

ANEXO A

ADAPTACIÓN Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE SIMULACION

Este anexo describe la adaptación y aplicación de una metodología de simulación a nivel de enlace para la evaluación y análisis de la tecnología HSDPA, con el fin de obtener un modelo conceptual basado en los niveles físico y de enlace de datos del R5. Para el desarrollo de este anexo, se han tenido en cuenta las especificaciones y reportes técnicos del 3GPP para HSDPA, así como artículos de internet y libros de diferentes autores. La implementación del modelo obtenido como resultado de la metodología se ejecuta utilizando la herramienta *Signal Processing Designer* (SPD) de Coware®.

A.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PLAN DE ESTUDIOS

Para realizar una correcta formulación del problema y del plan de estudios correspondiente se debe definir en primer lugar el objetivo de la simulación, de tal manera que esta ofrezca elementos necesarios para especificar los métodos y procedimientos necesarios con el fin de obtener resultados satisfactorios.

Para lograr una correcta formulación del problema y cumplir el objetivo de simulación es recomendable seguir los siguientes pasos:

1. Adquirir información sobre el funcionamiento de la tecnología.
2. Identificar los fines de la simulación.
3. Formular los objetivos específicos.

A.1.1 Adquirir información sobre el funcionamiento de la tecnología.

La tecnología HSDPA se describe en el R5 del 3GPP. Para entender su funcionamiento, adaptar y aplicar una metodología de simulación a nivel de enlace, se recomienda hacer seguimiento a la comunicación, definir las variables y procesos en estos tres subsistemas, además los parámetros que se desean analizar en la simulación.

A.1.1.1 Transmisor

¿Cuál es el tipo de información que se genera y se procesa en el transmisor?

La información que se genera y que se procesa en el transmisor es una señal binaria que se define como bloque de transporte, la cual es codificada, ensanchada y modulada, y su tamaño es definido de acuerdo a las condiciones del canal, que se reportan numéricamente a través del CQI. Este reporte de CQI es entregado por el canal de control de subida HS-PDCCH, canal que también transporta el ACK/NACK, que define si es necesario reenviar el bloque de transporte. En la implementación del modelo de simulación a nivel de enlace para HSDPA estos valores serán obtenidos desde el receptor sin codificación a través del canal HS-PDCCH, ni sometidos a los efectos del canal radio. Para analizar el funcionamiento de AMC, el nodo B traduce el valor del CQI, a parámetros correspondientes a la siguiente transmisión. Estos parámetros son: tipo de modulación, número de canales físicos que se transmitirán en un TTI, TBS, y reajuste de potencia, si es necesario como se explica en la sección 1.5.

¿Qué pasos sigue la señal en el transmisor para su procesamiento?

Los siguientes pasos describen el proceso para obtener la señal de espectro ensanchado obtenida a partir del bloque de transporte, con las características implícitas de modulación, procesos HARQ y codificación de canal, entre otros, estos son:

Datos de usuario

- Fuente HARQ: Proceso que genera datos con bits aleatorios el cual compone la información del TBS, estos son entregados al codificador HS-DSCH, además informa sobre los procesos HARQ que se transmiten de acuerdo al ACK/NACK y patrón de transmisión, en caso de un paquete perdido o sin éxito en la decodificación se genera una retransmisión, indicando la versión de esta, en caso de transmisiones exitosas se indica que son datos nuevos.
- Generador de versión de redundancia: Proceso que indica un conjunto de bits de codificación, el cual depende del tipo de modulación (QPSK, 16 QAM) que utilizara el bloque de transporte. Esto debido a que en cada retransmisión, el conjunto de bits de codificación de canal puede ser cambiada, y puede ocurrir que en la segunda retransmisión, los bits de paridad par pueden ser diferentes a los del primer intento. Este conjunto de bits se envían al codificador para que los agregue al mensaje de usuario y al Transmisor del canal físico HS-SCCH.
- Codificador del canal HS-DSCH: Proceso que recibe los bits de datos de usuario provenientes de la Fuente HARQ y la información que envía el generador de versión de redundancia. Además para la parte AMC, recibe información del TBS, el tipo de modulación y el número de canales físicos a utilizar.
- Transmisor del canal HS-DSCH: Proceso que recibe la señal proveniente del codificador HS-DSCH, la ensancha y la modula los datos. En AMC se le indica el tipo de modulación a utilizar para la transmisión así como el reajuste de potencia de referencia lo cual se mencionó en la sección 1.5.

Señalización

- Mapeo y procesamiento del CQI (solamente necesario para analizar la técnica AMC): Proceso que entrega parámetros o características para el próximo TTI a transmitir, las cuales son el TBS, modulación, número de canales físicos, reajuste de potencia de referencia, lo cual se define de acuerdo al valor del CQI recibido en el nodo B.
- Transmisor del canal físico HS-SCCH: Proceso que recibe los datos provenientes del mapeo del CQI, fuente HARQ y generador de versión de redundancia. Este canal es el encargado de la señalización del enlace de bajada, por lo cual se transmite 2/3 de la duración de un TTI antes que el canal HS-DSCH.

Otros

- Generador de canales comunes en DL para HSDPA: Proceso que entrega canales de datos y canales de control (sincronización) utilizados en UMTS, estos son útiles ya que HSDPA se basa en su antecesora WCDMA.
- Retardo de 2/3 del canal HS-DSCH con respecto al canal HS-SCCH: Proceso con el fin de sincronizar la llegada del canal de señalización HS-SCCH 2/3 antes que llegue el canal de datos de tráfico de usuario HS-DSCH.
- Generador de código aleatorizador: Proceso que recibe los datos del Transmisor HS-SCCH y HS-DSCH, y del generador de canales comunes en DL para HSDPA, para que sean aleatorizados con su correspondiente código.

¿Qué factores serán evaluados con la simulación?

- ✓ Las retransmisiones.
- ✓ El comportamiento de los procesos HARQ.
- ✓ El comportamiento de los formatos de transporte y los valores recibidos del CQI, teniendo en cuenta los diferentes modelos de canal así como también los diferentes valores de la Relación Señal a Ruido (SNR, *Signal Ratio Noise*).

A.1.1.2 Canal

¿Qué tipo de señal se transmite por el canal?

El canal recibe una señal de espectro ensanchado, y modulada con QPSK o 16QAM según las condiciones del canal radio y aleatorizada, la cual corresponde a la señal de salida del transmisor. El canal entrega una señal de espectro ensanchado afectada por multitrayectoria (modelo de canal propuesto por el 3GPP [22][24]) y el Ruido Gaussiano Blanco Aditivo (AWGN, Additive White Gaussian Noise).

¿Qué pasos sigue la señal durante el canal de transmisión?

- Canal de multitrayectoria: Proceso que recibe la señal del transmisor, esta es afectada por multitrayectoria de acuerdo a las especificaciones del 3GPP.
- Componente de ruido: Proceso que adiciona ruido AWGN para entregar al receptor una señal afectada por este tipo de degradación.

¿Qué factores serán evaluados con la simulación?

- ✓ La estructura de la señal en el dominio del tiempo, después de ser afectada por multitrayectoria y ruido AWGN, en el canal.
- ✓ Potencia del canal CPICH útil para determinar el valor del CQI.

