prioridad utilizado para recepciones móviles, utiliza menor ancho de banda.

<sup>48</sup> **LP**, Flujo de alta velocidad y menor prioridad, utiliza mayor ancho de banda.





**Figura 77.** Constelación de modulación jerárquica.

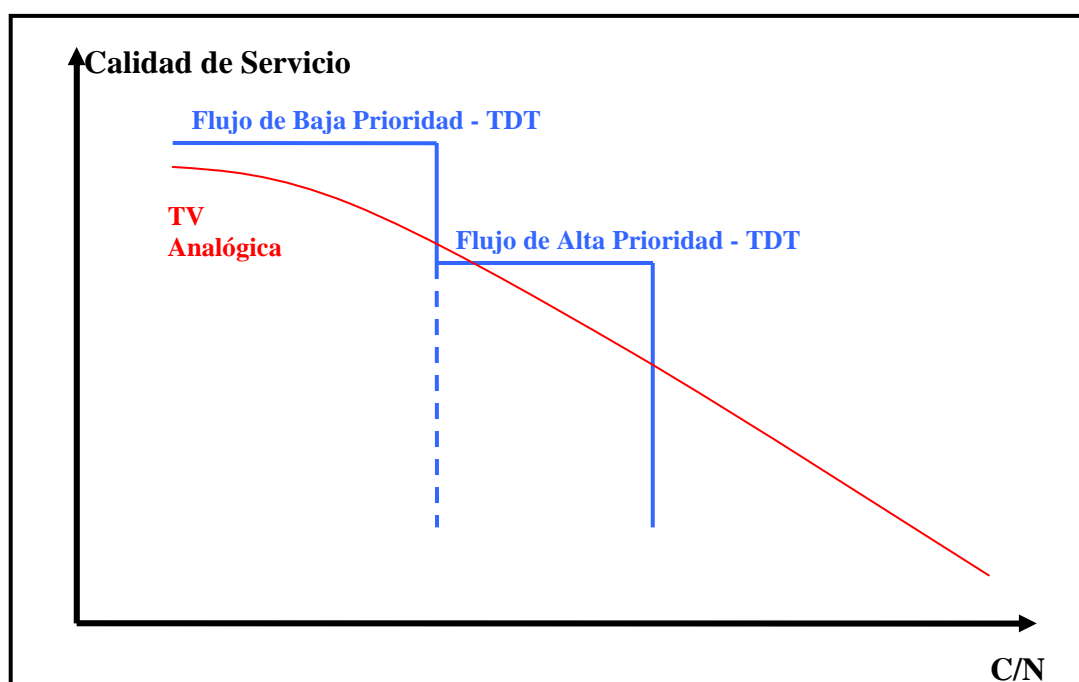
Así pues podríamos tener un HP con una capacidad aproximada de 4,5 Mbps y una modulación tal que facilitaría la recepción en interiores, y un LP que requeriría unos 10 dB más de relación señal a ruido disponiendo de aproximadamente 9,5 Mbps de capacidad. Así pues en total en el mismo canal RF se transmitirían unos 14 Mbps.

Existen diversas alternativas para ver los beneficios de un sistema así:

- Degradación progresiva de la calidad
- Soporte multiformato
- Uso del LP como complemento (ampliación de calidad – por ejemplo, uso de “Application Layer coding”)

La figura 78 ilustra el caso de degradación progresiva de la calidad. En ella, si el receptor está en condiciones óptimas: como por ejemplo: en el exterior, si existe un gap filler de interiores, etc. Entonces se puede enganchar al LP stream y disfrutar de servicios de mayor bit rate (por ejemplo codificados con calidad

QVGA<sup>49</sup>); pero cuando el mismo receptor se encuentre en condiciones hostiles, por ejemplo en el interior de un edificio se puede enganchar al HP stream y mantener una cierta calidad de servicio (por ejemplo los mismos contenidos con calidad).



**Figura 78.** Degradación progresiva de la calidad de servicio

También podría pensarse que habrá diferentes terminales en el mercado, no todos con las mismas restricciones y características (por ejemplo un terminal puede ser un ordenador con una tarjeta DVB-H y una antena que presente una ganancia hasta 10 dB superior a un teléfono móvil con antena integrada. En ese

<sup>49</sup> **QVGA, Quarter Video Graphics Array** (también conocido como **Quarter VGA** o **QVGA**) es un término usado para referirse a una pantalla de ordenador con una resolución de 320x240 píxeles. Las pantallas QVGA son las más frecuentes en teléfonos móviles y PDA's. Normalmente estas pantallas se disponen en vertical, por lo que se dice que su resolución es de 240x320, ya que son más altas que anchas. También es frecuente encontrar el término QVGA en equipos de grabación de vídeo digital como un modo de grabación (de entre los demás que pueda ofrecer el aparato) que consume poco espacio de almacenamiento, debido a su baja resolución. Es común encontrarlo sobre todo en aparatos multifunción, como cámaras digitales o teléfonos móviles.

caso, en condiciones hostiles, el ordenador podría recibir el LP stream cuando el teléfono sólo podría recibir el HP stream.

Finalmente empiezan a aparecer técnicas de codificación que separan contenidos y redundancias en dos tramas diferentes, lo cual permitiría la recepción de la codificación básica en el HP stream y la mejora de la calidad en el LP stream.

## **CAPÍTULO 4**

# **FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE DVB-H PARA TELEVISIÓN MÓVIL EN EL ECUADOR**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

La televisión en el teléfono móvil es una tecnología que va a despegar fuertemente en muy poco tiempo, sobre todo en países donde ya se ha adoptado o ya se utiliza la televisión digital terrestre (TDT) debido al gran aumento y acogida de los equipos portátiles en la sociedad y las mejoras en las redes de distribución de contenidos, por lo que será necesario ir empezando a familiarizarse con la terminología, las siglas y el funcionamiento en el Ecuador, ya que en algún momento se deberá implementar este servicio. Obviamente para poder evolucionar a un servicio de estas características, el Ecuador previamente deberá acoger alguna de las tecnologías de televisión digital, como es el caso de DVB – T, ATSC o ISDB; para luego sí adaptar la televisión digital terrestre y crear el sistema de Televisión digital móvil denominado Digital Video Broadcasting – Handheld de sus siglas en inglés DVB – H, el que permite una gran movilidad y un ahorro de batería de un 90%, si es comparado con su homólogo DVB-T.

Una de las grandes ventajas de que DVB-H sea compatible con DVB-T es que se puede utilizar la misma banda de frecuencia para emitir las dos, por lo que para las cadenas que en la mayor parte del mundo poseen DVB – T no será necesario un cambio de infraestructura tan significativo como cuando se pasa de televisión analógica a televisión digital.

También es necesario adaptar la calidad de la señal recibida a la que se puede visualizar en la pantalla de un móvil, que suele tener mucha menos resolución que un receptor de televisión estándar. La calidad que ofrece DVB – H en teoría, es toda la que queramos y/o necesitemos. En realidad, la calidad vendrá limitada por lo que sean capaces de hacer los receptores existentes en el

mercado. Cuanto más calidad se requiera (más resolución, mas frames por segundo,...) mayor será el consumo de batería de estos, lo que puede ser el factor más limitante.

Todas las operadoras de televisión abierta de nuestro país, deberán en ciertos casos realizar cambios en su equipamiento técnico (equipos analógicos por equipos digitales), algunas de éstas podrán utilizar equipos híbridos que trabajan de las dos maneras: analógica/digital y además aprovechando la infraestructura de sus redes ya instaladas en todo el país se podrá dar lugar a la implementación de servicios de televisión digital móvil, sin olvidar, el análisis del respectivo plan técnico que se deberá llevar a cabo para desarrollar este nuevo sistema; otras que también podrían entrar a ofrecer este servicio de TV móvil, serían las empresas de televisión pagada o las operadoras celulares, que además tienen una ligera ventaja sobre las operadoras de televisión abierta ya que su tecnología es relativamente nueva y usa mucho la comunicación digital. La intervención de nuevas empresas interesadas en el ofrecimiento de DVB – H, será sin duda un aporte muy significativo en este ámbito para nuestro país.

La implementación del sistema DVB – H conlleva una serie de requerimientos técnicos indispensables para su funcionamiento, por lo que, más adelante se dará una descripción de la flexibilidad de este sistema, luego analizando la tecnología de ciertos canales de TV abierta se podrá describir que aspectos de infraestructura técnica se deberán modernizar o cambiar en su totalidad en dichos canales, incluyendo el análisis de costos aproximados que se deberá pagar por la innovación o cambio total de tecnología que soporte DVB – H.

El consumidor final será sin duda quien de el visto bueno en cuanto a las bondades de este sistema. La consulta a diferentes posibles usuarios dará una idea de que tan rentable pueda ser el contar con esta tecnología tanto para el consumidor final como para los proveedores.

## **4.2 FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA DVB - H**

El estándar DVB-H, forma parte de toda una familia de estándares de la industria para la transmisión de emisiones de televisión digital según diversas tecnologías: emisiones mediante la red de distribución terrestre de señal usada en la televisión analógica tradicional (DVB-T), emisiones desde satélites geoestacionarios (DVB-S), por redes de cable (DVB-C), y emisiones destinadas a dispositivos móviles con reducida capacidad de proceso y alimentados por baterías (DVB-H).

Las emisiones digitales de televisión cuentan con numerosas e importantes ventajas frente a las actuales emisiones análogas. La calidad de las imágenes es comparable a la de un DVD, y la señal es mucho más inmune a interferencias que la analógica (factor especialmente importante en áreas urbanas). La tecnología digital gracias a la compresión de imágenes permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir entre tres y cinco programas por cada canal UHF. Además, gracias a diseños de las redes de distribución de señal es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales de guarda para reducir las interferencias.

Finalmente, al tratarse de transmisiones de información digital es posible una gran flexibilidad en los contenidos emitidos, siendo posible mezclar un número arbitrario de canales de vídeo, audio y datos en una sola señal.

### **4.2.1 ASPECTOS SOBRESALIENTES DE DVB – H PARA TELEVISIÓN MÓVIL**

DVB-H es una norma abierta común, con acceso público a comprobaciones independientes sobre los registros de sus prestaciones en el mundo real, lo cual permite mencionar los aspectos más sobresalientes de este estándar.

- Es una plataforma de arquitectura abierta lo cual la hace muy atractiva, ha sido diseñada para operar con servicios de transmisión de Televisión Móvil en bandas de VHF, UHF y banda L.
- Su implementación no es muy costosa y además se complementa perfectamente con redes inalámbricas (redes celulares de telefonía GSM, datos, etc) para aprovechar las ventajas de la Televisión Móvil y DVB - T utilizando modulación jerárquica. o multiplexación; adicionalmente como DVB - H tiene la capacidad de utilizar la misma banda de frecuencia (UHF) que la televisión analógica, también puede valerse de su infraestructura, lógicamente aumentando equipos necesarios para sintonizar y recibir estas señales.
- DVB - H puede ponerse en funcionamiento sin desconectar ningún servicio existente.
- Es necesario aumentar la cobertura, que deberá ser mayor que el que se utiliza actualmente para la televisión digital terrestre, sobretodo para poder dar un buen servicio dentro de edificios o en vehículos.
- DVB-H es definida como una plataforma cuya información puede ser transmitida sobre redes IP. Esta información es recibida a través de receptores portables de mano.
- DVB-H permite un máximo de capacidad de 60 canales, además de su plataforma multimedia que permite generar la guía electrónica de programas, la adquisición de servicios generadores de ingresos, y un sistema protector que brinda controles adecuados sobre la visualización de contenidos; interactuar con bancos; realizar compras y todas las ventajas que ofrecen los sistemas multimedia interactivos.
- Ofrece el mínimo consumo energético con el máximo caudal de datos.

