

## ANEXO C

### IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN UTILIZANDO EL LABORATORIO LABMU.

Este anexo sirve como referencia para la implementación del modelo de simulación del nivel físico del sistema DVB-T utilizando el laboratorio TDT del SENA seccional Cauca. Se incluyen imágenes tomadas del laboratorio TDT y del cliente LabMU.

#### C.1 EQUIPOS DE LABMU.

En las figuras C.1 y C.2 se muestran los equipos más importantes que componen el laboratorio, es decir, el servidor LabMU, el modulador MO-170, el modulo analizador RF (modulo Seti).



*Figura C.1 Equipos Hardware de LabMU.*



**Figura C.2 Servidor LabMU, equipo analizador RF (SETi) y modulador Promax MO-170.**

En la figura C.1 se muestran el gabinete con todos los equipos hardware que conforman el laboratorio TDT; en la parte superior del gabinete se encuentra la etapa de amplificación de la señal DVB-T y un switch 3COM que establece la red LAN necesaria para que el cliente LabMU acceda remotamente al laboratorio TDT.

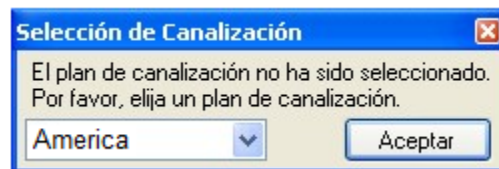
## **C.2 ACCESO AL SERVIDOR LABMU.**

Desde un equipo cliente LabMU, el usuario accede al laboratorio utilizando la interfaz grafica que se muestra en la figura C.1, en donde se introduce el nombre de usuario y contraseña. Antes de esta validación es necesario configurar la dirección IP del servidor a 172.16.1.100.



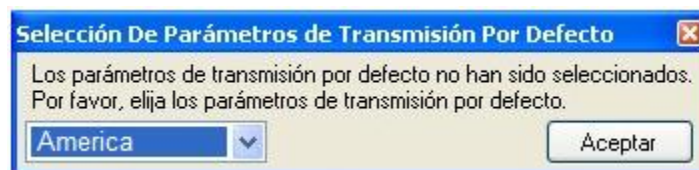
**Figura C.3 Interfaz grafica de acceso de LabMU.**

La primera vez que se inicia LabMU, se despliega una ventana en donde se configura el tipo de canalización que se desea utilizar. Para ello, se selecciona en la ventana esta canalización<sup>1</sup> en función del continente, como se muestra en la figura C.4.



**Figura C.4 Selección de canalización.**

Por último aparece una ventana donde se elige el país, de este modo, el modulador MO-170 carga por defecto una configuración de los parámetros físicos del estándar DVB-T.

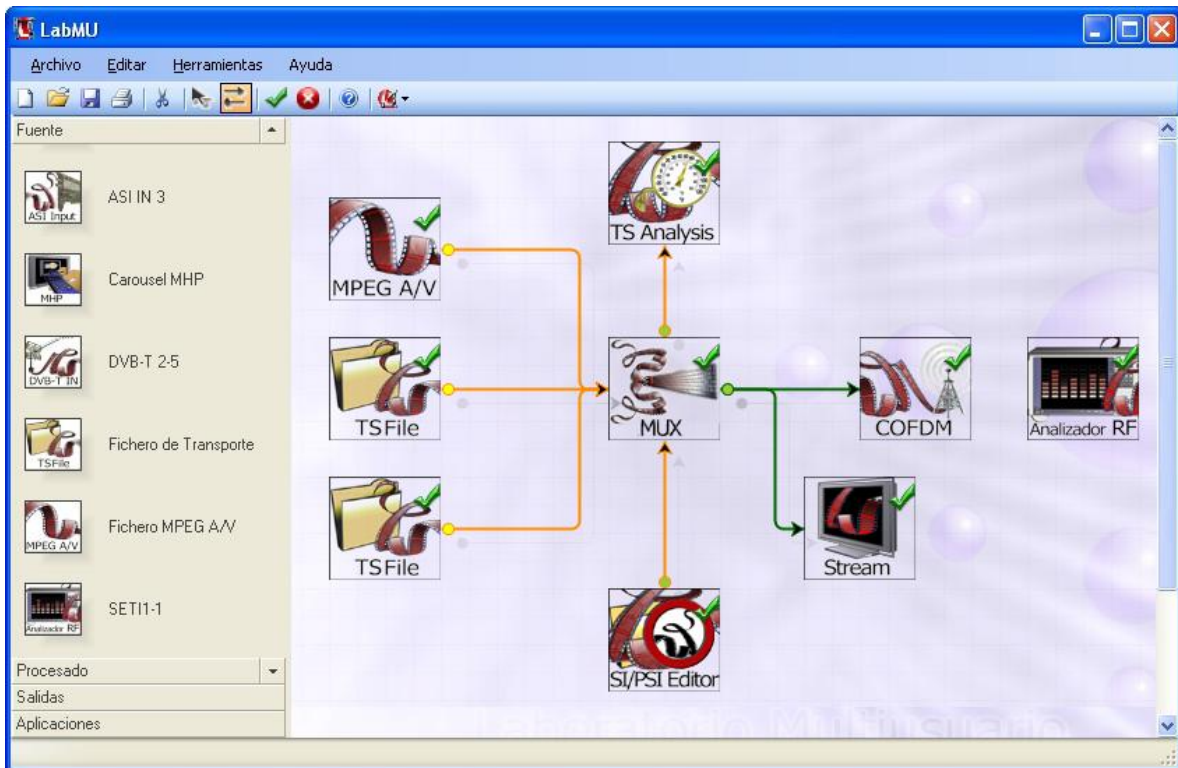


**Figura C.5 Selección de parámetros de transmisión por defecto.**

<sup>1</sup> Canalización: canal 21 al 69 definidos por CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiofrecuencia); canal 14 al 83 para América.

### C.3 IMPLEMENTACION DEL MODELO DE SIMULACION.

Se procede a la realización de un mapa en LabMU que contiene los módulos necesarios para la implementación del modelo de simulación del nivel físico del estándar DVB-T obtenido en el anexo A. En la figura C.6 se muestra la inclusión de los diferentes módulos que componen el mapa, siguiendo el flujo secuencial descrito en la figura A.18 del anexo A.



**Figura C.6 Diagrama de módulos del modelo de simulación del nivel físico del estándar DVB-T implementado en LabMU.**

A continuación se describen cada uno de los módulos de la figura C.6.

#### C.3.1 Fuentes de Información.

Las fuentes de información generan las cadenas TS de los diversos contenidos (video, audio y datos). Esta información queda a disposición del multiplexor. Los módulos que representan la fuente de información son: fichero MPEG A/V, fichero TS y sintonizador DVB-T, los cuales están descritos en la sección A.4.1.1 del anexo A.

### C.3.1.1 Fichero MPEG A/V.

En la figura C.7 se muestra la interfaz grafica del modulo Fichero MPEG A/V, a través de este modulo se cargar el archivo de entrada en formato MPEG-2, se visualizan los atributos correspondientes, y se identifica los Flujo Elementales (ES, *Elementary Stream*) de audio y video, con sus respectivos PID<sup>2</sup> de origen (68 para audio y 69 para video).