A.1.1.3 Receptor

¿Qué tipo de señales se recibe y procesa en el receptor?

El receptor recibe una señal de SS modulada con QPSK o 16QAM según la configuración de acuerdo a las condiciones del canal. La señal recibida está afectada por AWGN y multitrayectoria. La información enviada por el transmisor está representada por una secuencia de bits alojada dentro del bloque de transporte, y con formatos de transporte acordes al valor del CQI recibido.

¿Qué pasos sigue el receptor para el procesamiento y recuperación de la señal?

Recibe la señal del canal afectado por AWGN y multitrayectoria, en un receptor tipo *Rake*, el cual alinea en tiempo y fase las diferentes componentes de señal para compensar la multitrayectoria, además en este se realiza la desaleatorización.

Después la señal de datos del usuario se recupera con ayuda de los siguientes procesos, estos son:

Datos de usuario:

- Receptor *Rake*: Proceso que recibe la señal proveniente del canal, esta se encuentra codificada, ensanchada, modulada y bajo el código de aleatorización, y se encuentra afectada por ruido y multitrayectoria. Este subsistema alinea en fase y tiempo las diferentes componentes de señal para compensar la multitrayectoria y además realiza la desaleatorización.
- Receptor HS-DSCH: Proceso que recibe la señal desaleatorizada proveniente de receptor *Rake*. Esta señal se demodula y se desensancha obteniendo así una señal de salida en símbolos entregada al decodificador HS-DSCH.
- Decodificador de canal HS-DSCH: Proceso que se encarga de recibir la señal en símbolos proveniente del Receptor HS-DSCH, realiza la decodificación de canal y entrega el TBS con un CRC adjunto.
- Verificación de errores en el TBS con CRC adjunto: Proceso que recibe la señal en bits proveniente del decodificador HS-DSCH y realiza el proceso de detección de errores utilizando el CRC adjunto. Según sea el resultado se genera una señal que informa la generador de ACK/NACK (mensaje de realimentación) que envíe la respuesta al transmisor.

Señalización:

- Receptor HS-SCCH: Proceso que recibe la señal proveniente del Receptor *Rake* la demodula y la desensancha, este bloque se encarga de entregar parámetros al decodificador HS-DSCH como son la modulación, número de canales físicos utilizados, identificador de nuevos datos, información HARQ, versión de redundancia y TBS.
- Generador ACK/NACK: Proceso que genera un mensaje, indicando si el bloque de datos fue decodificado con éxito (enviar nuevos datos) o si necesita una retransmisión del bloque transmitido. Su conexión es directa con la fuente HARQ.

- Estimador CQI (para análisis de AMC): Proceso que se encarga de estimar el canal radio, para posteriormente indicar la calidad de este al nodo B, por medio de un valor numérico denominado CQI.

¿Qué factores serán evaluados con la simulación?

- ✓ La BER y BLER, comparando la información transmitida con la recibida.
- ✓ Se verificará la detección de errores en bloque de datos transmitido con ayuda del CRC.
- ✓ La relación entre BER y HS-DSCH Ec/Ior así como para el BLER para los diferentes modelos de canal, teniendo en cuenta las técnicas HARQ y AMC.
- ✓ El *throughput* para diferentes valores de SNR y los diferentes modelos de canal teniendo en cuenta las técnicas HARQ y AMC.
- ✓ El *throughput* según el número de procesos y técnicas HARQ (CC e IR) utilizadas.
- ✓ Comportamiento estadístico del CQI y los diferentes formatos de transporte para diferentes valores de SNR.

A.1.2 Identificación de los fines de la simulación

El propósito de esta simulación es evaluar y analizar el desempeño de la tecnología HSDPA en los 2 primeros niveles del modelo de referencia OSI, físico y de enlace de datos, lo cual obedece a una simulación a nivel de enlace. La simulación involucra la interfaz radio, codificación de canal, ensanchamiento, modulación, aleatorización, desealeatorización, demodulación y decodificación de canal, además AMC y HARQ teniendo en cuenta los efectos de los diferentes modelos de canal definidos por la ITU y recomendados por el 3GPP para la tecnología HSDPA.

A.1.3 Formulación de los objetivos

- ✓ Analizar el funcionamiento y las ventajas de HARQ y AMC en la tecnología HSDPA.
- ✓ Analizar el desempeño de la tecnología HSDPA teniendo en cuenta los diferentes modelos de canal definidos por la UIT.

Los dos anteriores objetivos teniendo en cuenta resultados como son: BER, BLER, SNR, *Throughput* y valor que tome el CQI, entre otros.

A.2 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta etapa se lleva a cabo la identificación de los módulos y sus respectivas propiedades de cada uno, involucrados en una simulación a nivel de enlace del sistema HSDPA, basado en los reportes y especificaciones técnicas del 3GPP hacen parte del R5. La información de los resultados debe ser evaluada y analizada en detalle debido a que HSDPA es una tecnología muy compleja. Luego de la recolección de resultados, se siguen los pasos de identificación de:

- ✓ Clases y objetos
- ✓ Estructuras
- ✓ Sujetos
- ✓ Atributos
- ✓ Operaciones o métodos

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza su respectiva identificación para el transmisor, el canal y el receptor.

A.2.1 Modelo del transmisor

A.2.1.1 Identificación de clases y objetos

HSDPA es una tecnología de telecomunicaciones, por lo cual se recomienda que un objeto sea un componente en el que se generan y/o procesan una o varias señales. Se identifican como objetos del transmisor: Fuente HARQ, codificador HS-DSCH, transmisor HS-DSCH, generador de versión de redundancia, transmisor HS-SCCH, generador de canales para HSDPA, de aleatorizador y mapeado del CQI.

A.2.1.2 Identificación de las estructuras

En un sistema de telecomunicaciones su complejidad puede ser manejada a través del análisis orientado a objeto por medio de la estructura Whole-Part (Todo-Parte), con lo cual se identifican las siguientes estructuras en el transmisor:

- **Fuente HARQ:** La fuente HARQ no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.1.

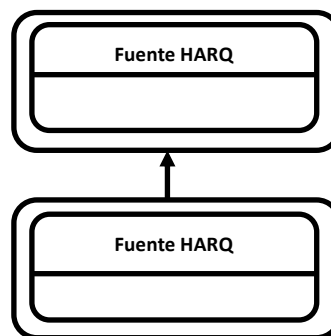


Figura A.1. Estructura de la fuente HARQ.

- **Codificador HS-DSCH:** El codificador HS-DSCH tiene varios componentes como son: Mapeo de canales físicos, codificación del proceso HARQ de nivel físico y codificación turbo. El mapeo de canales físicos tiene a su vez 2 elementos en serie: Segmentación de los canales y multiplexación de los canales físicos. La segmentación de los canales físicos divide los bits de información para enviarlos a través de diferentes canales físicos. El multiplexor envía los diferentes canales físicos en una trama radio. En el proceso HARQ se realiza la relación de datos y mantiene la información para la redundancia incremental para la codificación de canal. El codificador Turbo está conformado por dos submodulos en serie, el CRC y codificador de canal. El CRC agrega y combina, los bits para detección de errores con los bits de información, con lo cual construye un bloque, el cual se segmenta para realizar la codificación turbo. La estructura del codificador HS-DSCH se muestra en la figura A.2.