- Cambio de canales en 1 – 2 segundos.
- La eficacia espectral de DVB-H es escalable con opciones de 16 y 64 QAM, es decir mejor aprovechamiento del ancho de banda, lo que conduce a la posibilidad de ofrecer más canales, o mejor calidad.
- Posibilidad de dedicar parte del espectro a transmisión de datos o imágenes, lo que permite al usuario el acceso a otras informaciones (como por ejemplo las estadísticas de un jugador en un evento deportivo).
- En relación con la utilización del espectro, aparece la posibilidad del acceso condicional (Conditional Access), lo que se refleja en nuevas modalidades como suscripciones, Pay-per-View, etc, basadas en la interactividad con el usuario. Otro método de proporcionar al usuario el acceso a programas procesados con sistemas de acceso condicional se conoce como "SimulCrypt". En este caso, son necesarias negociaciones comerciales entre diferentes proveedores de programas para facilitar al usuario el uso de un solo sistema de acceso condicional incorporado en su IRD (Integrador, Receptor y Decodificador), permitiéndole acceder entonces a todos los programas, independientemente de que éstos hayan sido aleatorizados bajo control de uno de los varios sistemas de acceso condicional.
- El gran número de proveedores de chips de receptor (ATI Technologies, DiBcom, Freescale, MicroTune, PacketVideo, Philips, Samsung, Siano, ST, Texas Instruments, etc.) abarata los costos.
- Los aparatos suministrados por LG Electronics, Motorola, Nokia, Sagem, Samsung, Siemens/BenQ, Sony, Ericsson, etc ofrecen opciones al consumidor.



### **4.3 SITUACION ACTUAL DE EMPRESAS DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PAGADA EN NUESTRO PAIS**

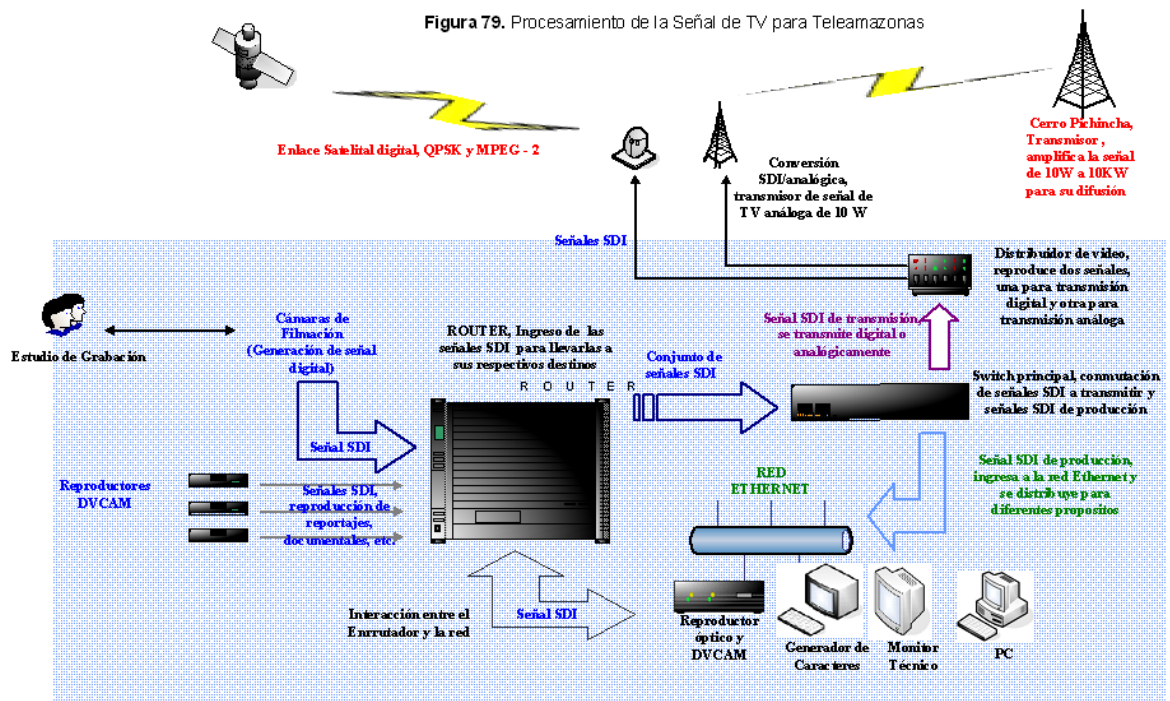
La investigación de la situación actual en algunas empresas de televisión abierta y pagada, brindará una perspectiva clara de la tecnología que disponen, de manera que, al conocer la categoría de equipos con los que cuentan y la forma en que realizan el tratamiento de su señal se pueda tener un punto de referencia para buscar buenas alternativas tanto tecnológicas como económicas, las mismas que faciliten la prestación de servicios de televisión móvil para los usuarios.

Como referencia se ha tomado a los canales de televisión abierta Teleamazonas, Ecuavisa y Canal Uno, y una empresa de televisión pagada como TV Cable.

#### **4.3.1 TELEAMAZONAS**

TELEAMOZONAS matriz Quito, realiza todo el procesamiento de sus señales en forma digital, excepto cuando van a ser difundidas al público; momento en el cual deben ser transformadas a analógicas para ser transmitidas en la banda de frecuencia de 66 – 72 MHz, debido a que en el Ecuador se usa la norma de televisión NTSC. En la figura 79 se muestra el proceso por el cual pasa la señal antes de salir al aire.

Figura 79. Procesamiento de la Señal de TV para Teleamazonas



- **Cámara de filmación digital**, puede generar señales digitales de tipo SDI<sup>50</sup>, permite almacenar la información digitalmente, eliminando la edición lineal inherente a los formatos de grabación analógica y por tanto mejora la calidad en el procesamiento, estos dispositivos se encuentran conectados a un Router.
- **DVCAMs**<sup>51</sup>, almacena reportajes, documentales, series, entrevistas, etc, que de acuerdo al tipo de programación que se esta emitiendo serán reproducidos, este tipo de información está en formato SDI, y al igual que las cámaras de filmación están conectadas al Router.
- **Router**, se encarga de encaminar las distintas señales de información de acuerdo a como se realiza la producción del programa, este dispositivo permite eliminar, parcial o totalmente, la necesidad de instalar paneles de interconexión, que son dispositivos que permiten realizar la función de los enrutadores pero en forma manual, Con la desaparición de estos paneles, se logra eliminar uno de los puntos más débiles dentro de las instalaciones de televisión, ya que la manipulación y el paso del tiempo producían defectos serios en las señales . Los sistemas de enrutamiento modernos permitan su operación por medio de paneles de control externos, que se encargan de la asignación de fuentes y destinos. Dichos paneles generalmente operados por Técnicos de control, permiten realizar un monitoreo de todas las señales entrantes a la estructura de enrutamiento, para evaluación y detección de fallas. Además, se puede buscar la integración con otros dispositivos del sistema de procesamiento digital a través de redes de control LAN, por medio de las cuales y con la utilización de computadoras de configuración, se podría reestructurar el enrutador

---

<sup>50</sup> **SDI**, Serial Digital Interface. Es un formato de vídeo digital serie que evoluciona del vídeo digital por componentes en paralelo, digitalizado a 4:2:2. El flujo de datos es muy rápido: desde 270 Mbits/seg a hasta 360 Mbits/seg. Se pueden incorporar otras informaciones, como ejemplo señales de audio digital AES/EBU en este flujo de información.

<sup>51</sup> **DVCAM**, es el nombre de la versión propia de Sony. Tiene las mismas características que el DV( formato de Video Digital que generalmente graba en una cinta de 1/4 de pulgada ), pero Sony amplió el ancho de pista a 15 µm y aumentó en un 50 por ciento la velocidad de cinta. Esto repercute en mayor calidad, pero también en que las cintas duren un tercio que las del formato original. DVCAM puede grabar en cintas DVCAM y Mini DV y reproduce DV y DVCPRO.

para su ajuste de acuerdo a las necesidades de operación del sistema. Luego toda la información a la salida del Router ingresa a un Switch.

- **Switch**, este dispositivo principalmente consta de dos salidas una de producción y una denominada master 21. La producción se encarga de comandar la programación que será difundida al televidente, esta a su vez tiene una sección de control de continuidad. En la salida master 21 se encamina la señal que va a ser transmitida, llegando a un nuevo switch que conmuta una señal para transmisión analógica mediante el uso de una microonda y otra para transmitirla en formato digital a través de un enlace satelital.
- **Control de Continuidad** (Conmutador de Control Maestro), está diseñado para cumplir una función específica, como es la selección y mezcla de las señales de video y audio, a ser emitidos directamente al aire. El conmutador maestro es quien da presencia a la imagen de la estación de televisión al exterior, por lo tanto, se debe realizar una selección cuidadosa tanto de calidad como de los efectos disponibles que se aplican con cada transición o corte comercial, etc.
- **Salida analógica**, la señal ingresa a un convertidor SDI (Serial Digital Interface) – analógico, el video es modulado en AM (Amplitud modulada, Banda Lateral Bestigial) y el audio en FM (Frecuencia modulada) utilizando un transmisor ubicado en la estación matriz del canal, la señal es enviada con una potencia de 10 Watts a las antenas ubicadas en el cerro Pichincha, aquí la señal es recogida y amplificada a 10 KWatts para ser difundida al público. Esta salida analógica es el principal medio de transmisión.
- **Salida digital**, señal en formato MPEG – 2 modulada en QPSK, se la utiliza como sistema de back –up.

### 4.3.2 ECUAVISA

ECUAVISA (Televisora Nacional Cia. A.) con sede en la ciudad de Quito, dentro de los estudios de televisión posee equipos de tecnología digital, realizando todo el tratamiento de la señal que origina de esta manera, al igual que Teleamazonas debe realizar un proceso de conversión analógica a la señal para poder transmitirla al público, utilizando la banda de frecuencia que se encuentra en el rango de 180 a 186 MHz.

El proceso para el tratamiento de la señal de televisión dentro del estudio se origina en las cámaras de filmación, generándose señales del tipo SDI, luego estas pasan a un Router (Thompson), donde se realizan funciones similares a las del caso Teleamazonas, esta señal pasa a un Switch BTS (Thompson) efectuando la conmutación de diferentes señales originadas en diferentes puntos del estudio para distintos propósitos, luego a un Conversor Compuesto (Lich) que trabaja bajo las normas de televisión NTSC utilizando la estructura de muestreo 4:2:2, esta señal SDI al final pasa a través de un conversor SDI – analógico donde las señales de audio se modulan utilizando FM y las de video utilizando Banda Lateral Vestigial, posteriormente pasa a un distribuidor y de ahí al transmisor que lleva la señal al cerro pichincha con una potencia de 10 Watts para que una vez que llegue a la antena esta sea amplificada de 10 Watts a 10 KWatts utilizando un amplificador de potencia (Harris). Incluso este paso podría ser en un futuro cercano un enlace digital y solamente transformarse la señal en analógica compuesta NTSC para la difusión al aire. Otra tecnología que también utiliza este canal para transmisiones satelitales es fly away, que consiste en un equipo de transmisión satelital portátil. Es como una estación terrena en pequeño que opera con equipos desmontables y portátiles. Trabaja con señales digitales moduladas en un esquema QPSK, aun cuando sus entradas pueden ser analógicas. Esta tecnología es la utilizada para transmitir la señal de ECUAVISA Internacional.

ECUAVISA últimamente está brindando la posibilidad de acceder a su programación utilizando la red móvil de la empresa Porta (CONECEL), realizando un enlace desde la ciudad de Guayaquil hacia esta operadora, la señal que llega a los receptores celulares no es de gran calidad porque existen tiempos de retardos elevados ocasionando cortes en la programación, la resolución es muy pobre, y el consumo de las baterías es elevado.

### 4.3.3 CANAL UNO

Canal Uno con sucursal en la ciudad de Quito, no dispone de procesamiento digital de señales, todo realiza mediante comunicación analógica, aún en su estudio de televisión utiliza cámaras analógicas, cada cámara se encuentra conectada a una Unidad de Control de Cámara (CCU) a través de un cable triaxial<sup>52</sup>, la CCU genera una señal de referencia que va a ser comparada con las señales generadas en el estudio (señales analógicas en banda base) para así poder realizar sincronización de las cámaras, ajustes de fase horizontal y de subportadora, control de exposición, balance de blancos, nivel de negros (pedestal, para NTSC debe ser igual a 7,5 IRE<sup>53</sup>), obturación y ganancias. Luego la señal pasa a un distribuidor de video que es un dispositivo que permite distribuir la señal de video entrante en varias salidas de iguales características, estas salidas se encuentran conectadas al switch principal y a un monitor técnico encargado de controlar la señal reproducida mediante el uso de un vectorscopio<sup>54</sup> para la medición de la tonalidad y cromos, y un analizador de forma de onda utilizado para medir el nivel de video, sincronismo y pedestal.

Al switch principal convergen varios equipos como DVCAMS (donde se reproducen reportajes pregrabados, documentales, etc), Generador de caracteres

---

<sup>52</sup> **Cable Triaxial**, Es un cable coaxial con dos blindajes coaxiales, de forma que el interno actúa como retorno de señal y el externo como blindaje propiamente dicho. Se usa en el caso de necesitar una relación señal a ruido muy elevada.