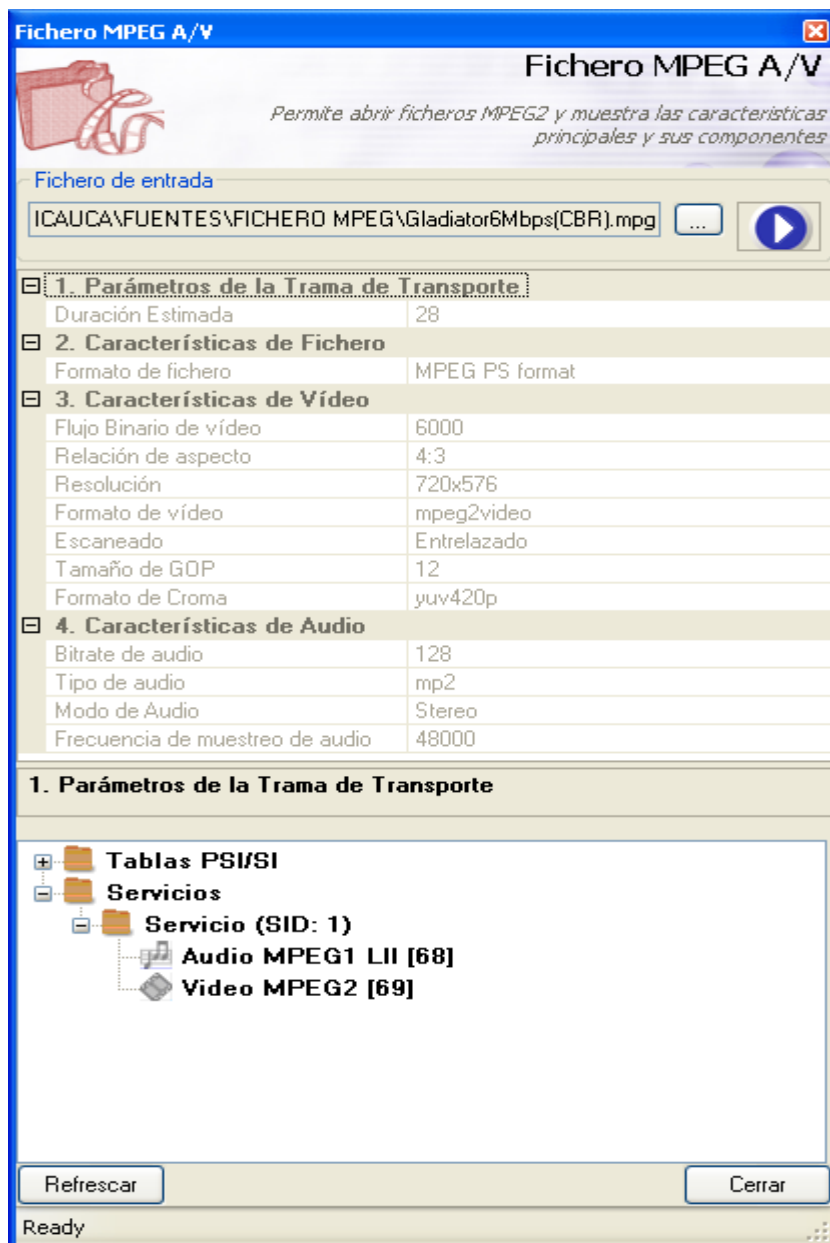


Figura C.7 Fichero MPEG A/V.

<sup>2</sup> Identificación de Paquete (PID, *Packet Identification*): se emplea para distinguir los paquetes de transporte asociados a un determinado flujo de transporte



### C.3.1.2 Fichero TS.

En la figura C.8 se muestra la interfaz gráfica del módulo fichero TS, a través de cual se carga el archivo de entrada en formato TS. Como se puede apreciar en esta figura, el fichero TS contiene 3 servicios (SID<sup>3</sup> 1, 2 y 3), de los cuales, se eligió el servicio UNO (SID 1) para el proceso de multiplexación posterior. Una vez seleccionado dicho servicio, se visualizan sus flujos ES con sus respectivos PID de origen (1003 para audio y 1001 para video).

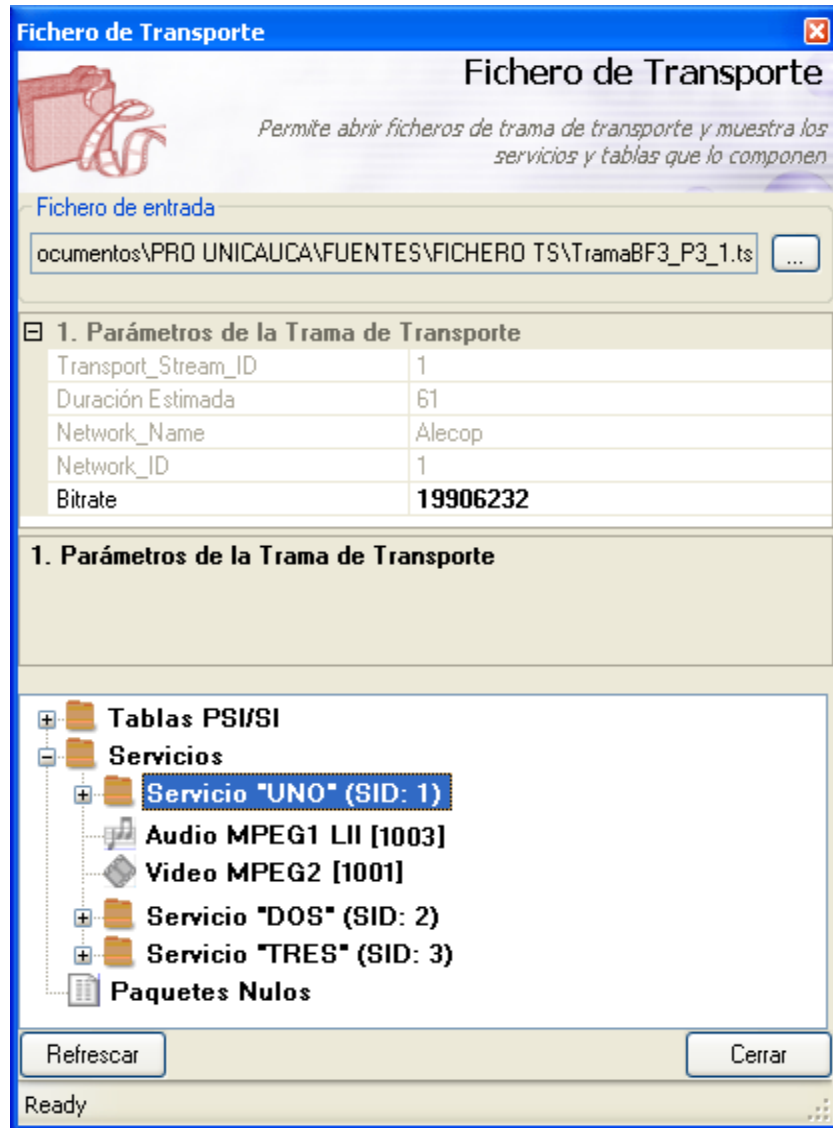
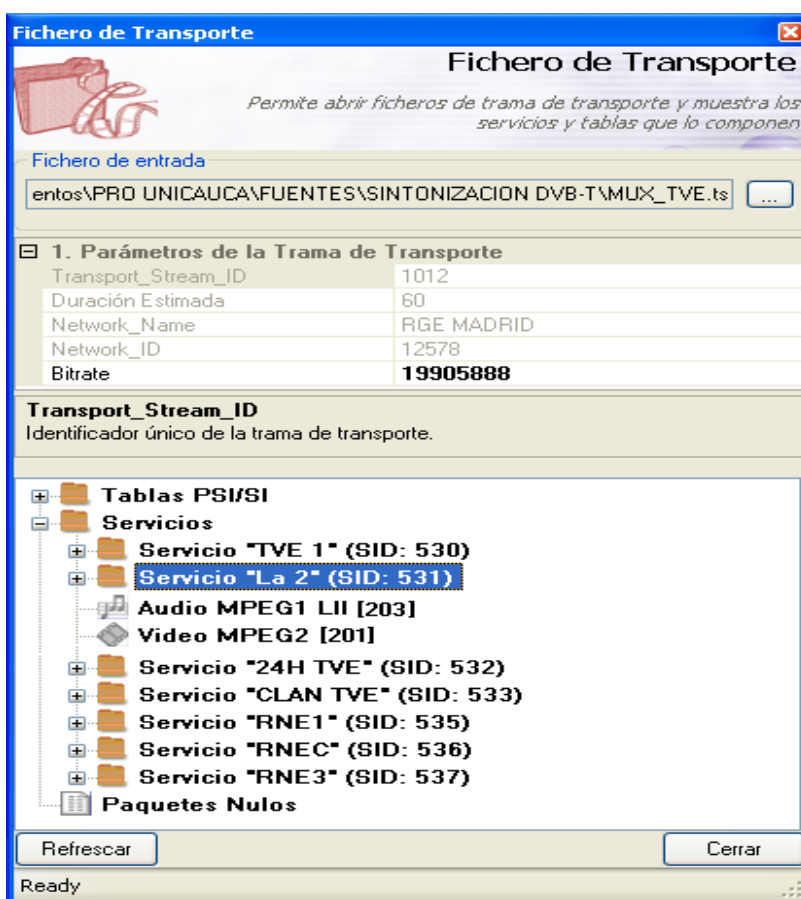