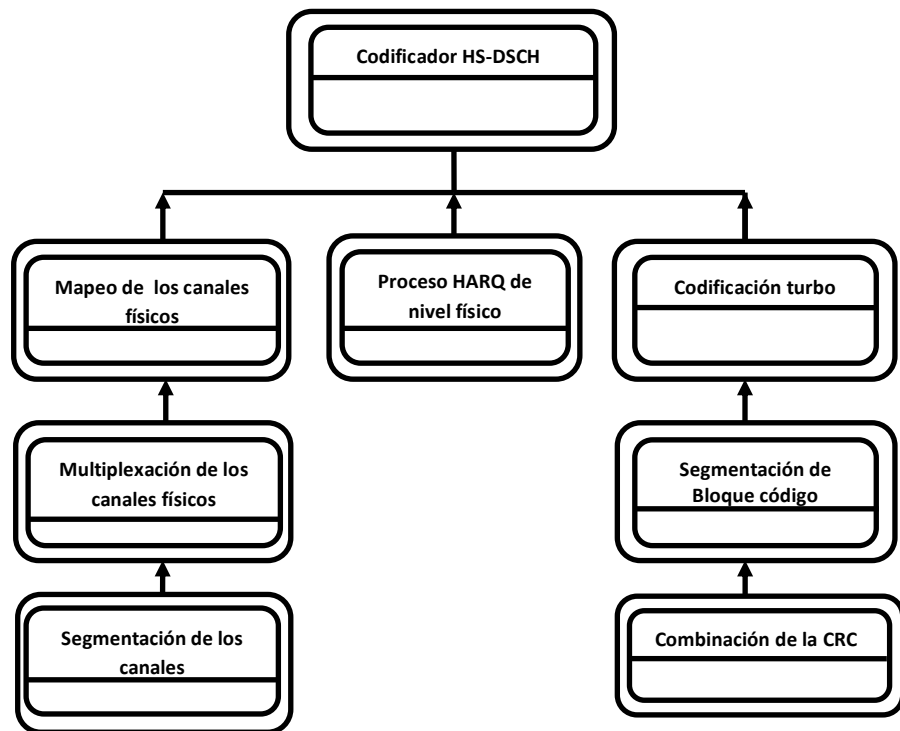


Figura A.2. Estructura del Codificador HS-DSCH.

- **Transmisor HS-DSCH:** El transmisor se divide en 2 componentes básicos: el ensanchador y el modulador. El ensanchador está conformado a su vez por un elemento, encargado de la conversión de bit a símbolo y de símbolo a chip, con un SF igual a 16. Por otra parte, el modulador se compone del modulador QPSK y el modulador 16QAM. La estructura del transmisor HS-DSCH se muestra en la figura A.3.

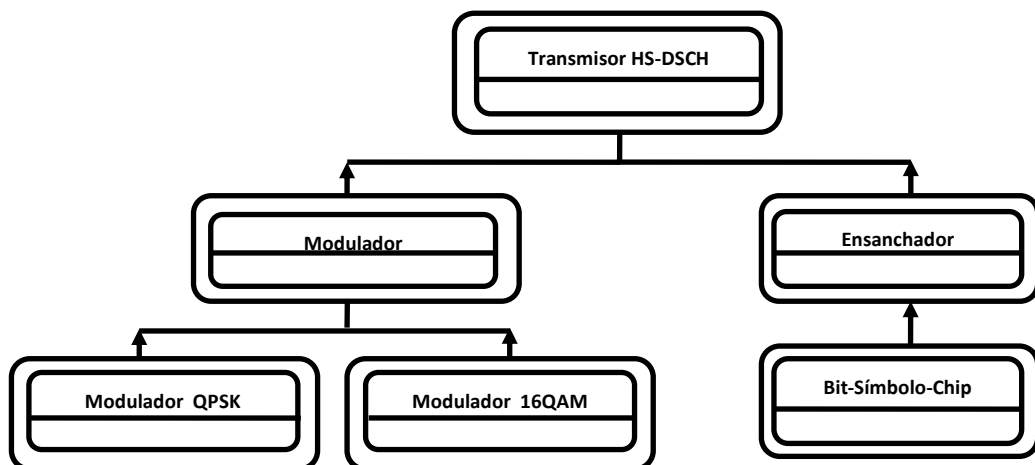


Figura A.3. Estructura del Transmisor HS-DSCH.

- **Generador de Versión de Redundancia:** El generador de Versión de Redundancia no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.4.

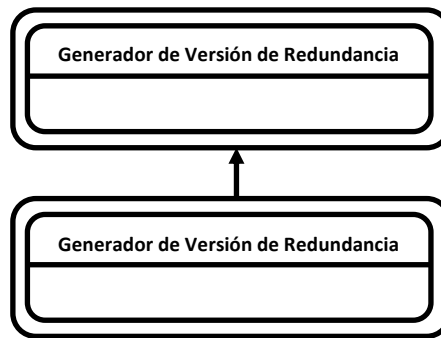


Figura A.4. Estructura del Generador de Versión de Redundancia.

- **Generador de canales comunes para HSDPA:** El generador de canales comunes en DL para HSDPA no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.5

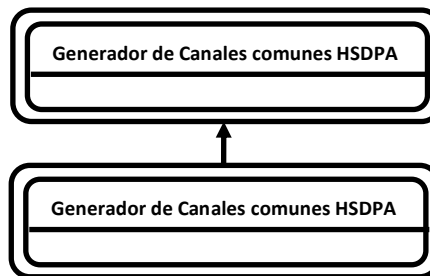


Figura A.5. Estructura del Generador de Canales Adicionales.

- **Generador de Aleatorización:** El generador de aleatorización tiene dos elementos: el combinador de señales y el código aleatorizador. El combinador, une la señal de datos con la de señalización, y los canales comunes en DL para HSDPA, y el código aleatorizador, genera una aleatorización en esta señal, que sirve para diferenciar los diferentes sectores o celdas. Su estructura se muestra en la figura A.6.

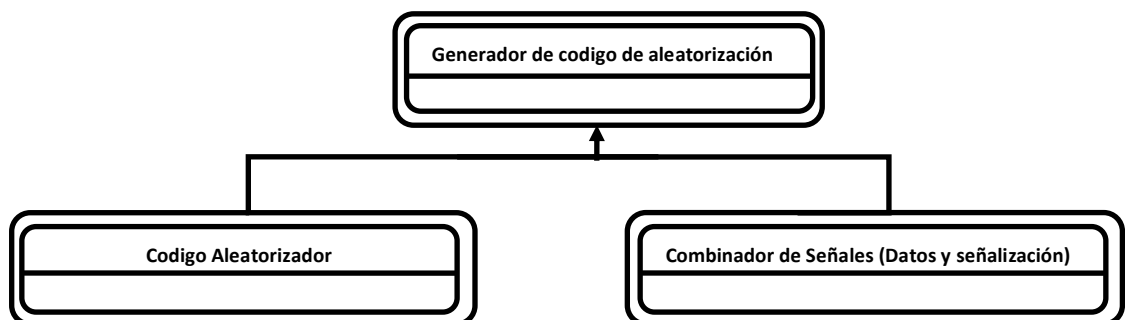


Figura A.6. Estructura del Generador de Código de Aleatorización.