<sup>53</sup> **IRE**, El termino IRE es usado con algunos estándares para indicar el nivel de luminosidad de las señales de video.

<sup>54</sup> **Vectorscopio**, El Vectorscopio es una herramienta que sirve para ver la distribución cromática de las imágenes, así como los niveles de saturación.

(donde se introduce a la señal de video datos de direcciones, títulos o subtítulos), microonda (conexión con un enlace en vivo de algún programa que se está efectuando fuera del estudio de televisión); los mismos que necesitan estar conectados a un Corrector de Base de Tiempo (TBC), que está encargado de recomponer el *timing* (medida de la señal en el tiempo) y el nivel de las señales de video. La corrección de base de tiempo se realiza con lazos de fijación de fase digitales de amplio rango que permiten corregir severas alteraciones del video de entrada. El switch principal y el corrector de base de tiempo también necesitan la generación de una señal de referencia en su operación. Por otra parte una vez que la señal ha ingresado al switch principal y recibido los ajustes correspondientes, esta es conmutada a un nuevo distribuidor de video donde se tendrá varias señales de iguales características a las salidas del mismo, algunas de ellas para control de producción, control de calidad de programación y otra muy importante que es la señal que va a ser transmitida al público, la que previamente se modula utilizando FM para el audio y Banda Lateral Vestigial para el video con una estructura de muestreo 4:2:2. La transmisión de la señal con una potencia de 10 Watts, se realiza mediante un transmisor (Elber) en un enlace por microonda que apunta hacia la base amplificadora (antena) ubicada en el cerro Pichincha, la cual se puede amplificar a un valor máximo de señal de 10 KWatts , luego mediante otros enlaces, la señal pasa al cerro Pilisurco, inmediatamente al cerro Capadia para finalmente llegar al cerro Santa Ana ubicado en el cantón Guayas, de aquí la señal se envía al receptor de microonda del canal en la ciudad de Guayaquil, donde nuevamente debe pasar por un Corrector de Base de Tiempo y un Switch para más adelante pasar a un nuevo transmisor encargado primero de convertir la señal analógica a una digital y luego transmitirla mediante un enlace satelital digital (señales MPEG - 2) hacia el satélite INTELSAT 805, el que estará encargado de llevar la señal a las diferentes repetidoras ubicadas en todo el país para finalmente ser difundidas al público en general. En la figura 80 se muestra el procesamiento de la señal en Canal Uno.

Cabe recalcar que la información expuesta, se refiere a la ciudad de Quito, mientras que en su matriz ubicada en la ciudad de Guayaquil se maneja toda la información de manera digital.

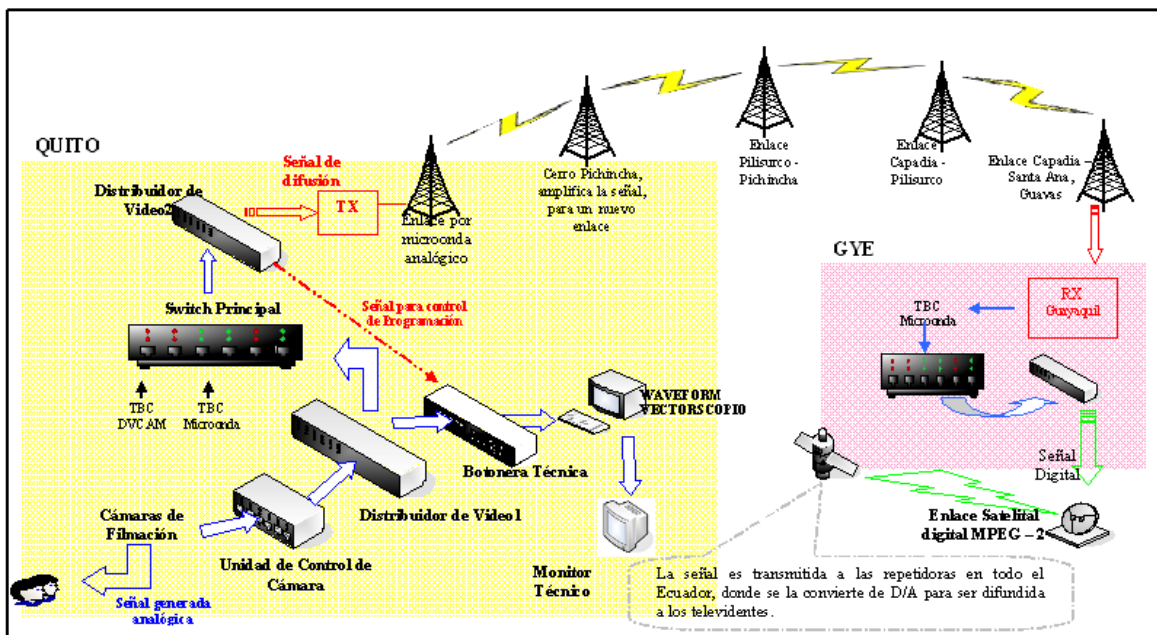


Figura 80 . Procesamiento de la señal de TV para Canal Uno



#### 4.3.4 TV CABLE

La situación de la empresa TV CABLE en Quito en comparación con las de televisión abierta es mucho mejor, uno de los principales factores puede ser la situación económica en la que se encuentra ya que como tiene ingresos mayores puede disponer de una mejor tecnología y dar una mejor calidad de servicio.

TV CABLE recoge las señales desde un satélite cuyo enlace con la estación terrena es de carácter digital, ya en tierra la señal en el receptor es procesada, codificada y enviada a un multiplexor, una vez que las señales han sido multiplexadas ingresan a la red de distribución principal de fibra óptica, posteriormente se distribuye la señal a través de cable coaxial (última milla) para ser transmitidas a los usuarios, la señal viaja en formato MPEG – 2; para que el usuario pueda recibir la señal en el televisor, esta debe ser convertida a un formato análogo utilizando un equipo denominado decodificador.

Actualmente brinda dos tipos de servicios, el de televisión pagada y de Internet.

La televisión pagada se difunde en dos modalidades que son:

- Vía cable coaxial de banda ancha; en ciudades como Quito y Guayaquil la señal viaja por el medio de forma digital hasta llegar a un decodificador el cual cambia la señal a formato analógico para que pueda ser recibida por cualquier receptor de televisión; por otra parte en ciudades como Loja, Riobamba, etc la señal que viaja por el medio guiado es estrictamente analógica por lo que no es necesario el uso de un decodificador ya que la conversión se realiza antes de que la señal ingrese al cable coaxial.

- Aerocable, para esta modalidad la empresa dispone de un sistema WiMax<sup>55</sup> operando en el cerro Pichincha, utilizando la opción broadcast (emisión) de canales analógicos disponiendo de 20 frecuencias en la banda UHF. Los usuarios pueden acceder al servicio con o sin línea de vista.

Actualmente esta empresa brinda la posibilidad de adquirir un decodificador digital, este equipo permite al usuario tener una mayor interactividad de manera que pueda realizar operaciones como compras de programas deportivos, películas, etc, incluso se puede adquirir paquetes promocionales de canales. Este servicio solo se ha implementado para las ciudades de Quito y Guayaquil.

Para tener servicio de Internet sin línea telefónica la empresa proporciona a sus usuarios un equipo llamado cable MODEM el mismo que trabaja bajo el estándar DOCSIS<sup>56</sup>, este dispositivo brinda un servicio de Internet de banda ancha con alta velocidad.

#### **4.4 ESCENARIOS DE INTERACTIVIDAD DE DVB – H CON REDES DE TELEFONÍA CELULAR**

Para impulsar la explotación de las redes DVB-H es necesario ofrecer servicios que permitan la interactividad con el usuario. Para poder dar esta interactividad y explotar al máximo las posibilidades técnicas y de negociación se pueden mostrar varios escenarios combinados entre redes DVB-H y redes celulares.

---

<sup>55</sup> **WiMAX** (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*, Intercomunicación Mundial para Acceso por Microondas) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16d) diseñado para ser utilizado en el área metropolitana o MAN proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio, a velocidades de hasta 70 Mbps y con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz utilizando tecnología portátil LMDS. Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en OFDM, y con 256 subportadoras, permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos.

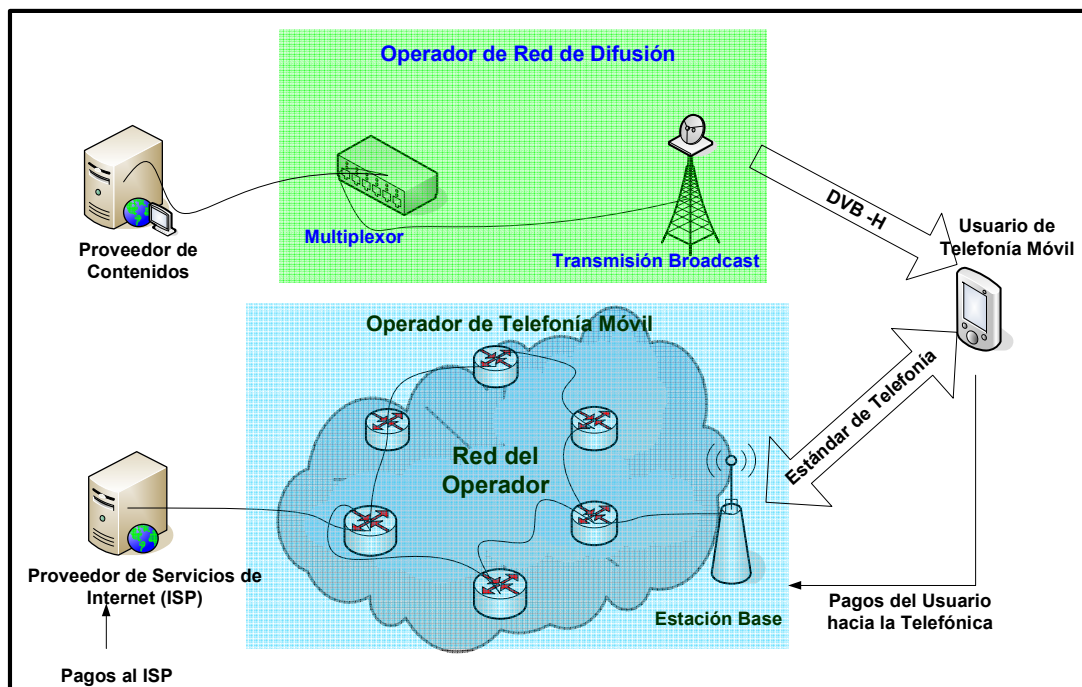
<sup>56</sup> **DOCSIS**, siglas de Data Over Cable Service Interface Specification, Especificación de Interfaz de Datos sobre Servicios de Cable. Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente.

La red DVB-H permite una transmisión masiva de contenidos y la red celular permite dar servicios bajo petición, además de ofrecer un acceso seguro, personalización y facturación. Los servicios que se pueden ofrecer al integrar las dos redes permiten aprovechar las características que éstas ofrecen conjuntamente.

#### **4.4.1 INTEGRACIÓN EN EL TERMINAL MÓVIL**

En este caso no habría ningún tipo de coordinación entre la red DVB – H y la red celular, ya que se encuentran totalmente aisladas. Por tanto, el usuario no tiene ninguna manera de interactuar con el “operador de DVB-H”, que únicamente entrega los contenidos broadcast (televisión digital, y servicios multimedia); pero la tendría con el operador móvil, el cual le va a entregar los típicos servicios que ofrece una red de telefonía celular como: telefonía, mensajería, descargas multimedia, etc. En este escenario cualquier usuario que tenga o no contrato con alguna operadora de telefonía celular y posea un equipo móvil con la posibilidad de trabajar bajo las normas del estándar DVB – H puede recibir y beneficiarse de la señal que difunde el operador DVB – H.

Cabe recalcar que el usuario recibiría el servicio de televisión de manera gratuita, por lo que el operador DVB – H recibirá remuneración de la publicidad que pueda generar y el operador de la red celular seguirá beneficiándose por los servicios que ofrece. En la figura 81 se muestra una red DVB – H y una red celular trabajando de manera separada.