Figura C.8 Fichero TS.

<sup>3</sup> SID: identificación del servicio (*service identification*).

### C.3.1.3 Sintonizador DVB-T.

El objetivo de este modulo es sintonizar una señal real TDT y almacenarla en formato TS en los discos duros del servidor LabMU. Los fabricantes del laboratorio almacenaron en el servidor un archivo TS correspondiente a una sintonización real de TDT en España, con el fin, de su utilización en países que aun no han implementado esta tecnología. Debido a que en la actualidad, no existen emisiones TDT en Popayán, y no obtuvimos el permiso por parte del SENA para emitir una señal DVB-T, se utilizó el archivo TS almacenado en el servidor. En la figura C.9 se muestra la interfaz grafica del archivo TS correspondiente a una sintonización previa en España. En esta figura, se visualizan la totalidad de los servicios (SID 530~537) del multiplex<sup>4</sup>, de los cuales se eligió el servicio "La 2" (SID 531) para el proceso de multiplexación posterior. Una vez seleccionado dicho servicio, se visualizan sus atributos y flujos ES con sus respectivos PID de origen (203 para audio y 201 para video).

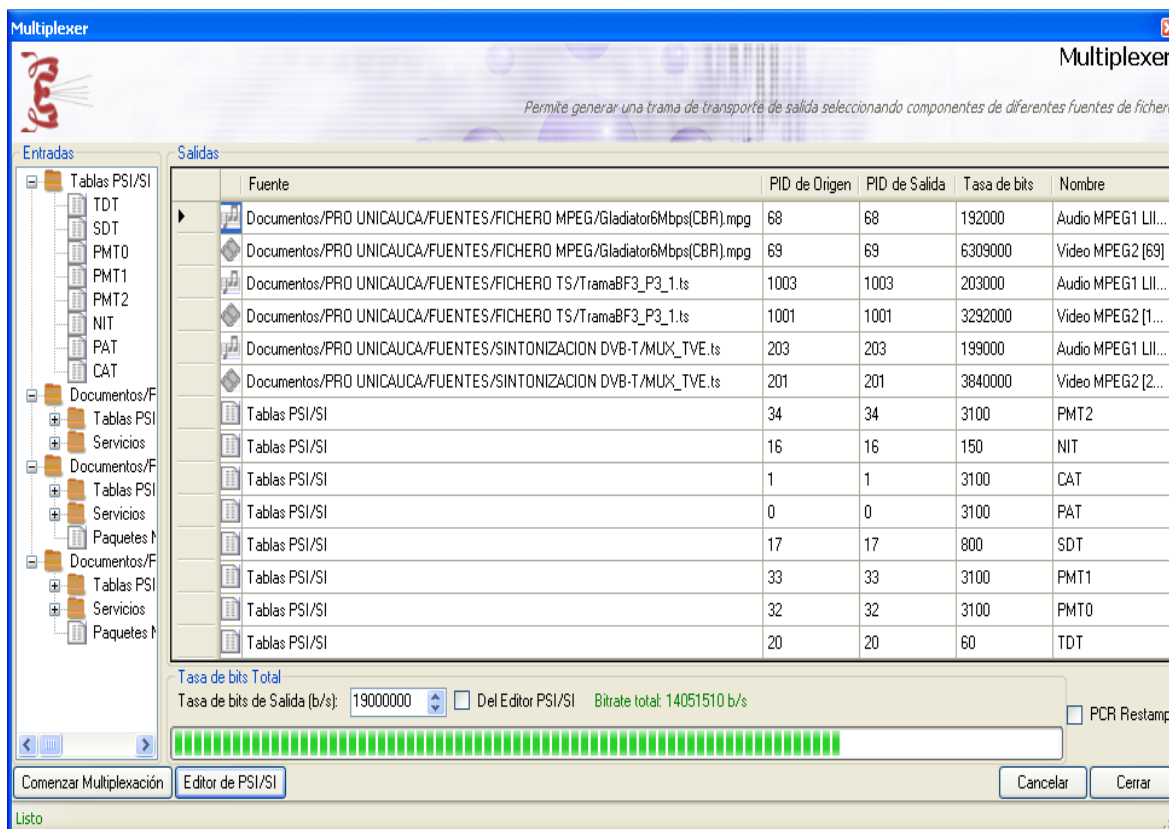


**Figura C.9 Archivo TS de un Multiplex almacenado en el servidor LabMU.**

<sup>4</sup> Multiplex: Canal radio multiplexado utilizado por varios operadores, los cuales pueden gestionar el ancho de banda que le corresponde, para ofrecer diferentes contenidos.