- **Transmisor HS-SSCH:** El Transmisor HS-SSCH se divide en 2 componentes básicos: el ensanchador y el modulador. El ensanchador a su vez está conformado por un

elemento, encargado de hacer la conversión de bit a símbolo y de símbolo a chip, con un SF igual a 128. Por otra parte, el modulador se compone únicamente del modulador QPSK. Su estructura se muestra en la figura A.7.

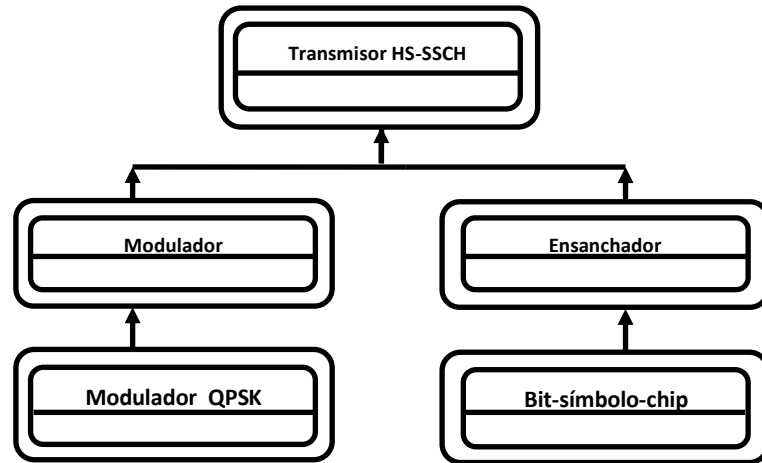


Figura A.7. Estructura del Transmisor HS-SSCH.

- **Mapeo del CQI:** El mapeo del CQI no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.8.

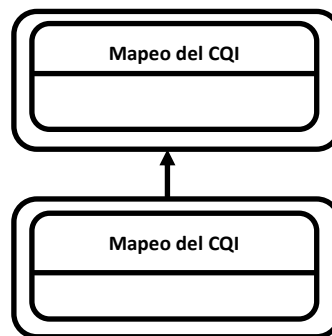


Figura A.8. Mapeo del CQI.

A.2.1.3 Identificación de los sujetos

En el análisis orientado a objetos, el concepto de sujeto está relacionado con la representación del sistema visto desde el nivel más alto. Para seleccionar el sujeto se remueve el nivel mas alto de una estructura que represente toda la estructura.

En el transmisor se identificaron varios sujetos los cuales son: el generador HARQ, el codificador HS-DSCH, el generador de versión de redundancia, el transmisor HS-DSCH, el transmisor HS-SSCH, el generador de canales comunes en DL para HSDPA y el mapeador del CQI.

A.2.1.4 Identificación de los atributos

Considerando cada objeto de forma independiente se obtiene:

- **Identificación de atributos para la fuente HARQ**

- ✓ Nombre: TBS.
- ✓ Descripción: Define el TBS, puede ser fijado internamente o dinámicamente a través de su entrada (AMC).

- ✓ Nombre: retardo ACK.
- ✓ Descripción: Define el tiempo en que tarda el ACK desde el envío del TBS hasta la llegada de realimentación.

- ✓ Nombre: máximo número de retransmisiones.
- ✓ Descripción: Define el límite para enviar retransmisiones de un bloque perdido o errado. Si se supera este límite se da por perdido el bloque.

- ✓ Nombre: patrón de transmisión.
- ✓ Descripción: Define la forma de recibir los TTI de información.

- ✓ Nombre: procesos HARQ.
- ✓ Descripción: Define una transmisión continua para cada usuario con 8 procesos SaW en paralelo.

- ✓ Nombre: Tipo de ACK/NACK.
- ✓ Descripción: Define si el mensaje llegó bien o si el mensaje se perdió o llegó erróneo.

- **Identificación de atributos para el codificador HS-DSCH**

- ✓ Nombre: tamaño del buffer virtual IR.
- ✓ Descripción: Define el tamaño (bits) de la memoria, para la combinación HARQ.

- ✓ Nombre: modulación.
- ✓ Descripción: Define el tipo de modulación que se va utilizar QPSK o 16 QAM.

- ✓ Nombre: TBS.
- ✓ Descripción: Define el número de bits de información por TBS.

- ✓ Nombre: número de canales físicos en un TTI.
- ✓ Descripción: Define la cantidad de canales físicos que se transportan en un TTI.

- ✓ Nombre: número de bits para la CRC.
- ✓ Descripción: Define el número de bits que se adicionan en la CRC.

- ✓ Nombre: polinomio CRC.
- ✓ Descripción: Define un polinomio generador para el bloque del CRC.

- ✓ Nombre: versión de redundancia.
- ✓ Descripción: Define valores entre cero "0" y siete "7" para cada versión de redundancia.

- ✓ Nombre: codificación turbo.
- ✓ Descripción: Define la tasa de codificación para el bloque de transporte.

- **Identificación de atributos para el transmisor HS-DSCH**

- ✓ Nombre: código de canalización.
- ✓ Descripción: Define el número de chips por símbolo. En HSDPA se transmiten 16 chips por cada símbolo para este canal.

- ✓ Nombre: potencia nominal.
- ✓ Descripción: Define la potencia del canal HS-DSCH.

- ✓ Nombre: ganancia de potencia.
- ✓ Descripción: Define el reajuste de potencia de referencia.

- ✓ Nombre: modulación.
- ✓ Descripción: Define el tipo de modulación QPSK o 16QAM.

- ✓ Nombre: datos de entrada.
- ✓ Descripción: Define el tamaño de los bloques de datos.

- ✓ Nombre: datos de salida (complejos).
- ✓ Descripción: Define los datos de salida. Es una señal ensanchada y segmentada.

- **Identificación de atributos para el generador de versión de redundancia**

- ✓ Nombre: secuencia de versión de redundancia para QPSK.
- ✓ Descripción: Define el cambio de versión de redundancia según una secuencia de entrada, esto depende de la entrada del número de versión de las retransmisiones.

- ✓ Nombre: secuencia de versión de redundancia para 16QAM.
- ✓ Descripción: Define el cambio de versión de redundancia según una secuencia de entrada, esto depende de la entrada del número de versión de las retransmisiones.

- **Identificación de atributos para el generador de canales comunes en DL para HSDPA**

Esta clase y/o objeto está compuesto por muchos atributos debido a que es el generador de canales comunes en DL para la tecnología HSDPA tales como: DPCH, CPICH, PCCPCH, PICH, OCNS, PSCH, SSCH y SCH.

- ✓ Nombre: señal CPICH, PCCPCH, PICH, PSCH, SSCH, DPCH, SCH, OCNS.
- ✓ Descripción: Define canales que ayudan al establecimiento de la comunicación y simula señalización, datos de control y ruido ortogonal.