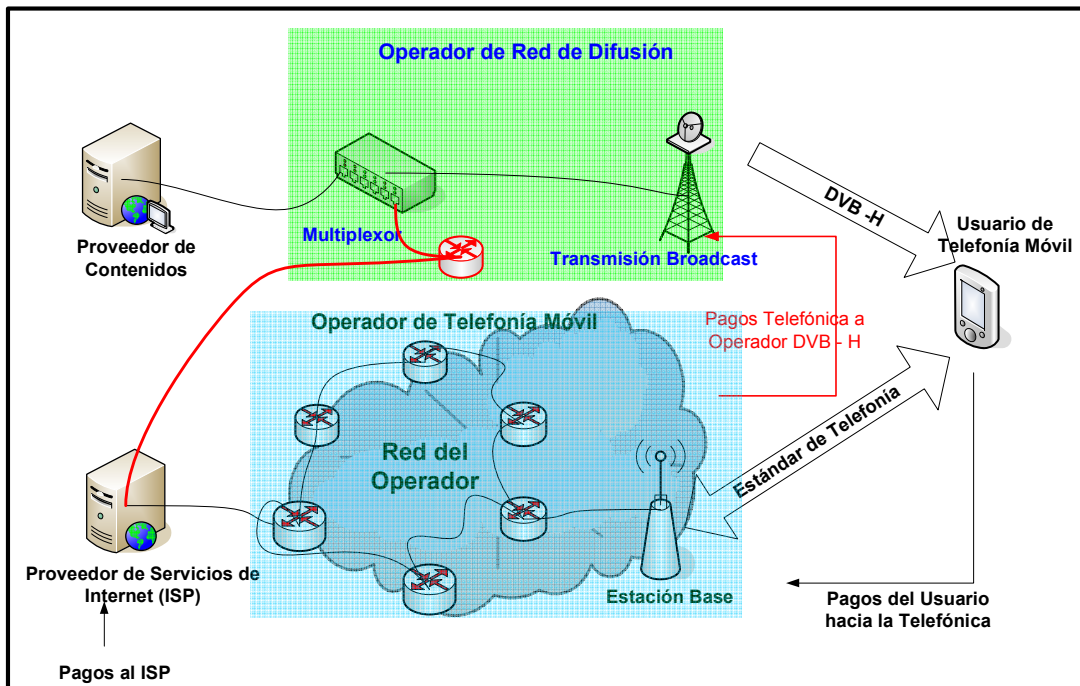
**Figura 81.** Integración a nivel de Terminal.

#### 4.4.2 ESTÁNDAR CELULAR COMO CANAL DE INTEGRACIÓN

Para este caso las dos redes se encuentran relacionadas, y es el operador móvil el que interactúa con el operador DVB-H. Se podrían ofrecer servicios como video bajo demanda, Internet móvil, etc.

La interactividad se da solo entre el usuario y el operador de telefonía móvil mediante el canal de retorno celular, el operador de la red celular podría ofrecer autenticación y facturación. Además en este escenario el usuario dueño de un dispositivo que trabaje bajo el estándar DVB – H se ve restringido en la recepción de la señal DVB – H, ya que aunque la señal es difundida al aire el encargado de brindar el acceso a este servicio es el operador celular, el mismo que otorga el permiso a los usuarios que hayan contratado el servicio. Las ganancias obtenidas por ofrecer el servicio adicional DVB – H se compartirán entre el operador de DVB

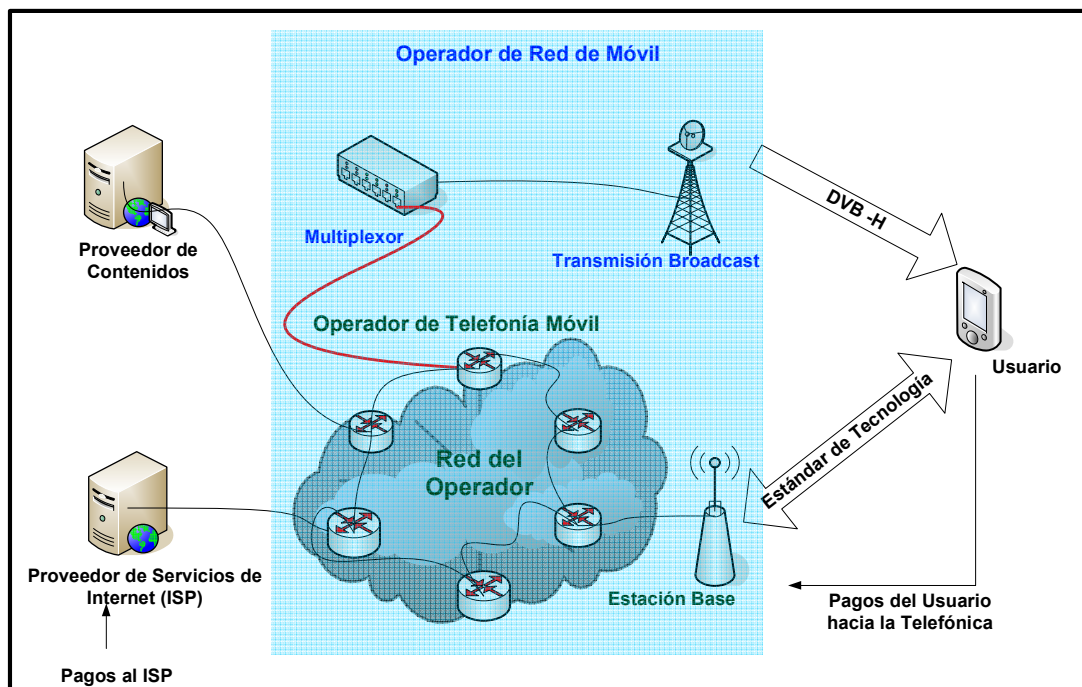
– H y el operador de la red celular, de acuerdo al contrato establecido entre ellos, en la figura 82 se muestra la interacción de las dos redes.



**Figura 82.** Estándar celular como canal de integración.

#### 4.4.3 RED CELULAR CON CANAL DE RECEPCIÓN DVB-H INTEGRADO

En este caso existe un único operador en la red, éste operador se encargaría de la integración de los sistemas a nivel de operador. El contenido se transmitiría por la red DVB-H y el canal de retorno sería el celular. El operador de telefonía podría variar la transmisión broadcast con las respuestas del usuario. Por tanto es el operador de telefonía el que ofrece interactividad. En la figura 83 se puede observar una red de telefonía móvil que tiene integrado un canal de recepción DVB – H.



**Figura 83.** Red celular con canal de recepción DVB-H integrado.

La probabilidad de éxito de los diferentes escenarios depende de muchos factores, entre ellos, oportunidades de negocios, detalles tecnológicos (cobertura, complejidad, costo de los terminales), normativas, etc.

## 4.5 PERFILES DE POSIBLES USUARIOS

### 4.5.1 SEGÚN SUS INGRESOS

#### 4.5.1.1 Usuario de clase alta y media alta

En Quito este tipo de usuarios se encuentran generalmente en los sectores centro norte de la ciudad, además de la zona de los valles, cabe anotar que en otros sectores de la ciudad también se tiene este tipo de usuarios pero en menor proporción. Podemos considerar dentro de este grupo a las familias que perciben

mas de \$2000 al mes, dependiendo también del número de integrantes de la familia y del ingreso per cápita.

Hacen uso de diferentes tipos de servicios relacionados con redes de comunicación como por ejemplo de televisión pagada, esta puede ser satelital o vía cable; una o varias líneas telefónicas fijas o móviles e Internet.

#### **4.5.1.2 Usuario de clase media y media baja**

Dentro de este grupo se considera familias cuyos ingresos mensuales van desde los \$700 a \$1800. Son la mayoría de la población urbana en el país.

Pueden ser buenos consumidores, aunque muchos usuarios pertenecientes a estos grupos suelen restringir ciertos servicios como televisión pagada e Internet.

#### **4.5.1.3 Usuario de clase baja**

La mayor parte de estos usuarios se encuentran en zonas extremas o periféricas de las ciudades, generalmente poseen ingresos de alrededor de \$500 mensuales o menos.

Un gran número de personas de estos grupos sociales carecen de servicios de televisión pagada e Internet.

### **4.5.2 SEGÚN LA EDAD**

Los usuarios pueden también ser segmentados según la edad debido a que las necesidades de los mismos van cambiando a lo largo de su vida, la distribución de la población por edad es un criterio útil. Se los puede dividir en tres tipos: niños, jóvenes y de edad madura en la Tabla 4.

	<b><u>EDAD</u></b>	<b><u>CARACTERÍSTICA</u></b>
<b><i>NIÑOS</i></b>	Hasta 12 años	No poseen un fácil acceso a los servicios de televisión o telefonía que se ofrecen en la actualidad, son supervisados y controlados por los adultos. No manejan el suficiente dinero para adquirir equipos o servicios.
<b><i>JÓVENES</i></b>	De 13 a 25 años	Actualmente tienen libertad para acceder a toda clase de servicios, son pocos los casos en los que hay control sobre estas personas. Una parte de este grupo ya esta en la capacidad de poder adquirir un equipo o servicio propio, debido a sus ingresos mensuales por sus trabajos o por el dinero recibido de sus padres.
<b><i>EDAD MADURA</i></b>	De 26 en adelante	Poseen total libertad en el acceso a servicios, el manejo de capital económico les permite disponer y adquirir cualquier tipo de equipos y servicios.

**Tabla 4.** Distribución de los Usuarios según la edad



## 4.6 ACOGIDA DEL SISTEMA SEGÚN ENCUESTAS REALIZADAS A POSIBLES USUARIOS EN LA CIUDAD DE QUITO

Se realizaron varias preguntas concernientes al interés para adquirir el servicio de televisión móvil que utilice la tecnología DVB – H, la clasificación de los sectores para aplicar las encuestas se realizó teniendo en cuenta la distribución económica y perfiles de usuarios. A continuación se presenta los resultados obtenidos.

### ENCUESTA

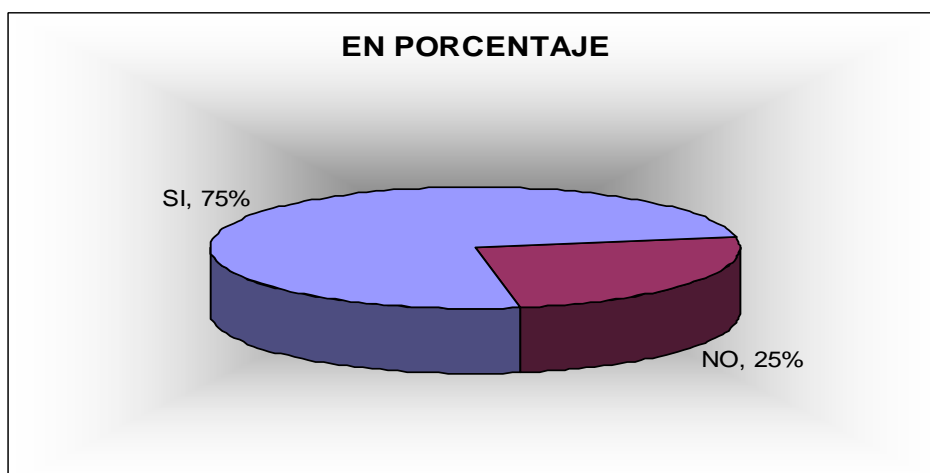
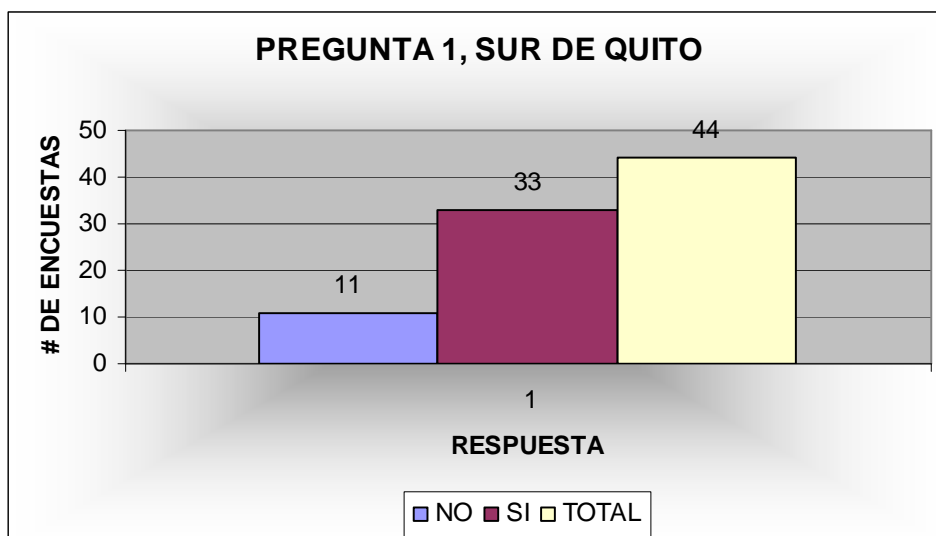
#### ➤ PREGUNTA 1