### C.3.2 Multiplexor.

El multiplexor crea una única trama de transporte de salida, a partir de las diferentes fuentes de información. Esta trama final es la transmitida al modulo COFDM y posteriormente es la recibida por el Analizador RF. En la figura C.10 se muestra la interfaz grafica del multiplexor.



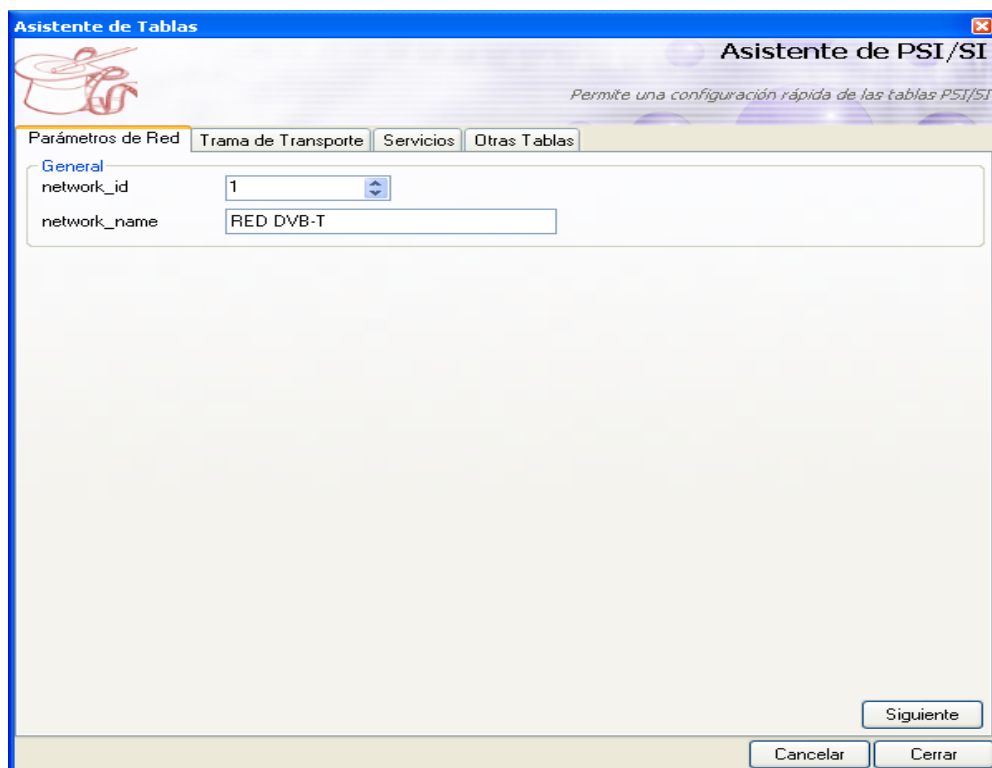
**Figura C.10 Multiplexor de fuentes de información.**

En la figura C.10 se muestran la selección de las fuentes de información con sus respectivos flujos elementales de audio y video, PID de origen y salida, y tasa de bits. Cabe destacar que esta acción sólo selecciona las componentes, pero para que la multiplexación sea correcta, será necesario señalar convenientemente cada uno de los ES seleccionados, haciendo uso del Editor PSI/SI. En la figura C.10 se puede observar que los PID de origen de las fuentes coinciden con los PID de las figuras C.7, C.8 y C.9 correspondientes a las fuentes de información; no se modificaron los valores de PID de origen, debido a que no se duplican. Una vez seleccionado todo el contenido para la trama final, se visualiza la tasa de bits total.



### C.3.3 Editor PSI/SI

Este modulo crea las tablas de señalización PSI y SI. En las figuras C.11, C.12, C.13, C.14 y C.15, se muestran la configuración de los atributos del editor PSI/SI.



**Figura C.11** Configuración de los parámetros de red (tabla NIT).

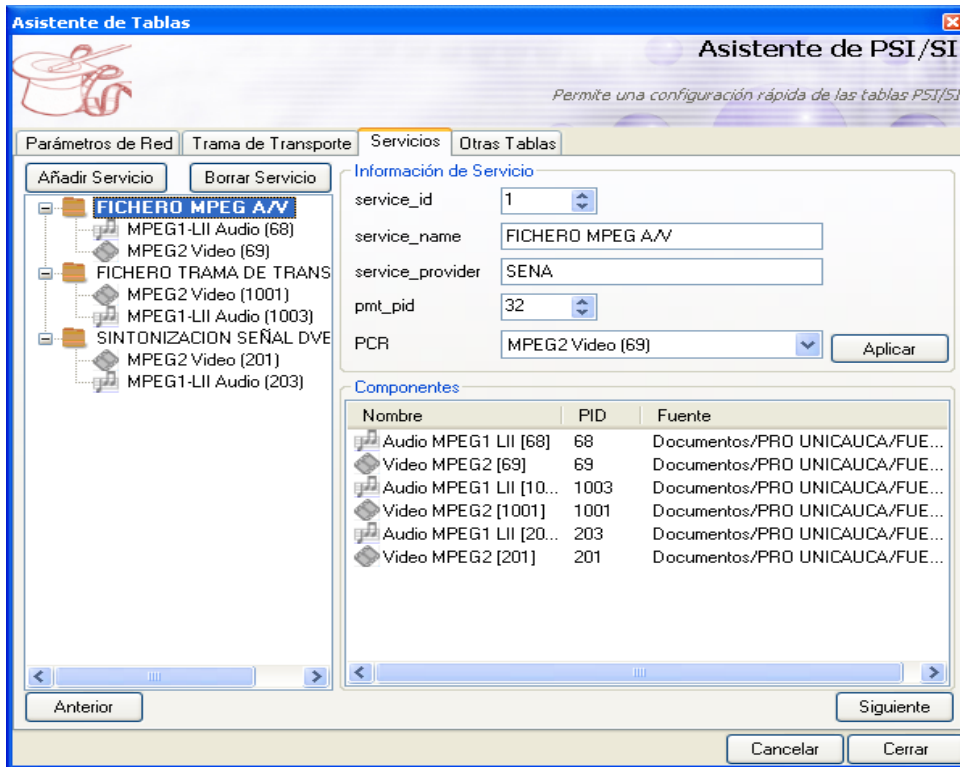


Figura C.12 Configuración de la información del servicio fichero MPEG/AV (tabla SDT).