- **Identificación de atributos para el generador de aleatorización**

- ✓ Nombre: sobremuestreo de canal.
- ✓ Descripción: Define el número de muestras utilizadas por chip en el canal.

- ✓ Nombre: código de aleatorización.
- ✓ Descripción: Define el código utilizado para codificar la señal.

- ✓ Nombre: señales que no requieren aleatorización.
- ✓ Descripción: Define las señales que son solo filtradas y no aleatorizadas.

- ✓ Nombre: señales que requieren aleatorización.
- ✓ Descripción: Define las señales de datos y señalización, que son codificadas y filtradas.

- ✓ Nombre: salida de la aleatorización.
- ✓ Descripción: Define la aleatorización usada en la codificación de la señal.

- ✓ Nombre: señal compleja modulada en banda base de salida con aleatorización.
- ✓ Descripción: Define una señal ensanchada y aleatorizada.

- **Identificación de atributos para el transmisor HS-SCCH**

- ✓ Nombre: identificador UE.
- ✓ Descripción: Define el número que identifica a un UE.

- ✓ Nombre: potencia.
- ✓ Descripción: Define la potencia del canal HS-SCCH.

- ✓ Nombre: código de canalización, SF.
- ✓ Descripción: Define hasta cuatro códigos de canalización para el canal HS-SCCH.

- ✓ Nombre: modulación.
- ✓ Descripción: Define la modulación con la que se transmite el HS-DSCH: QPSK o 16QAM.

- ✓ Nombre: número de canales físicos.
- ✓ Descripción: Define el número de canales físicos que se transportan en un TTI.

- ✓ Nombre: TBS.
- ✓ Descripción: Define el TBS.

- ✓ Nombre: indicación de datos nuevos.
- ✓ Descripción: Define que la señal entrante contiene nuevos datos y no es un paquete retransmitido.

- ✓ Nombre: versión de redundancia.
- ✓ Descripción: Define el valor de versión de redundancia, útil para la codificación de canal.

- ✓ Nombre: identificador de proceso HARQ.
- ✓ Descripción: Define que proceso se utilizará en la transmisión.

- ✓ Nombre: señal compleja de salida.
- ✓ Descripción: Define que esta es una señal ensanchada y modulada, en valor imaginario y real, representando una señal de radiofrecuencia.

- **Identificación de atributos para el mapeador del CQI¹**
 - ✓ Nombre: valor del CQI.
 - ✓ Descripción: Define el valor numérico del CQI correspondiente a la estimación del canal de radio.

 - ✓ Nombre: modulación.
 - ✓ Descripción: Define la modulación correspondiente al valor del CQI.

 - ✓ Nombre: número de canales físicos por TTI.
 - ✓ Descripción: Define cuantos canales físicos se pueden utilizar en un TTI.

 - ✓ Nombre: TBS.
 - ✓ Descripción: Define que TBS se debe escoger para llevar los bits de mensaje.

 - ✓ Nombre: reajuste de potencia.
 - ✓ Descripción: Define si se debe realizar reajuste sobre la potencia de referencia del HS-DSCH. Esto se realiza cuando se tienen altos valores de CQI como se explica en la sección 1.5.

A.2.1.5 Identificación de operaciones y/o métodos

Las operaciones y/o métodos en el paradigma orientado a objetos definen como las acciones específicas de un objeto, por lo que es necesario definir de manera clara los procedimientos que cada objeto realiza, para identificar plenamente los servicios de dicho objeto.

- **Identificación de servicios del generador de HARQ**
 - ✓ Nombre: generar señal de salida (TBS).
 - ✓ Descripción: Servicio que genera el envío de bits de información acorde al TBS.

¹ Útil para el mapeo de CQI en los diferentes formatos de transporte (análisis AMC)

- ✓ Nombre: llevar conteo proceso HARQ.
- ✓ Descripción: Servicio que genera el conteo de transmisiones para un proceso HARQ en particular.

- ✓ Nombre: identificar nuevos datos.
- ✓ Descripción: Servicio que identifica si los datos a enviar son nuevos o es una retransmisión.

- ✓ Nombre: indicar número de proceso HARQ.
- ✓ Descripción: Servicio que entrega la secuencia de transmisión que se está utilizando.

- **Identificación de servicios del codificador HS-DSCH**

- ✓ Nombre: adjuntar CRC.
- ✓ Descripción: Servicio que adjunta el polinomio CRC para la detección de errores.

- ✓ Nombre: entregar información codificada (TBS).
- ✓ Descripción: Servicio que entrega la información en tramas y codificada al transmisor HS-DSCH.

- ✓ Nombre: codificador TURBO.
- ✓ Descripción: Servicio que realiza la segmentación de bloque de código y efectúa la codificación de canal.

- ✓ Nombre: realizar proceso HARQ.
- ✓ Descripción: Servicio que efectúa la operación de nivel físico para el proceso HARQ.

- ✓ Nombre: ordenación de constelación.
- ✓ Descripción: Servicio que realiza la ordenación de constelación de acuerdo a la modulación QPSK o 16QAM.

- ✓ Nombre: segmentar y entrelazar.
- ✓ Descripción: Servicio que segmenta la información en canales físicos y efectúa el entrelazado para los TTI.

- **Identificación de servicios del transmisor HS-DSCH**

- ✓ Nombre: generar señal ensanchada y modulada.
- ✓ Descripción: Servicio que envía una señal ensanchada y modulada al generador de aleatorización.

- **Identificación de servicios del generador de versión de redundancia**

- ✓ Nombre: generar versión de redundancia.
- ✓ Descripción: Servicio que entrega el valor de la versión de redundancia.

- **Identificación de servicios del generador de canales comunes en DL para HSDPA**

- ✓ Nombre: generación de canales comunes.
- ✓ Descripción: Servicio que envía los canales DPCH, CPICH, PCCPCH, PICH, OCNS y los adiciona para llevarlos al proceso de aleatorización antes de ser transmitidos.

- ✓ Nombre: generación de canales de sincronización: PSCH, SSCH.
- ✓ Descripción: Servicio que adiciona los canales PSCH y SSCH, y que da como resultado el canal SCH. Este no debe ser codificado antes de la transmisión.

- **Identificación de servicios del generador de aleatorización**

- ✓ Nombre: Aleatorización.
- ✓ Descripción: Servicio que envía la señal resultante después de los procesos de modulación, ensanchamiento y codificación aleatorización, esta señal es la que se enviara por el canal radio la cual se le adiciona AWGN y los efectos de multitrayectoria.

- ✓ Nombre: transmisión de aleatorización utilizada.
- ✓ Descripción: Servicio que envía al receptor el código de aleatorización utilizado para la codificación de la señal.

- **Identificación de servicios del transmisor HS-SCCH**

- ✓ Nombre: generar transmisión de la señal HS-DSCH.
- ✓ Descripción: Servicio que envía la señal de señalización, ensanchada y modulada hasta el generador de aleatorización.

- **Identificación de servicios del mapeador CQI (útil en análisis de AMC)**

- ✓ Nombre: entregar el tipo de modulación utilizada.
- ✓ Descripción: Servicio que entrega el tipo de modulación utilizada en el TTI correspondiente, según la estimación del canal radio.