¿Le gustaría tener un servicio de Televisión de alta calidad, servicios multimedia y servicios de datos en su Equipo Móvil (celular, laptop, PALM, etc)

#### - Sector Sur de la Ciudad de Quito

	Respuesta (Si)	Respuesta (No)	Total
Número de encuestas realizadas	33	11	44
Porcentajes	75 %	25%	100%

**Tabla 5.** Acogida del servicio en el Sur de Quito.

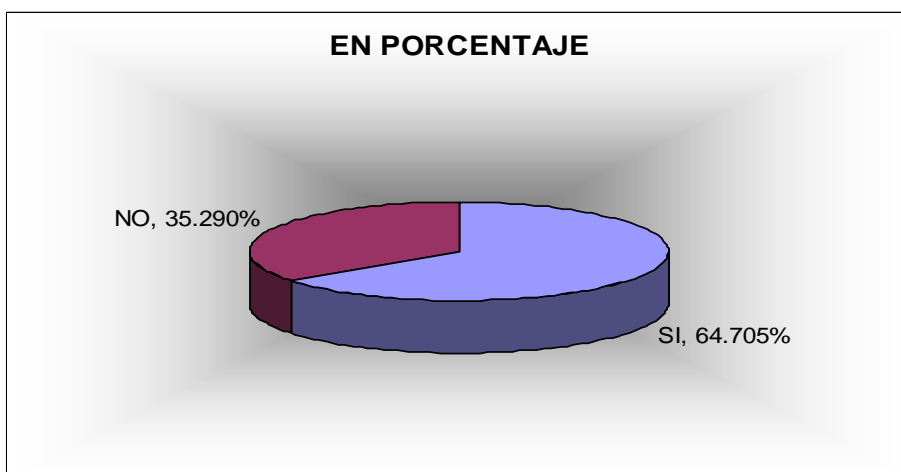
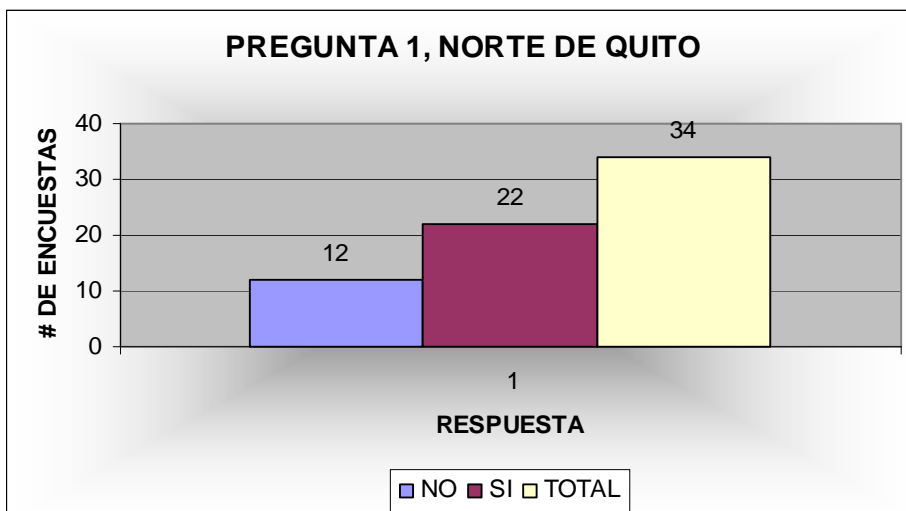


**Figura 84.** Acogida del servicio en el Sur de Quito.

- **Sector Norte de la Ciudad de Quito**

	Respuesta (Si)	Respuesta (No)	Total
Número de encuestas realizadas	22	12	34
Porcentajes	64.705 %	35.29%	100%

**Tabla 6.** Acogida del servicio en el Norte de Quito.

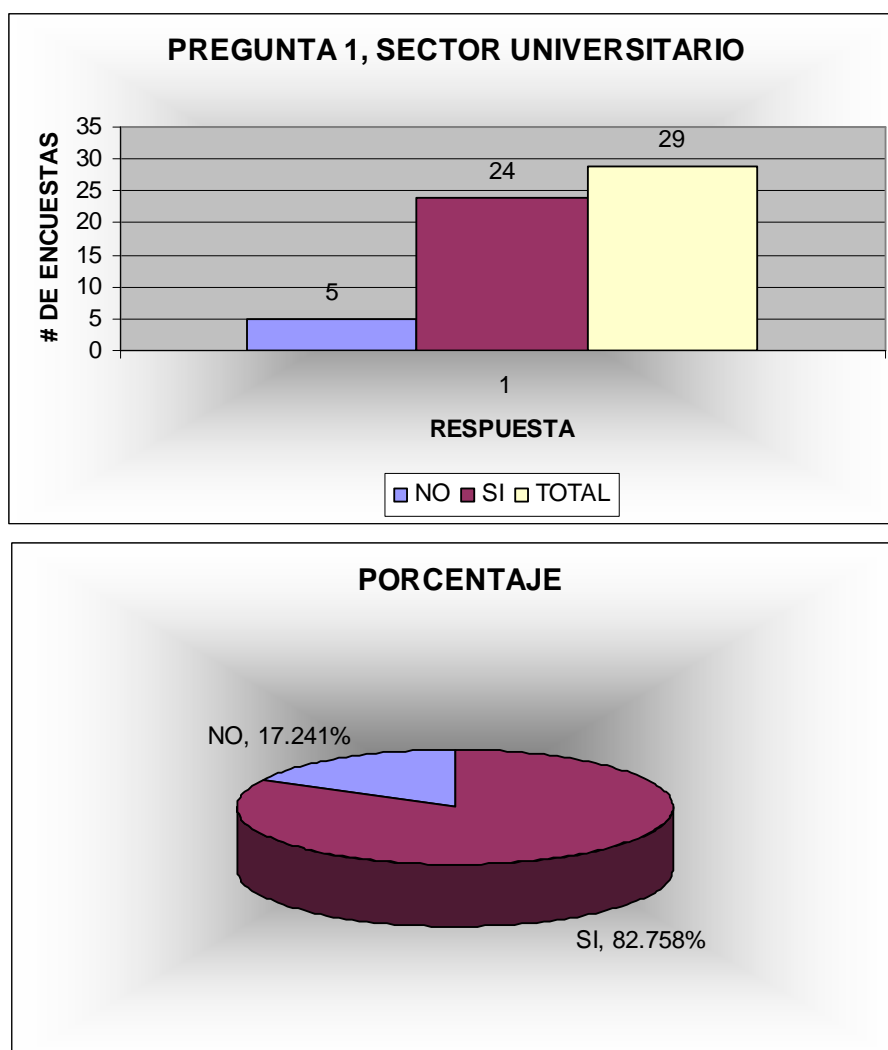


**Figura 85.** Acogida del servicio en el Norte de Quito.

- **Sector Universitario Ciudad de Quito**

	Respuesta (Si)	Respuesta (No)	Total
Número de encuestas realizadas	24	5	29
Porcentajes	82.758 %	17.241%	100%

**Tabla 7.** Acogida del servicio en el Sector Universitario de Quito.

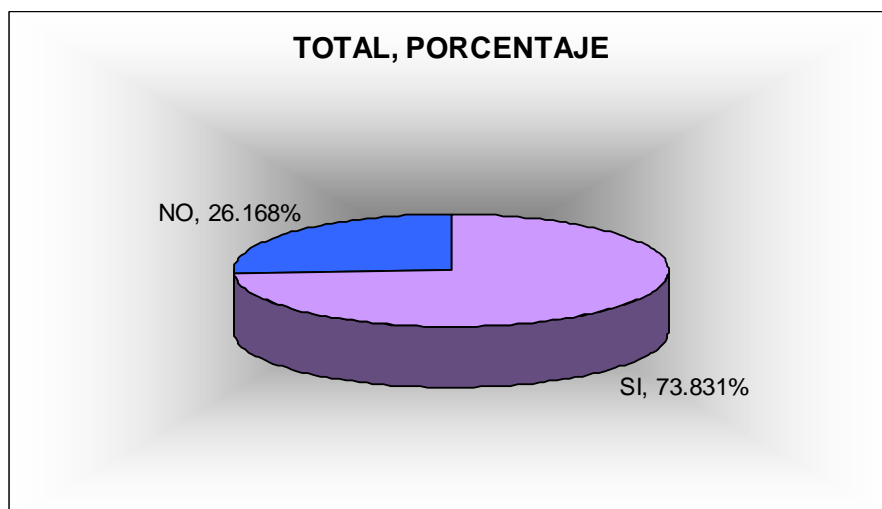
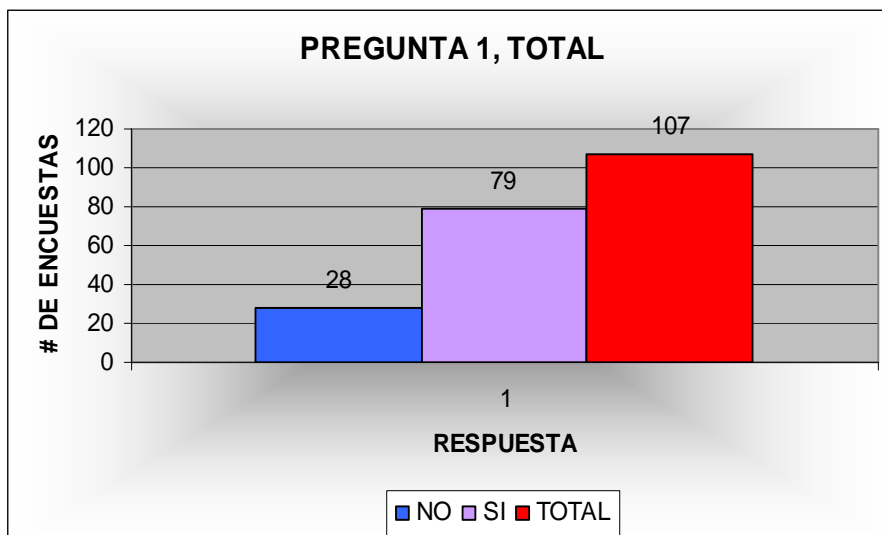