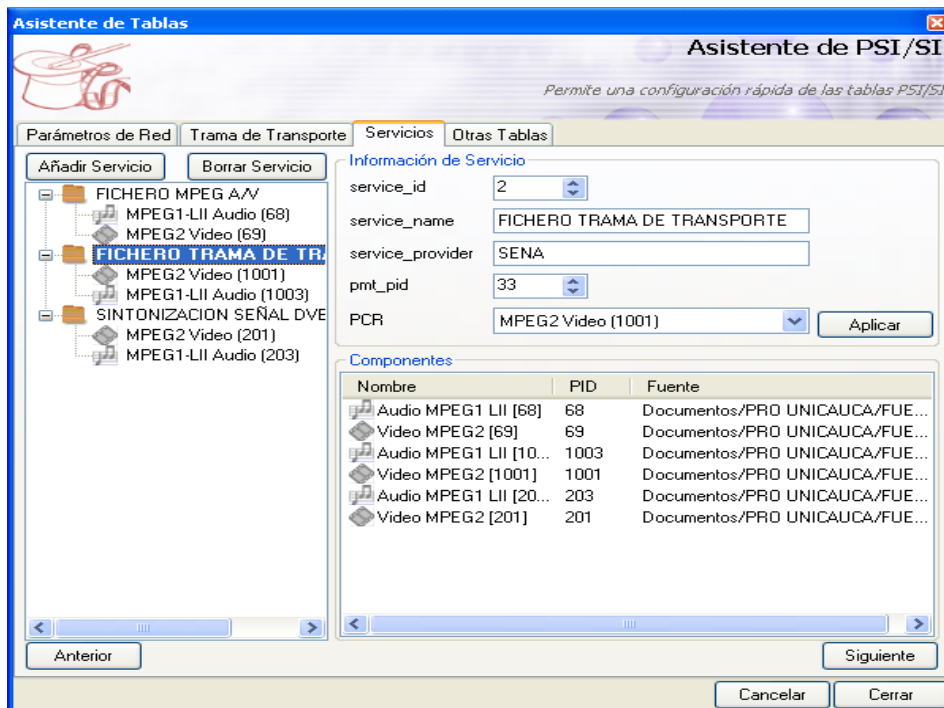
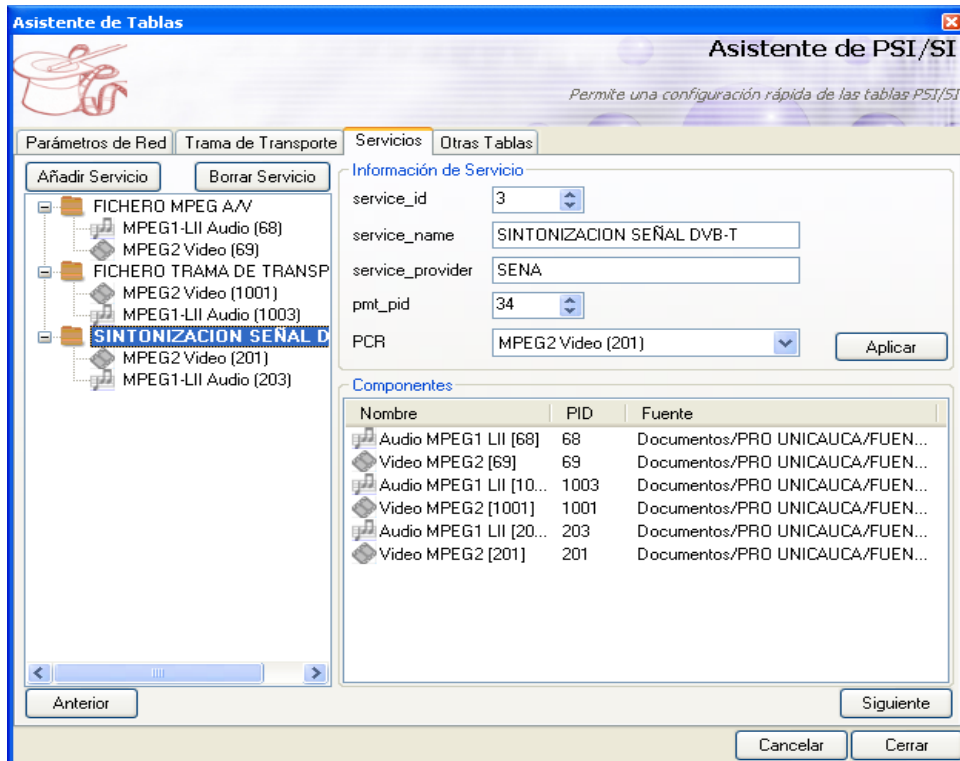
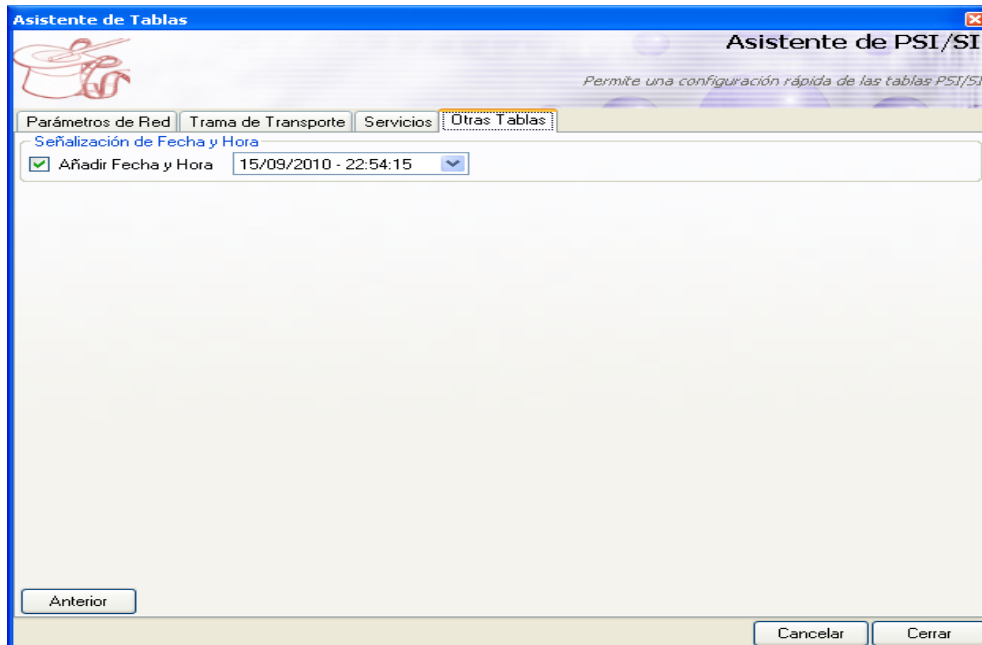


Figura C.13 Configuración de la información del servicio fichero TS (tabla SDT).



**Figura C.14** Configuración de la información del servicio fichero TS correspondiente a un multiplex sintonizado (tabla SDT).