- ✓ Nombre: entregar el TBS.
- ✓ Descripción: Servicio que entrega el tamaño que debe tener el bloque de transporte para transmitir la información en el TTI correspondiente.

- ✓ Nombre: entregar canales físicos.
- ✓ Descripción: Servicio que entregar los canales físicos a utilizar en el TTI correspondiente.

- ✓ Nombre: entregar reajuste de potencia.
- ✓ Descripción: Servicio que entregar un valor de reajuste de potencia si se debe hacer una disminución de esta, con respecto a la transmisión anterior como se explica en la sección 1.5.

A.2.2 Modelo del Canal

A.2.2.1 Identificación de clases y objetos

El modelo del canal está compuesto por multitrayectoria de la señal, la cual toma diferentes caminos con diferentes atenuaciones y retardos relativos en el trayecto. Estas diferencias dependen de la velocidad del móvil (corrimiento en frecuencia). Además a estas señales se las afecta con ruido AWGN, por lo cual se identifica como clases y objetos: Canal 3GPP y la señal afectada con AWGN.

A.2.2.2 Identificación de las estructuras

Basados en el tipo de estructura *Whole-Part* y según las características del modelo del canal se identifica la siguiente estructura.

- **Canal 3GPP:** Este no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.9.

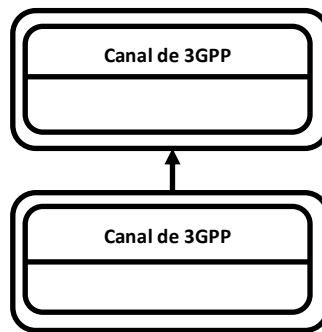


Figura A.9. Estructura del Canal 3GPP.

- **Señal afectada con AWGN:** El AWGN no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.10.

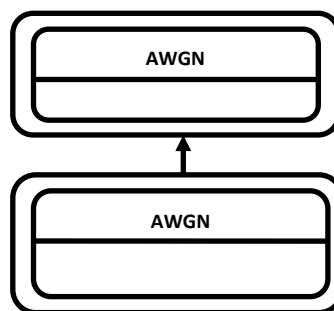


Figura A.10. Estructura del AWGN.

A.2.2.3 Identificación de los sujetos

En el modelo del canal se identificó como sujetos al canal multitrayectoria y al AWGN.

A.2.2.4 Identificación de los atributos.

El canal para HSDPA se define en 2 partes, la primera compuesta por el canal 3GPP, luego a este se le afecta con AWGN.

- **Identificación de los atributos para el canal 3GPP**

Propagación de la señal en 3G para comunicaciones móviles, sus atributos son:

- ✓ Nombre: atenuación relativa.
- ✓ Descripción: Define pérdidas de la señal dadas por efectos de multitrayecto.

- ✓ Nombre: tipo de canal.
- ✓ Descripción: Define el tipo de canal utilizado. Se utilizan varios canales definidos por la ITU y recomendados por el 3GPP.

- ✓ Nombre: frecuencia de Portadora.
- ✓ Descripción: Define el valor de la frecuencia de radiofrecuencia que se utiliza para la transmisión de la información.

- **Identificación del los atributos para los trayectos con AWGN**

- ✓ Nombre: potencia de ruido.
- ✓ Descripción: Define el nivel de potencia de ruido que se le adicionará a la señal.

A.2.2.6 Identificación de servicios o métodos

- **Identificación de servicios o métodos para el canal de multitrayectoria**

- ✓ Nombre: generar entrega de señales multitrayecto.
- ✓ Descripción: Servicio que envía una señal a través de múltiples caminos.

- **Identificación de servicios o métodos para las trayectorias con AWGN**

- ✓ Nombre: generar adición de AWGN.
- ✓ Descripción: Servicio que adiciona ruido AWGN dependiendo del nivel de potencia.

A.2.3 Modelo del Receptor

A.2.3.1 Identificación de clases y objetos

En el paradigma orientado a objetos se identifican como objetos a los módulos que procesan y generan una señal, por lo cual en el modelo del receptor se identifican como objetos: el

receptor tipo *Rake*, el receptor HS-DSCH, el decodificador HS-DSCH, el verificador de CRC HS-DSCH, el Receptor HS-SCCH, el generador de ACK/NACK y el estimador del CQI.

A.2.3.2 Identificación de las estructuras

Basados en el tipo de estructura *Whole-Part* se identifican como estructuras:

- **Receptor tipo *Rake*:** El Receptor *Rake* no tiene ningún componente que lo conforme. Su estructura se muestra en la figura A.11.

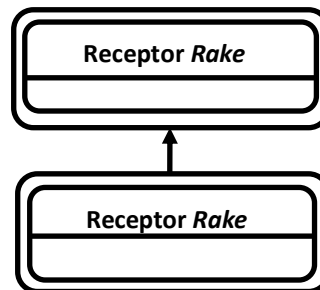


Figura A.11. Estructura del Receptor *Rake*.

- **Receptor HS-DSCH:** El receptor HS-DSCH se divide en 2 componentes básicos el desensanchador y el demodulador. El desensanchador está conformado a su vez por un elemento que se encarga de hacer la conversión de chip a símbolo y de símbolo a bit. Por otra parte, el demodulador se compone del demodulador QPSK y demodulador 16-QAM. La estructura del Receptor HS-DSCH se muestra en la figura A.12.

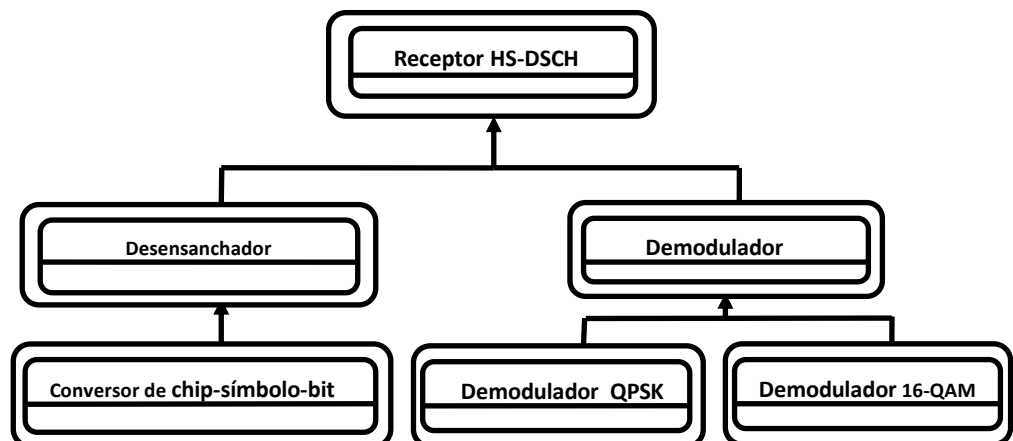


Figura A.12. Estructura del Receptor HS-DSCH.