**Figura 86.** Acogida del servicio en el Sector Universitario de Quito.

**TOTAL DE ENCUESTAS TABULADAS**

	NÚMERO DE ENCUESTAS TOTALES REALIZADAS	RESPUESTA (SI)	RESPUESTA (NO)
	107	79	28
<b>Porcentajes</b>	100 %	73.831%	26.168%

**Tabla 8.** Acogida del servicio en la Ciudad de Quito.

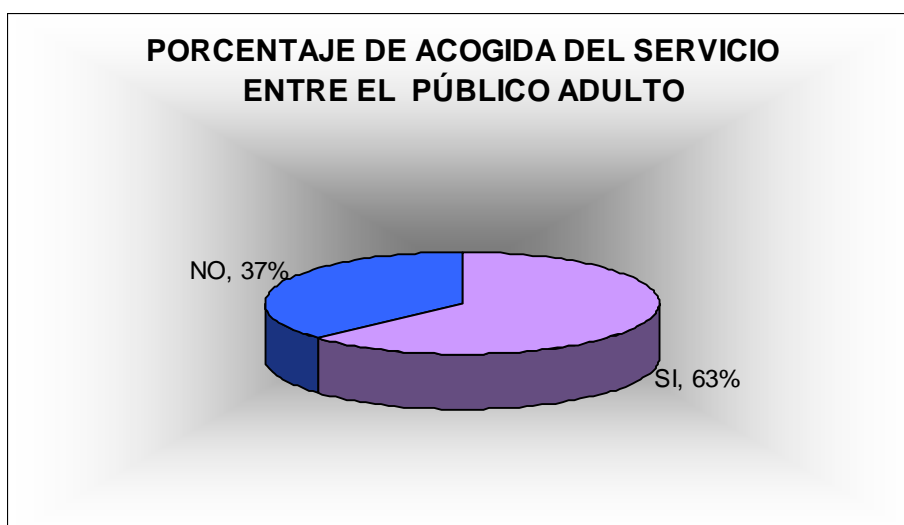


**Figura 87.** Acogida del servicio en la Ciudad de Quito.

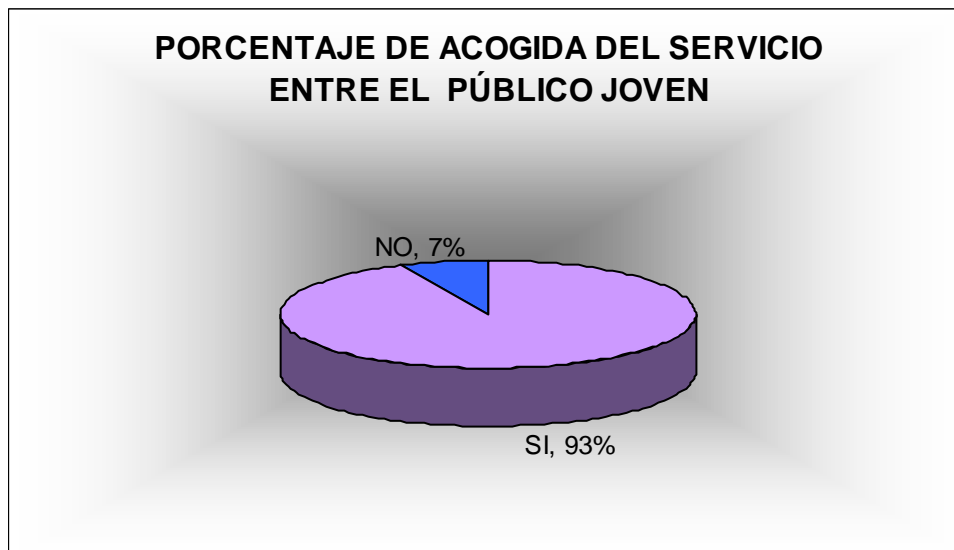
La tabla 9 da una idea del grado de aceptación que podría tener este servicio dentro del público adulto y el público joven, esto se ve representado en la figura 88 y la figura 89.

	ADULTOS		JÓVENES	
<b>NÚMERO DE ENCUESTAS REALIZADAS</b>	42		63	
	<b>Si</b>	<b>NO</b>	<b>Si</b>	<b>NO</b>
<b>INTERÉS EN LA TECNOLOGÍA</b>	28	14	59	4
	63%	37%	93%	7%

**Tabla 9.** Grado de aceptación del servicio en el publico adulto y joven.



**Figura 88.** Porcentaje de acogida del servicio en el Público Adulto.

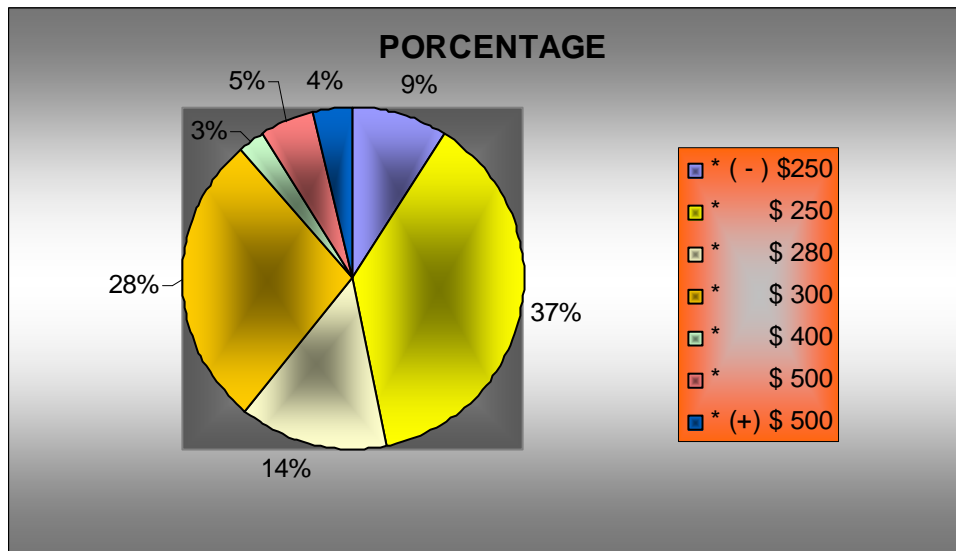
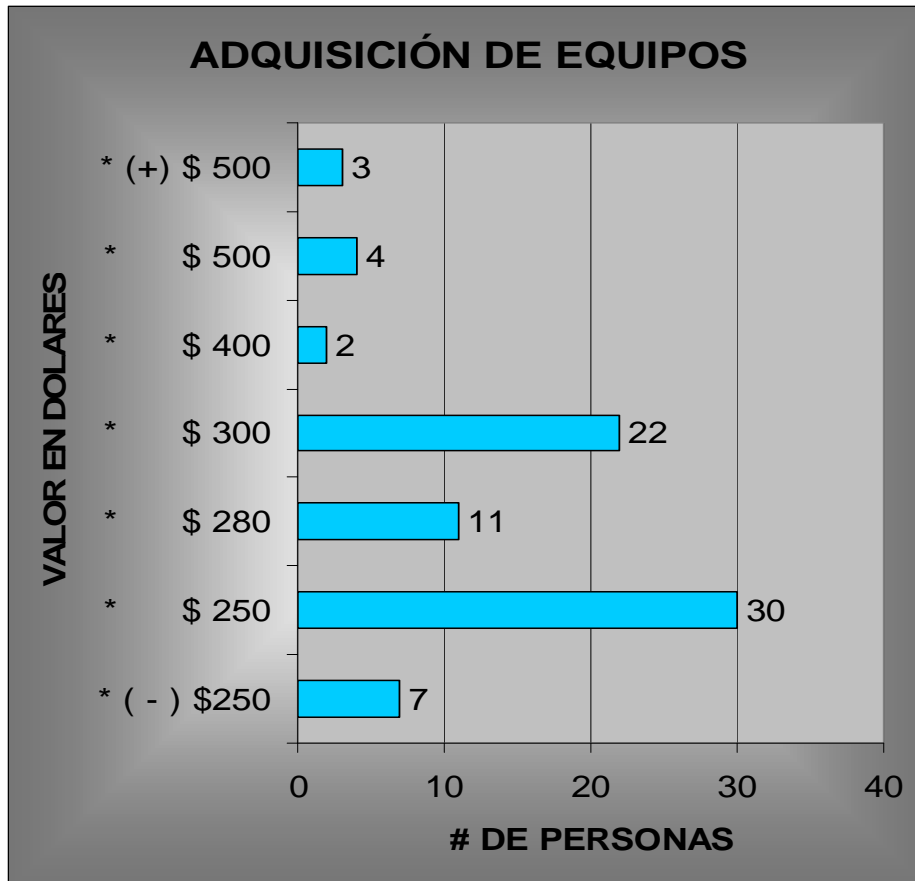


**Figura 89.** Porcentaje de acogida del servicio entre el Público Joven.

➤ **PREGUNTA 2**

**¿Cuanto estaría dispuesto a pagar por la adquisición de un equipo con esa tecnología?**

En esta pregunta se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 90, donde se puede observar costos aproximados de equipos de recepción móvil con el número de personas dispuestas a pagar el valor de ese equipo.



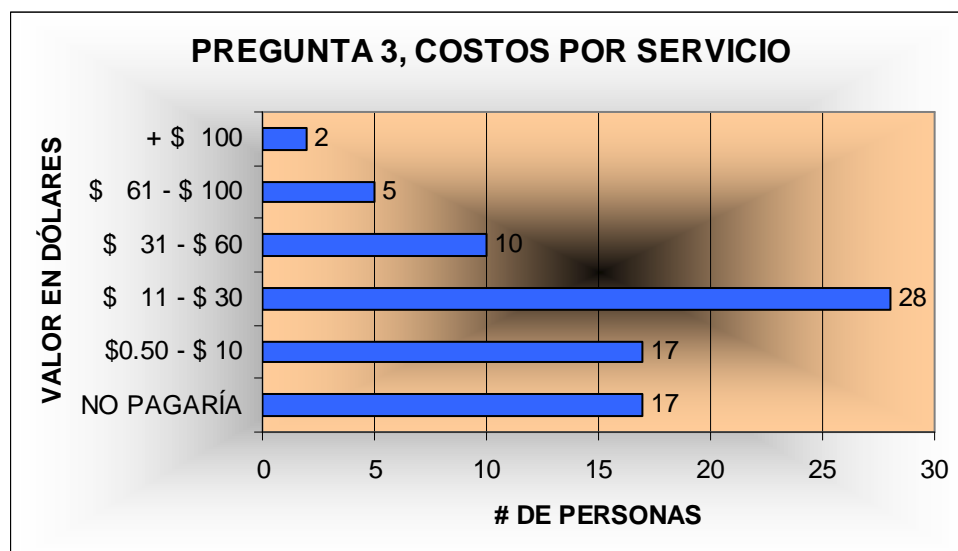
**Figura 90.** Valores de los equipos, y porcentaje de personas que pagarían por obtener uno de estos de acuerdo a su costo.



➤ **PREGUNTA 3**

**¿Estaría de acuerdo en pagar un valor mensual por este servicio?**

Muchas personas están de acuerdo en pagar por la adquisición de los servicios que ofrece DVB – H, en la figura 91 se puede observar como fluctúan estos valores, aunque existe una parte de individuos que desearían obtener el servicio de manera gratuita, desde el punto de vista empresarial, no será conveniente, porque siempre se busca obtener réditos por la otorgación de algún servicio; en fin esto quedará a decisión de quien vaya a brindarlo.



**Figura 91.** Porcentaje de personas que pagarían un valor mensual por recibir el servicio.

➤ **PREGUNTA 4**

**¿Qué tipo de programación le gustaría tener?**

Son varias las opciones de programación que una operadora puede brindar utilizando el sistema DVB – H, en la tabla 10, se puede ver la inclinación que tiene la gente de acuerdo a su edad, al tipo de programación que le gustaría tener en

su equipo móvil. En las encuestas se puede concluir que el público en general se inclina por programas deportivos, noticias, películas, educativos, tecnológicos y de entretenimiento. Por otra parte existirá también un grupo de usuarios infantiles, los que usualmente se inclinan por caricaturas, series cómicas y educativas; por lo tanto de parte de la operadora deberá existir un ofrecimiento de servicio variado para todo tipo de usuarios.

Gracias a la flexibilidad que ofrece el estándar DVB – H, la operadora podrá cubrir diferentes requerimientos multimedia demandados por lo general por gente joven; estos requerimientos se refieren a descargas de imágenes, música, actualizaciones, programas, juegos, Internet, etc.

	ADULTOS	JOVENES	NIÑOS
P R O G R A M A C I Ó N	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Noticias</li> <li>➤ Deportes</li> <li>➤ Tecnología</li> <li>➤ Cultural</li> <li>➤ Películas</li> <li>➤ Documentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deportes</li> <li>➤ Tecnología</li> <li>➤ Documentales</li> <li>➤ Series</li> <li>➤ Farándula</li> <li>➤ Entretenimiento</li> <li>➤ Música</li> <li>➤ Adultos</li> <li>➤ Noticias</li> <li>➤ Películas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Caricaturas</li> <li>➤ Programas educativos</li> <li>➤ Programación infantil</li> </ul>

**Tabla 10.** Tipo de programación a la que se inclinarían los usuarios de acuerdo a su edad.

## 4.7 COSTOS APROXIMADOS DE EQUIPOS DVB – H

Ya que en la actualidad se están realizando pruebas piloto especialmente en Europa para la implementación del estándar DVB – H, las empresas que desarrollan dispositivos para la transmisión de radio y televisión, aun no tienen un importante ingreso al mercado con equipos que utilizan tecnología DVB – H, a continuación se presenta una recopilación de algunos componentes que pueden ser importantes a la hora de implementar un servicio utilizando el estándar DVB – H. (Más información ANEXO 3).