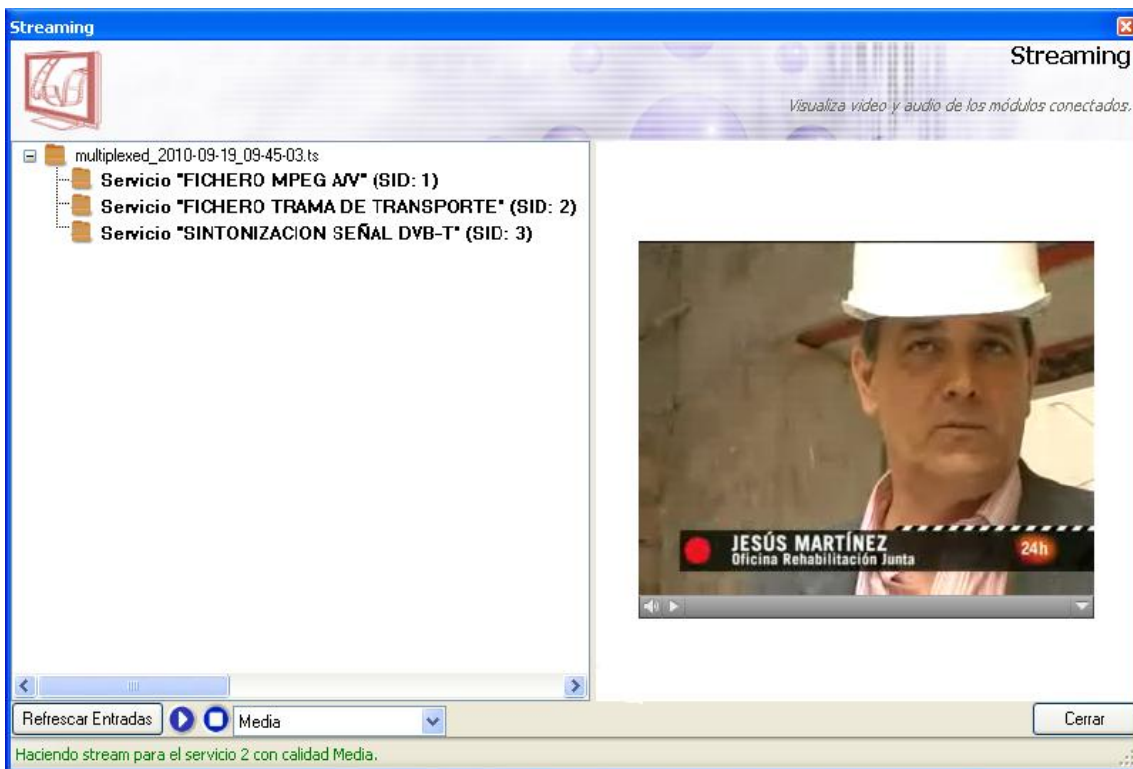


**Figura C.15** Configuración de la fecha y hora (tabla TDT).

Después de la configuración de los atributos de las tablas de señalización, se procede a comenzar el proceso de multiplexación y generar la cadena de TS final.

### C.3.4 Modulo Stream.

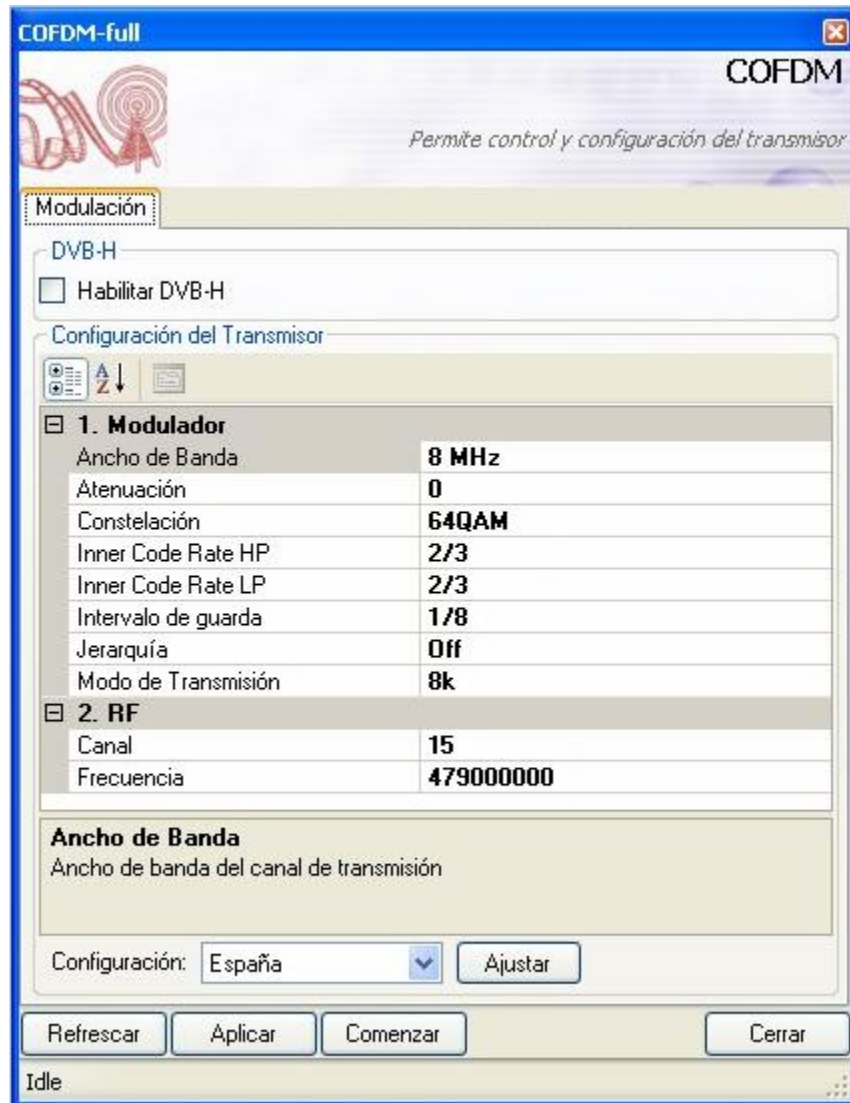
Este modulo visualiza el contenido multimedia de la trama TS final y se verifica el correcto funcionamiento del proceso de multiplexado y señalización. En la figura C.16, se muestra la interfaz grafica de este modulo, en donde, se encuentran las tres fuentes multiplexadas. Para hacer visualizar (*streaming*) de un servicio, se selecciona y automáticamente comenzará el proceso.