- **Decodificador HS-DSCH:** El Decodificador HS-DSCH tiene varios componentes como son: Mapeo de canales físicos, decodificación del proceso HARQ de nivel físico y decodificación turbo. El desmapeo de canales físicos tiene a su vez dos elementos en

serie. Estos son: Agrupación de los canales físicos y demultiplexación de los canales físicos. Agrupa los canales físicos dando como resultado los bits de información. El demultiplexor los recibe en una trama de radio. En el proceso HARQ según el tipo de esquema utilizado, sea CC o IR, realiza almacenamiento de los datos en el *buffer* y la combinación de datos HARQ. El decodificador turbo tiene un elemento que efectúa la unión del bloque código. La estructura del Decodificador HS-DSCH se muestra en la figura A.13.

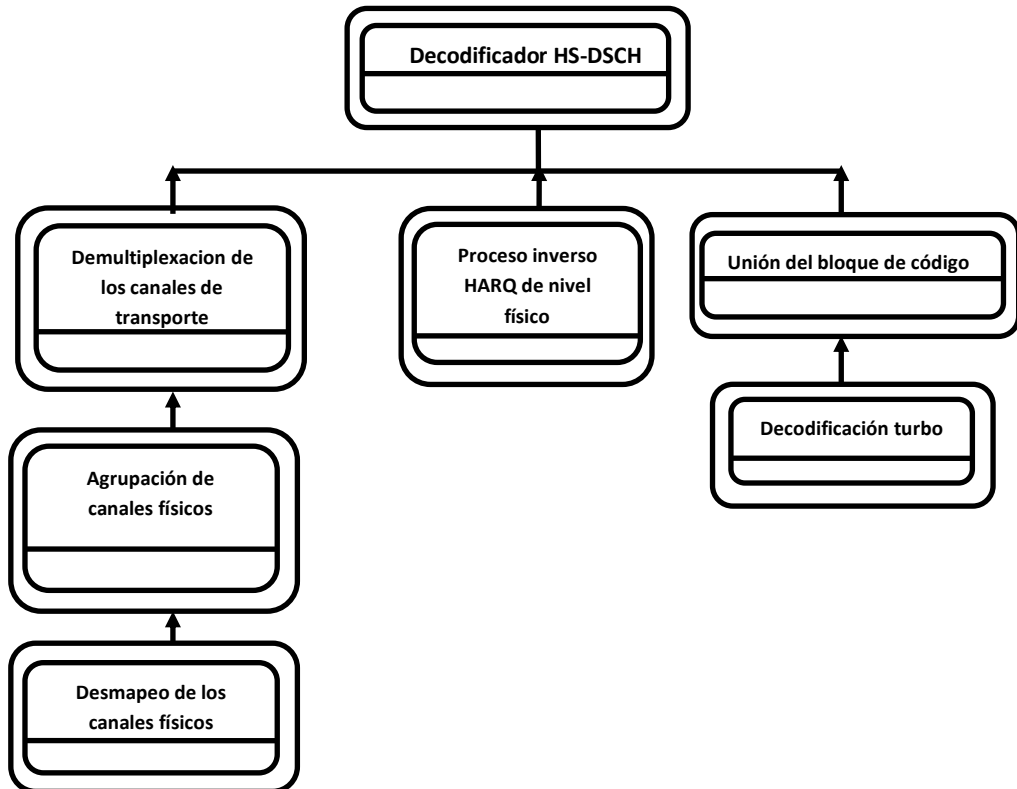


Figura A.13. Estructura del Decodificador HS-DSCH.

- **Verificador CRC HS-DSCH:** El Verificador del CRC HS-DSCH no tiene ningún componente que lo conforme. La estructura del Verificador CRC HS-DSCH se muestra en la figura A.14.

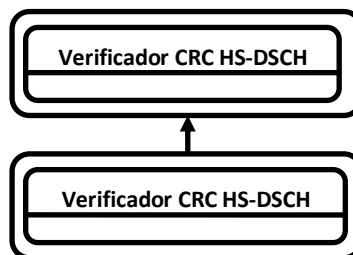


Figura A.14. Estructura del Verificador CRC del HS-DSCH.

- **Receptor HS-SCCH:** El receptor HS-SCCH se divide en 2 componentes básicos: el desensanchador y el demodulador. La estructura del Receptor HS-SCCH se muestra en la figura A.15.

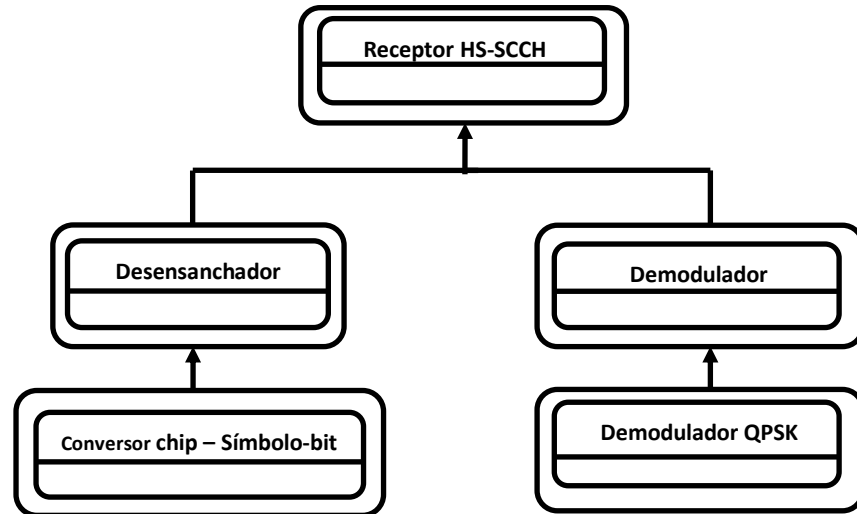


Figura A.15. Estructura del Receptor HS-SSCH.

- **Generador de ACK/NACK:** Generador de ACK/NACK, el cual no tiene ningún componente que lo conforme. La estructura del Generador de ACK/NACK se visualiza en la figura A.16.

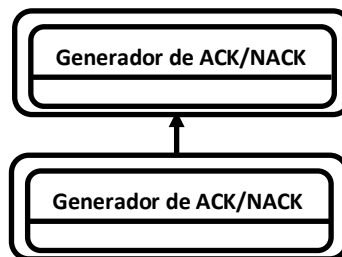


Figura A.16. Estructura del Generador de ACK/NACK.

- **Estimador de CQI (para análisis de AMC):** El Estimador de CQI no tiene ningún componente que lo conforme. La estructura del Estimador de CQI se muestra en la figura A.17.

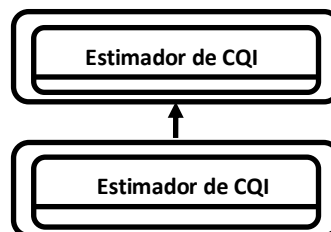


Figura A.17. Estructura del Estimador de CQI.

A.2.3.3 Identificación de los sujetos

En el modelo receptor se identifican como sujetos a: receptor tipo *Rake*, receptor HS-DSCH, decodificador HS-DSCH, verificador de CRC HS-DSCH, Receptor HS-SCHH, generador de ACK/NACK y el estimador del CQI.

A.2.3.4 Identificación de los atributos

- **Identificación de atributos para el receptor tipo *Rake***

- ✓ Nombre: *chip rate*.
- ✓ Descripción: Define la tasa de *chip* fijada en 3.84 Mcps por el 3GPP.