---

### NOMBRE

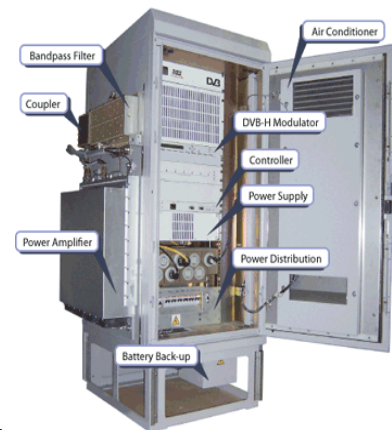
*Transmisor DVB – H*

### FABRICANTE

UBS

### CARACTERÍSTICAS

- *Controlador del sistema.*
- *Filtro Pasabanda.*
- *Amplificador de Potencia: 50, 100, 200 Watts*
- *Rango de frecuencia de operación: 1670 – 1675 MHz*
- *Rango de referencia de la potencia de salida: 3 dB.*
- *Modulador DVB – H: Procesamiento de señales ASI, Salida de RF COFDM, Sincronización SFN.*
- *Evaluación de la potencia de salida: +47/50/53/56.0 dBm (después del filtro de salida)*
- *Batería de back-up*



### PRECIO

\$ 3,800.00

---

---

**NOMBRE**

*MPEG-4/H.264 Encoder DVEN 1000/2000*

**FABRICANTE**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Codificación en tiempo real de uno o dos canales analógicos de audio y video.*
- *Video: Compresión MPEG – 4, Tipo PAL, NTSC, Bit rate de salida 128 kbps – 5000 kbps.*
- *Audio: Compresión AAC, Simple Rate 8, 11, 12, 16, 22, 24, 32, 44, 48 kHz, Bit rate 8 kbps – 256 kbps, Canales de audio mono o estéreo.*

**PRECIO**

*\$ 800.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-H IP Encapsulator DVE 6000*

**FABRICANTE**

*UBS*

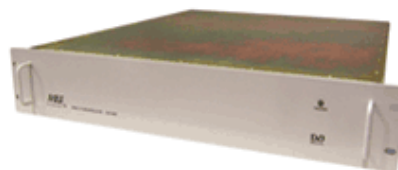
**CARACTERÍSTICAS**

- *Codificación Reed Solomon.*
- *Control del Time Slicing.*
- *Facil integración a una red SFN*
- *Dos modos de operación independientes: planificación de la ráfaga dinámica y ranurada.*
- *Tolera flujos de entrada IPv4 y IPv6*
- *Soporta fuentes IP constantes y variables*
- *Libre pérdida del Handover usando SFN*
- *Interfaces para el control Web GUI, SNMP, y CLI.*
- *Generación automática de tablas SI/PSI.*
- *Paquete de filtrado basado en pórticos y direcciones IP*

**PRECIO**

*\$ 850.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-T / DVB-H Modulator DVM 5000*

**FABRICANTE.**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Salida de RF de 30 MHz a 1 GHz*
- *Completo soporte de modo jerárquico*
- *Soporte para redes SFN y MFN*
- *Perfecto switcheo entre entradas*
- *Control Remoto Web Browser*
- *Control Remoto SNMP*
- *Soporte completo para DVB – H.*

**PRECIO**

*\$ 1,050.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-T / DVB-H SFN Adapter DVS 4010e*

**FABRICANTE**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Modos de operación: DVB – H, DVB – T y DMB – T*
- *Sincronización en tiempo y frecuencia para redes SFN*
- *Permite la selección de entradas y salidas seriales ASI*
- *Ajuste del Bit Rate con el modo de transmisión*
- *Soporta flujos HO o LP para el modo jerárquico.*

**PRECIO**

*\$ 780.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-H Real Time ASI Stream Analyzer DVA 6010*

**FABRICANTE**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Detección automática de diferentes servicios (DVB SI/PSI tablas (PAT, PMT, INT, NIT)) y servicios MPE – FEC*
- *Análisis en la capa transporte para cada servicio, contadores CC, errores de sección, Errores CRC*
- *Análisis de datos en las capas, continuamente monitorea los siguientes parámetros: Duración de las ráfagas, periodos mínimos y máximos entre ráfagas, tiempo fuera promedio.*
- *El sistema chequea las direcciones IP utilizando tablas INT*
- *Realiza detección de errores.*

**PRECIO**

*\$ 820.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-T / DVB-H Portable Test Transmitter DVMP 5000*

**FABRICANTE**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Diseño portátil*
- *Salida de RF de 30 MHz a 1 GHz*
- *Completo soporte de modo jerárquico*
- *Soporte para redes SFN y MFN*
- *Perfecto switcheo entre entradas*
- *Control Remoto Web Browser*
- *Control Remoto SNMP*
- *Soporte completo para DVB – H.*

**PRECIO**

*\$ 380.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-T / DVB-H Modulator DVM 2000*

**FABRICANTE**

*UBS*

**CARACTERÍSTICAS**

- *DVB – T – EN 300 744 – 1.4.1*
- *DVB – H – EN 302 304 – V1.1.1*
- *Completo soporte de modo jerárquico*
- *Soporte completo para DVB – H*
- *Perfecto switcheo entre entradas*
- *Salida de RF: 36 MHz*

**PRECIO**

*\$ 700.00*

---



---

**NOMBRE**

*DVB-H Gap Filler (on channel repeater)*

*DVB-PDX-1675/5/50/100*

**FABRICANTE**

*UBS*

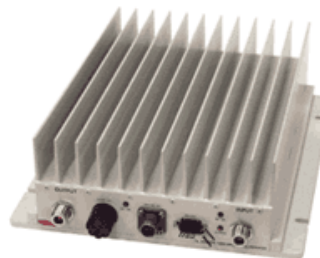
**CARACTERÍSTICAS**

- *Rango de frecuencia: 1660 – 1685 MHz*
- *Potencia de salida disponible: 1,4 y 10 Watts*

**PRECIO**

*\$ 250.00*

---



---

**NOMBRE**

*Yakumo Receptor TDT USB para PC*

**FABRICANTE**

*Yakumo*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Modulación/Demultiplexaje: QPSK/16 Q AM,64 QAM*
- *Tasa de datos de entrada: hasta 31,67 Mbps*
- *Gama de frecuencia: 174 – 230 MHz, 470 – 862 MHz*
- *Admite el protocolo DVB (ETS 300 744)*
- *Tamaño de imagen: 16:9 | 4:3*

**PRECIO**

*\$ 91,40*

---



---

**NOMBRE**

*Lector DivX + Receptor TDT BSA-3950DVBT*

**FABRICANTE**

*BELSON*

**CARACTERÍSTICAS**

- *Compatible con Nero Digital, ISO MPEG – 4 / DivX / Xvid.*
- *Receptor TV Digital Terrestre DVB – T*
- *FIRMWARE actualizable por disco*

**PRECIO**

*\$ 150*

---





En la figura 92 se muestra la configuración de una red de frecuencia única utilizando equipos DVB – H y los costos aproximados de su implementación en las tablas 11 y tabla 12.

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO (\$)
Codificador MPEG	UBS	DVEN 1000	800.00
Encapsulador IP	UBS	DVE 6000	850.00
Multiplexor	ABE	EMX - MUX	250.00
Adaptador de Red SFN	UBS	DVS 4010e	780.00
Analizador de flujos DVB - H	UBS	DVA 6010	820.00
Modulador DVB - H	UBS	DVM 5000	1,050.00
Transmisor	UBS		3,800.00
PRECIO TOTAL			8,320.00

**Tabla 11.** Costo aproximado de implementación de una red SFN DVB - H utilizando equipos de marca UBS

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO (\$)
Codificador MPEG	ABE	EMX Code MPEG - 2	600.00
Encapsulador IP	UDCAST		850.00
Multiplexor	ABE	EMX - MUX	250.00
Adaptador de Red SFN	UBS	DVS 4010e	780.00
Analizador de flujos DVB - H	UDCAST	DVB – H Training	730.00
Modulador DVB - H	DVEO	DTMD 1000	850.00
Transmisor	ECOBROADCAST	TXS 500M	4,800.00
PRECIO TOTAL			8,860.00

**Tabla 12.** Costo aproximado de implementación de una red SFN DVB - H utilizando equipos de diferentes marcas.

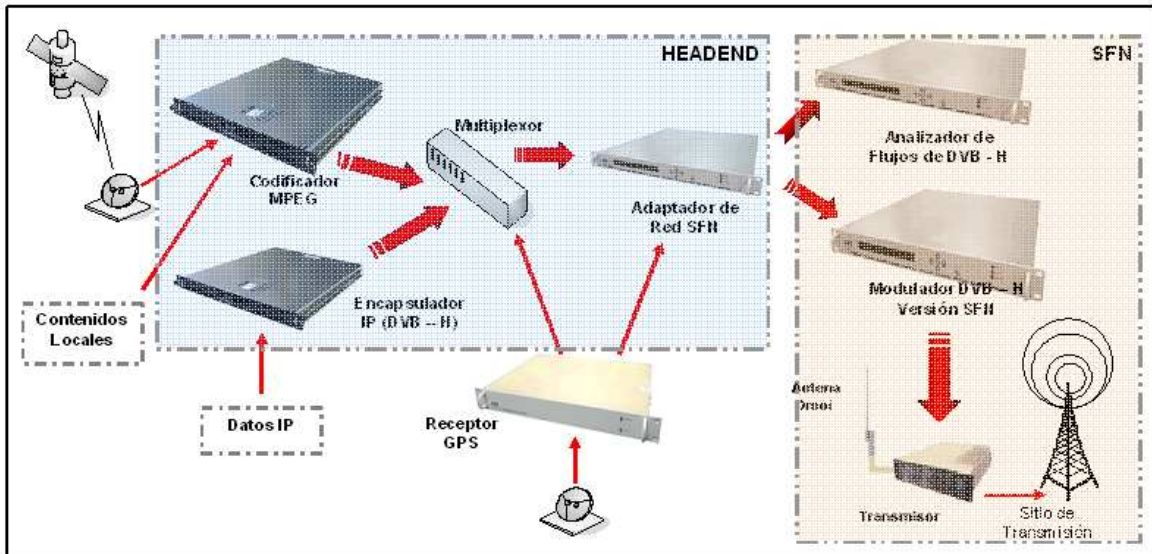


Figura 92. Implementación de una red SFN con equipos DVB – H marca (UBS)

## **4.8 FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE DVB – H EN ECUADOR**

### **4.8.1 RESPECTO A EMPRESAS DE TELEVISIÓN ABIERTA**

- Desde el punto de vista tecnológico, será factible la implementación del estándar DVB – H, ya que la tecnología que poseen la mayoría de las empresas que brindan televisión abierta en el Ecuador es digital, de manera que, únicamente se necesitará adquirir equipos con la capacidad de convertir la señal que generan en una señal DVB – H, para luego transmitirla bajo esta norma. En el caso de las empresas que tienen tecnología analógica, previa a la utilización de los equipos DVB – H deberán digitalizar la señal que generan.
- De acuerdo a los criterios de las empresas, la implementación del servicio de televisión móvil utilizando un estándar de estas características es factible, pero esta implementación será a futuro ya que en la actualidad estas empresas están preocupadas por la entera digitalización de sus equipos y servicios, además de la espera por ver cuál es el estándar de televisión digital que acogerá el Ecuador, por tales motivos la implementación de un estándar con estas características, será muy atractivo y beneficioso.
- Desde el punto de vista del costo de los equipos, la implementación del estándar DVB – H es factible, ya que como se puede ver no se requiere de un gran capital económico para adquirir equipos que trabajen bajo esta norma. Inclusive algunas empresas que no poseen grandes ganancias y se ven limitadas en adquirir equipos redundantes, no consideran el factor económico que demanda la adquisición de equipos DVB – H como una traba para poder incorporar el estándar.

#### **4.8.2 RESPECTO A EMPRESAS DE TELEVISIÓN PAGADA (TV CABLE)**

- De acuerdo a la tecnología de televisión de difusión que posee tiene la capacidad de acoger este estándar, implementando equipos de manera similar que para el caso de televisión abierta. En lo que respecta a la parte económica también es factible la implementación del estándar debido a que por ser una empresa que cobra por sus servicios posee ingresos mucho mayores comparados con empresas de televisión abierta, lo que le permitiría adquirir cualquier clase de equipo que le convenga.
  
- En lo que respecta a la política de la empresa, en la actualidad su enfoque esta orientado a mejorar la calidad del servicio que brinda, adoptando un sistema triple pack (voz, televisión, datos), para incursionar en este nuevo sistema la empresa se esta inclinando por las normas europeas DVB para transmisión por cable. Debido a la tendencia que tiene en acoger el estándar europeo DVB, es factible que en el futuro pueda implementar un servicio que trabaje bajo la norma DVB – H.