**Figura C.16 Modulo Streaming.**

### C.3.5 Modulo COFDM

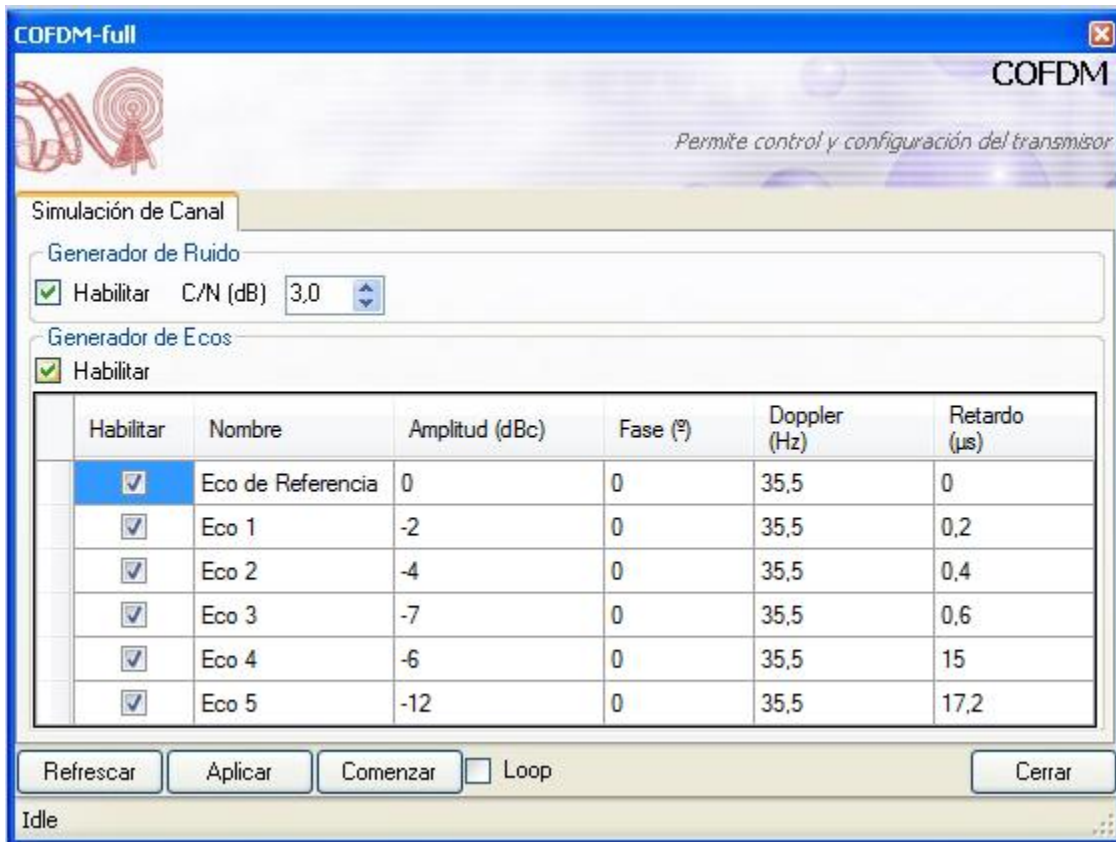
En la figura C.17 se muestran el modulo COFDM, en donde se configuran todos los atributos del codificador, modulador y etapa RF. Estas configuraciones son aplicadas al equipo hardware MO-170, el cual genera la señal DVB-T a partir de la trama final TS del proceso de multiplexación. En esta figura se visualiza la configuración del nivel físico del estándar DVB-T de acuerdo del modelo base (tabla 3.1 del capítulo 3).



**Figura C.17 Configuración del nivel físico de DVB-T de acuerdo al modelo base y el canal RF, utilizando el modulo COFDM.**

### C.3.6 Canal de Transmisión

Este proceso hace parte del modulo COFDM, en el cual se configura los atributos del canal de transmisión. Esta configuración es aplicada al modulador MO-170 para realizar la simulación correspondiente de canales multitrayecto con presencia de ruido AWGN. En la figura C.18 se muestra la configuración de los atributos del canal de transmisión acorde al modelo de canal HT80 (tabla 2.11 del capítulo 2).



**Figura C.18 Configuración del simulador de canal de transmisión de LabMU para HT80.**

### C.3.7 Analizador RF

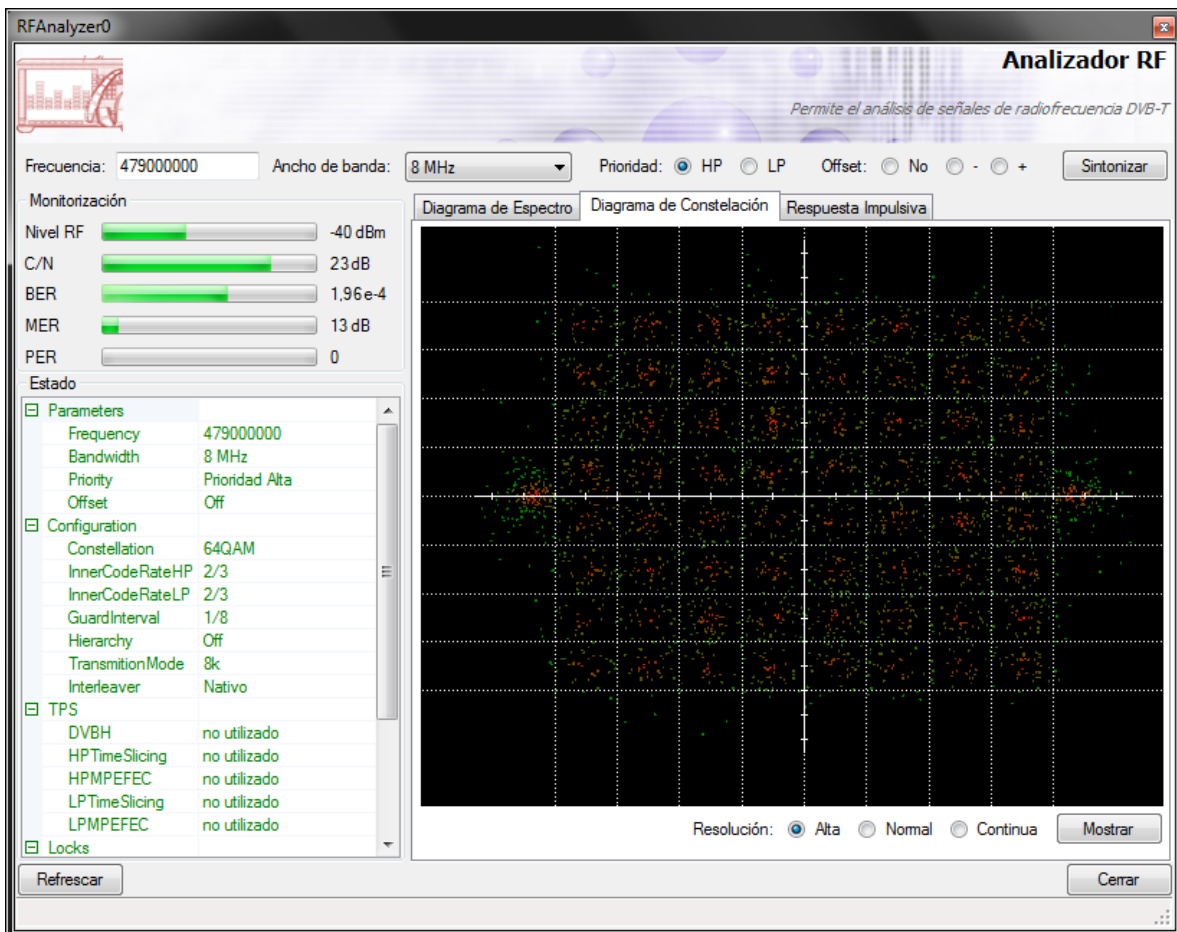
El analizador RF se encuentra en el módulo Seti de la figura C.2. Este módulo permite el análisis en radiofrecuencia de la señal de entrada en la banda de UHF para DVB-T. En la figura C.19 (diagrama de constelación) y C.20 (respuesta al impulso del canal) se visualiza la interfaz gráfica del analizador RF, el cual sintoniza la señal proveniente del canal de transmisión, en este caso afectada por el ruido AWGN y propagación multitrayecto del modelo de canal HT80. Es necesario para la sintonización configurar la misma frecuencia del canal RF utilizada en el módulo COFDM (479 MHz). Una vez sintonizada la señal DVB-T, se visualizan los atributos del nivel físico del estándar utilizados en la transmisión, el diagrama de constelación y la respuesta al impulso del canal.