#### **4.8.3 RESPECTO AL PÚBLICO**

Las encuestas realizadas arrojan algunos posibles lineamientos, que pueden incentivar a las empresas interesadas en dar el servicio.

- Primero, *el interés del público hacia está tecnología*, de acuerdo a la tabla 8 y a la figura 87 podemos observar que el sistema si tendrá acogida dentro de la ciudadanía, siendo el publico joven el aporte más significativo en respuestas afirmativas para la acogida del servicio. Esto se debe a que los jóvenes tienen un gran interés en las cosas nuevas e innovadoras, cosa que no es muy frecuente en los adultos, por ser personas más conservadoras.

- Segundo, *el costo de los equipos*, entre todas las personas entrevistadas que están de acuerdo en tener el servicio de televisión en un equipo móvil, todas estarían de acuerdo con adquirir un dispositivo con esta nueva tecnología, de manera que el costo no significaría una traba para implementar el servicio en el país. La distribución económica de las personas en la ciudad simplemente muestra que personas de menores recursos (por lo general ubicadas en sectores periféricos de Quito) comprarían aparatos de bajo costo, y los de mayor poder adquisitivo (sector centro – norte) tendrán acceso a los de mayor precio.
  
- Finalmente, *el precio a pagar por el servicio*, este parámetro visto en la figura 91 debería ser interpretado por la empresa que está interesada en dar el servicio, ya que existe un grupo de personas que no tienen idea de cuanto pueda costar un servicio de estas características, muchos lo relacionan con el servicio de televisión pagada (TV cable, DirecTV, Univisa) y otras tantas creen que no se debería pagar por recibir televisión en su dispositivo móvil.

A nivel mundial se está realizando varias pruebas del estándar donde se está demostrando la factibilidad de su implementación, y la gran acogida que va a tener en el público en general, con estas pruebas muchas empresas encargadas de la manufacturación de equipos (UBS, ECOBROADCAST, NOKIA, MOTOROLA) ven el ingreso del estándar DVB – H como un potencial mercado para promocionar sus productos.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Tanto el estándar DVB – T como el DVB – H utilizan la modulación COFDM, por ser un método más robusto frente a otros tipos de modulación. COFDM difiere por ser un sistema de transmisión en paralelo, es decir, varios datos son transmitidos en el mismo instante de tiempo por múltiples portadoras, que se eligen de forma que sean ortogonales entre sí, logrando, por lo tanto que cada portadora transporte sólo una tasa de bits moderada.
- La incorporación de un intervalo de guarda en la modulación garantizará la separación entre señales adyacentes, evitando la interferencia entre ellas, y facilitando su separación y demodulación en el receptor. La selección de este intervalo se elige de acuerdo al retardo esperado en el medio particular de propagación en que se lleva a cabo la comunicación.
- Ante la aparición de una gran cantidad de errores consecutivos el Código Reed Solomon que utiliza el sistema no es efectivo, debido a que este código solo corrige un cierto número de errores consecutivos, por tanto la inclusión de un entrelazador en este sistema es vital para evitarlos.
- Básicamente el estándar DVB – H, difiere con DVB – T en la inclusión de una señalización DVB – H, un nuevo modo 4K, un encapsulamiento de paquetes IP (Time - Slicing) y mejora en la relación señal a ruido ante el efecto doppler en canales móviles (MPE - FEC).

- El espectro radioeléctrico óptimo para la provisión de *servicios IP Datacast sobre DVB-H* a ofrecer a terminales *híbridos* GSM/GPRS/UMTS es el actual de TV: Bandas IV y V.
- Una de las principales características del DVB - H es el empleo de paquetes MPEG-2, lo cual implica que es transportable cualquier información que sea digitalizable (vídeo, audio, datos multimedia, etc...).
- Desde un punto de vista técnico, es más conveniente no mezclar en un mismo múltiplex servicios DVB-H y servicios tradicionales TDT puesto que tienen objetivos de cobertura muy diferentes. En cualquier caso, para funcionar correctamente DVB-H necesita un régimen binario mínimo de unos 2 Mbps.
- Este estándar promete ser una poderosa herramienta de comunicaciones en países que emplean el estándar DVB-T (TDT), pudiendo el operador ofrecer dos servicios simultáneos o sea (DVB-T y DVB-H) en el mismo multiplex.
- El uso de un mecanismo de transmisión innovador y diferente al tradicional que consistía en transmitir datos de manera continua, permite reducir el consumo de energía de un terminal, este nuevo mecanismo obedece a una técnica llamada *time – slicing* que consiste en el envío de datos en ráfagas, obteniéndose una mayor velocidad en la transmisión, así el estándar DVB - H ofrece el mínimo consumo energético con el máximo caudal de datos.
- El trabajo del proyecto DVB ha resultado en una lista exhaustiva de documentos (unos de carácter técnico y otros de tipo operacional o legal), los cuales describen las soluciones requeridas por los actores comerciales con el objetivo que éstos puedan hacer uso efectivo de esta nueva tecnología de radiodifusión de señales digitales. Estos documentos son el resultado de esfuerzos conjuntos y de la cooperación de muchos expertos



que han dedicado miles de horas diseñando nuevas soluciones a nuevos problemas.

- El estándar DVB-H y las tecnologías IP Datacast abren nuevas oportunidades de negocio para todos los actores de la industria audiovisual y de telecomunicaciones. Ofrecen además, un mecanismo único para el desarrollo de la Sociedad de la Información permitiendo el *acceso universal a contenidos multimedia en cualquier lugar y momento a todos los usuarios*.
- Los procesos de *switch-over* deben permitir en un plazo breve de tiempo, el desarrollo de las primeras redes DVB-H, que no tienen por qué ser necesariamente grandes SFNs, pueden componerse de un conjunto de SFNs locales, lo cual facilitaría la introducción de la tecnología y proporcionaría una mayor capacidad a dichas redes.
- Permite utilizar todo tipo de equipos portables y móviles como son: Notebooks, teléfonos celulares, Palms, PDA's etc, con excelente performance y alta velocidad de datos.
- Los servicios que se puedan ofrecer bajo la norma DVB - H necesitan competir eficazmente contra empresas de servicios por cable y satélite; por tanto la clave para el éxito será ofrecer buenos y variados servicios además receptores accesibles y económicos.
- Las tecnologías de transmisiones móviles, como DVB-H, serán decisivas para dar entidad al concepto de movilidad completa. Ya que se convierte en un complemento de las telecomunicaciones móviles de tercera generación. Puede abrir las puertas a una nueva familia de productos y servicios que los usuarios finales apreciarán realmente, y elevará el nivel de la utilización inalámbrica.

- Los estándares abiertos y sin protección de patentes, como el DVB-H, ofrecen la mejor oportunidad para que los proveedores de contenidos y las cadenas emisoras trabajen en zonas diversas.
- La capacidad para recibir contenidos similares a la TV en un teléfono móvil será el siguiente paso lógico en la evolución de los servicios multimedia móviles de transmisión por corrientes. La tecnología DVB-H incrustada, en un entorno completo de estándar abierto, llega a ser uno de los impulsores básicos para el establecimiento de un modelo empresarial prometedor.
- La falta de consensos entre las diferentes empresas de televisión abierta, para tratar de llegar a un acuerdo en el que se puedan unir para ofrecer una mayor gama de servicios al público, perjudica la implementación a corto plazo de un sistema basado en un estándar europeo como lo es DVB – H para dar servicio de televisión a terminales móviles, el mismo criterio es aplicable para empresas de televisión pagada aunque difieren un poco, debido a que el interés de ellos no se enfoca en variar la forma de dar el servicio al público, sino que lo que buscan es mejorar su desempeño integrando un mayor número de beneficios a su servicios de manera que puedan atraer mas usuarios.
- La gran flexibilidad que brinda el estándar DVB – H, permite que en países como Ecuador con poco avance tecnológico en el tema de la televisión, pueda ser posible implementar servicios que aumenten la gama de opciones que logra brindar un dispositivo portátil, como lo es la televisión digital, descargas multimedia, etc; de manera que los costos de implementación no sean elevados, ya que al mantenerse gran parte de la tecnología y redes existentes, únicamente se deberá enfocar a adquirir equipos exclusivos que trabajen bajo el estándar para el tratamiento y transmisión de la señal.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Los organismos del Ecuador como el CONARTEL, CONATEL, SUPTEL; deben tomar una decisión a corto plazo con respecto a la elección de un estándar de televisión digital.
- Deben estudiarse los derechos de emisión para terminales con pantallas de reducidas dimensiones, así como los mecanismos para la protección de los servicios y la compra de los mismos.
- Las redes móviles combinadas con el DVB-H pueden crear una oportunidad para nuevos mercados masivos móviles, mediante la aportación de una rica selección de servicios de medios interactivos de pago.
- En el Ecuador se debería dar mayor énfasis en cuanto a la implementación de cualquier tecnología de televisión digital, un avance significativo en este campo contribuirá al interés de empresarios y personas en general para que se inicie de manera definitiva los primeros cambios que enraícen cualquiera de los nuevos sistemas que se piense montar, para así obtener una mejora radical en la percepción de los servicios de televisión digital.
- Es importante tener en cuenta la tendencia del público en general hacia la posible inserción de la televisión digital, aún más cuando se trate de implementarla en equipos móviles, ya que como lo indican las encuestas realizadas los usuarios de celulares difieren en sus opiniones, en algunos casos considerando que un servicio de este tipo sería algo innecesario e inadecuado para nuestro medio, y una gran mayoría que piensa que es algo novedoso e interesante.
- El estudio de sistemas de televisión digital en la formación superior, sería sin duda un aporte significativo para que nuevos profesionales del Ecuador

sepan dar sus criterios, ideas e inclusive realizar investigaciones sobre nuevas tecnologías de transmisión digital, y así poder entrar en un mundo competitivo, teniendo siempre de la mano una herramienta vital utilizada hoy en día por los países desarrollados como es el avance tecnológico.

## BIBLIOGRAFÍA

- GONZÁLES, Rafael; WOODS, Richard. “Tratamiento Digital de Imágenes”. 19996. Argentina.
- TOMASSI, Wayne. “Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”. Segunda edición. Editorial Prentice Hall. 1996.
- WATKINSON, John. “Audio Digital”. Paraninfo S.A. 1994.
- RUEDA, J. Carlos; CUELLO, Rojas Freddy. “Compresión de video digital bajo los estándares MPEG” ([www.fuac.edu.co](http://www.fuac.edu.co))
- LAPATINE, Sol. “Electrónica en Sistemas de Comunicaciones”. Limusa. 1990.
- ETSI EN 302 304 V1.1.1. “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)”. ETS 302 304. 2004.
- DVB Document A092. “DVB-H Implementation Guidelines”. Julio 2005.
- ETSI TR 102 401 V1.1.1. “Technical Report Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report. Mayo 2005.
- FARIA, Gerard; HENRIKSSON, Jukka A. SENIOR MEMBER, IEEE, STARE, Erick and TALMOLA, Pekka. “DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices”.
- ISO/IEC 13818 – 1 / ITU – T Rec. H.222.0:1996, Information Technology – Generic coding of moving picture and associated audio – Part 1: Systems.

- JADAN Luis; PASPUEL Ernersto. “Estudio comparativo de los estándares de television digital terrene: ATSC, DVB – T e ISDB”. Tesis. Escuela Politécnica Nacional. 2003. Quito Ecuador.

## SITIOS WEB

- <http://www.dvb.org>
- <http://www.dvb-h-online.org>
- <http://www.ecobroadcast.com>
- <http://www.mobiletv.nokia.com>
- <http://www.wikipedia.org>
- <http://www.televisiondigital.es>
- <http://www.tdt.com>
- <http://www.etsi.org>
- <http://www.ubs.com>
- <http://www.herramientasweb.com>
- <http://www.geam.etc.upm.es/tsmpeg2d.pdf>
- <http://mathworld.wolfram.com/FastFourierTransform.html>
- <http://articulos.conclase.net/compresion/huffman.html>
- <http://www.sateliteinfos.com/diccionario/index.asp/termino/Codificaci%F3n+de+Viterbi>
- <http://www.celularis.com/nokia/nokia-n92-multimedia-y-tv-movil.php>
- [http://www.ustronics.com/Nokia\\_N92.php?qclid=CNXrvZr9lYoCFQGCEAodGWGrew](http://www.ustronics.com/Nokia_N92.php?qclid=CNXrvZr9lYoCFQGCEAodGWGrew)
- <http://foro.todopocketpc.com/showthread.php?t=104734>