El área de monitoreo permite visualizar el valor de los parámetros más importantes calculados en el módulo analizador RF. Estos parámetros son nivel RF (dBm), C/N (dB), BER, MER, PER. El área de monitoreo está constantemente calculando el valor de dichos parámetros en el canal seleccionado, dispone de una barra de estado, donde se visualiza



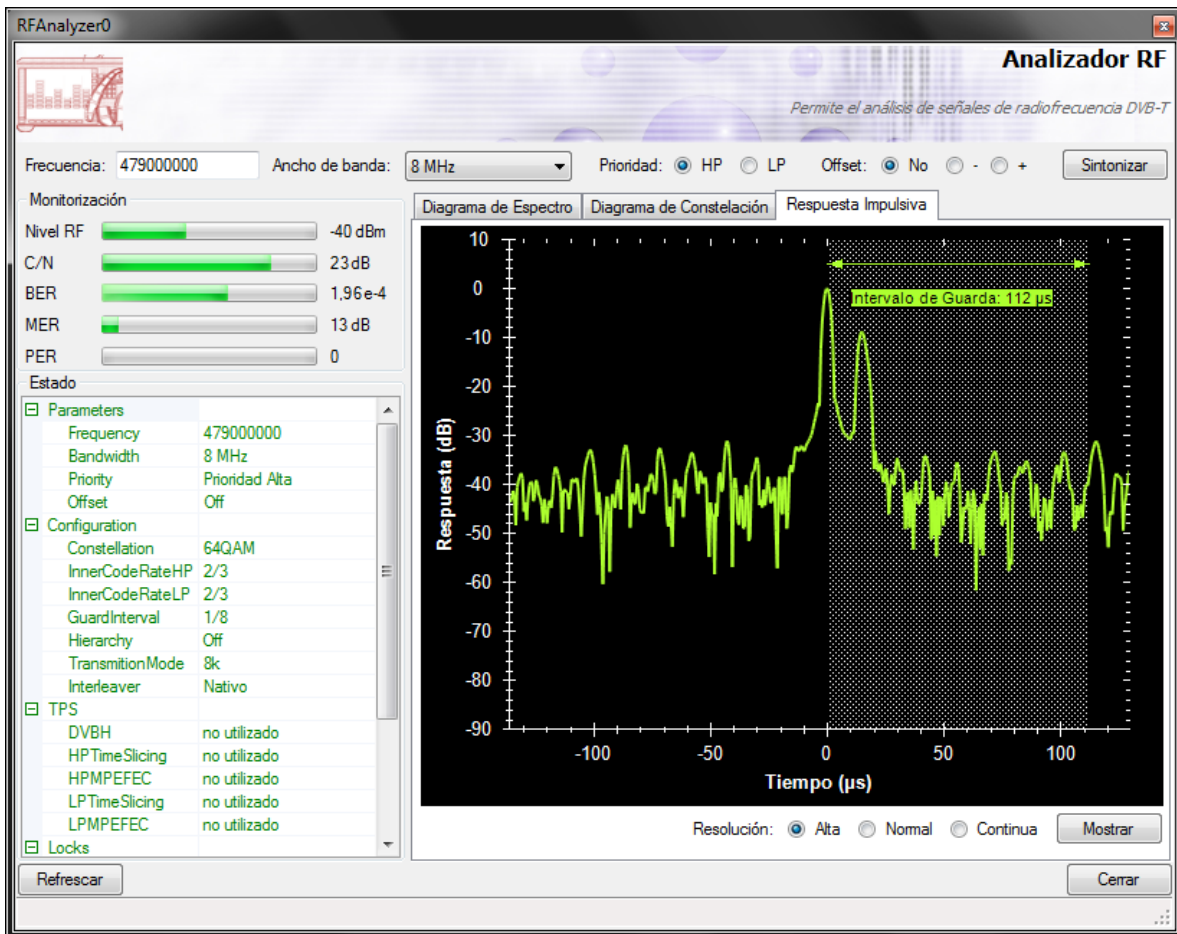
el valor del parámetros de forma gráfica. En la parte derecha de las barras de estado se muestra el valor numérico calculado por el módulo.

En la figura C.19 se muestra el diagrama de la constelación del multiplex sintonizado en la banda UHF. LabMU representa cada punto del diagrama de constelación en colores. Estos colores indican mayor o menor calidad de recepción de la señal modulada en COFDM.



**Figura C.19 Diagrama de constelación del analizador RF.**

En la figura C.20 se visualiza la respuesta al impulso del canal. En esta gráfica el eje vertical se representa los dB de la señal respecto a la señal de referencia (mayor potencia) y en el eje horizontal se muestra el tiempo en microsegundos. Existe una zona punteada que representa el intervalo de guarda de la señal sintonizada.



**Figura C.20 Diagrama de la respuesta al impulso del analizador RF.**

#### **C.4 TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS UTILIZANDO LAS TRAYECTOS DE MAYOR RETARDO CON LA NORMA ETSI 300 744.**

En el proceso realizado de adaptación de los modelos de canal definidos en la norma ETSI en 300 744 a LabMU, se realizó un prueba escogiendo los seis trayectos de mayor retardo de la tabla 2.1 del capítulo 2. Esta selección fue aplicada al simulador de canal de LabMU, luego se configurando el nivel físico del sistema DVB-T de acuerdo al modelo base; variando los esquemas de modulación se tomaron los valores de C/N en el criterio de desempeño. En la tabla C.1 se realiza la comparación con los correspondientes valores teóricos presentados en la norma ETSI EN 300 744.

**Tabla C.1 Diferencia entre los resultados de C/N simulado en LabMU y los teóricos (norma ETSI 300 744), para una selección de los trayectos de mayor retardo de la tabla 2.1.**

MODULACIÓN	TASA DE CODIFICACIÓN	Modelo de Canal F1		DIFERENCIA (dB)	Modelo de Canal P1		DIFERENCIA (dB)
		C/N TEÓRICO (dB)	C/N SIMULADO (dB)		C/N TEÓRICO (dB)	C/N SIMULADO (dB)	
<b>QPSK</b>	<b>2/3</b>	5.3	8.8	3.5	9.6	13.4	3.8
<b>16-QAM</b>	<b>2/3</b>	12.1	16	3.9	15.3	19.6	4.3
<b>64-QAM</b>	<b>2/3</b>	17.3	21.4	4.1	20.3	24.8	4.5

Como se puede observar en la tabla C.1, existe un margen de diferencia considerable entre los valores tomados y los descritos en la norma ETSI. Por lo cual esta selección de trayectos fue descartada.