- ✓ Nombre: Número de dedos del receptor RAKE.
- ✓ Descripción: Define que cada dedo recibe la señal proveniente del transmisor por múltiples caminos. Estos dependen del modelo de canal utilizado, sea PA3, PB3, VA30 o VA120.

- ✓ Nombre: duración de la trama radio.
- ✓ Descripción: Define su duración fija en 2ms.

- ✓ Nombre: código de desaleatorización.
- ✓ Descripción: código utilizado para desaleatorizar la señal entrante.

- ✓ Nombre: retardo de tiempo de la señal.
- ✓ Descripción: Define el retardo relativo de las señales por cada camino, desde el transmisor hasta el receptor.

- ✓ Nombre: ganancia en el receptor *RAKE*.
- ✓ Descripción: Define la ganancia obtenida por la alineación de las señales multitrayecto provenientes desde el transmisor.

- ✓ Nombre: señal compleja de recepción en banda base.
- ✓ Descripción: Define la señal compleja en banda base a la tasa de muestras por chip.

- **Identificación de atributos para el receptor HS-DSCH**

- ✓ Nombre: datos de entrada.
- ✓ Descripción: Define la llegada de los datos proveniente del receptor *RAKE*, esta señal ha pasado por el proceso de desaleatorización.

- ✓ Nombre: Factor de ensanchamiento (SF).
- ✓ Descripción: Define el número de chips por símbolo, en HSDPA se transmiten 16 chips por cada símbolo para este canal.

- ✓ Nombre: E_c/I_{or} también denominado HS-DSCH E_c/I_{or} (dB).
- ✓ Descripción: Define la relación de energía transmitida por chip del canal HS-DSCH con respecto a la densidad espectral de potencia total transmitida en el conector de la antena del nodo B, se especifica en los preliminares del trabajo.

- ✓ Nombre: número de canales físicos por TTI.
- ✓ Descripción: Define el número de canales en paralelo que puede soportar por TTI. Esto depende de las capacidades del UE y de las condiciones del canal radio.

- ✓ Nombre: modulación.
- ✓ Descripción: Define el tipo de modulación digital a usar en la decodificación de la señal, sea QPSK o 16QAM. Esto depende de las condiciones del canal radio.

- ✓ Nombre: ganancia de potencia de referencia.
- ✓ Descripción: Define el reajuste de potencia cuando es necesario para el canal HS-DSCH, dependiendo de las condiciones del canal como se explica en la sección 1.5.

- ✓ Nombre: código de canalización OVFSF.
- ✓ Descripción: Define los códigos de canalización.

- **Identificación de atributos para el decodificador HS-DSCH**

- ✓ Nombre: tamaño del buffer virtual IR.
- ✓ Descripción: Define el tamaño en bits del buffer virtual IR, y depende de la categoría del UE. Este es útil para el proceso de combinación HARQ según sea el esquema CC o IR.

- ✓ Nombre: modulación.
- ✓ Descripción: Define el tipo de modulación que se utilizó en la transmisión, QPSK o 16QAM, dependiendo de las condiciones del canal radio.

- ✓ Nombre: TBS.
- ✓ Descripción: Define el número de bits de información en el TB.

- ✓ Nombre: número de procesos HARQ.
- ✓ Descripción: Define el número de proceso HARQ que se utilizó.

- ✓ Nombre: Versión de redundancia.
- ✓ Descripción: Define el valor de versión de redundancia. Este valor está entre 0 y 7, y es utilizado en el esquema HARQ IR.

- ✓ Nombre: identificador de nuevos datos.
- ✓ Descripción: Define si los datos que llegan son nuevos o corresponden a una retransmisión.

- **Identificación de atributos para el receptor HS-SSCH**

- ✓ Nombre: factor de ensanchamiento.
- ✓ Descripción: Define el valor de ensanchamiento, en este caso es 128.

- ✓ Nombre: señal de entrada.
- ✓ Descripción: Define una señal desaleatorización por el receptor *RAKE*.

- ✓ Nombre: Número de bits para el CRC.
- ✓ Descripción: define el tamaño en bits del CRC.

- ✓ Nombre: código OVSF.
- ✓ Descripción: Define los códigos de canalización.

- ✓ Nombre: identificación del UE.
- ✓ Descripción: Define la identificación del terminal de usuario. Este valor de identificación tiene un tamaño igual a 16 bits.

- **Identificación de atributos para el verificador CRC HS-DSCH**
 - ✓ Nombre: señal TB con CRC.
 - ✓ Descripción: Define la información del TB con CRC adjunto para su verificación.

- **Identificación de atributos para el generador de ACK/NACK**
 - ✓ Nombre: señal CRC.
 - ✓ Descripción: Define una ACK positivo en caso de decodificación exitosa, de lo contrario define una NACK.

 - ✓ Nombre: Número de procesos HARQ.
 - ✓ Descripción: Define el valor en bits del número de proceso HARQ a evaluar.

- **Identificación de atributos para el estimador CQI**
 - ✓ Nombre: tasa de chip.
 - ✓ Descripción: Define el valor de cps, fijado por el 3GPP. Su valor es 3.84 Mcps para HSDPA.

 - ✓ Nombre: E_c/I_{or} (dB) del HS-DSCH.
 - ✓ Descripción: Define la relación de energía transmitida por chip del canal HS-DSCH con respecto a la densidad espectral de potencia total transmitida en el conector de la antena del nodo B, se especifica en los preliminares del trabajo.

 - ✓ Nombre: E_c/I_{or} (dB) del CPICH.
 - ✓ Descripción: Define la relación de energía transmitida por chip del canal CPICH con respecto a la densidad espectral de potencia total transmitida en el conector de la antena del nodo B, se especifica en los preliminares del trabajo.

 - ✓ Nombre: E_c/I_{or} (dB) del HS-PDSCH.
 - ✓ Descripción: Define la relación de energía transmitida por chip del canal HS-PDSCH con respecto a la densidad espectral de potencia total transmitida en el conector de la antena del nodo B, se especifica en los preliminares del trabajo.

A.2.3.5 Identificación de servicios y/o métodos

- **Identificación de servicios del receptor tipo Rake**
 - ✓ Nombre: entregar la señal desaleatorizada en chips.
 - ✓ Descripción: Servicio que envía la señal desaleatorizada hasta el receptor HS-DSCH y HS-SCCH.

 - ✓ Nombre: entregar ganancia de potencia.
 - ✓ Descripción: Servicio que determina la ganancia de potencia de la señal, después de sumar de forma constructiva las señales con multitrayecto.

- **Identificación de servicios del receptor HS-DSCH**
 - ✓ Nombre: entregar señal desensanchada en símbolos.
 - ✓ Descripción: Servicio que entrega la conversión de chips a símbolos de la señal desensanchada.

 - ✓ Nombre: entregar en bits la señal demodulada.
 - ✓ Descripción: Servicio que entrega en bits la señal demodula.

- ✓ **Identificación de servicios del decodificador HS-DSCH**
 - ✓ Nombre: demultiplexar la información.
 - ✓ Descripción: Servicio que desmapea y agrupa los canales físicos, para la información diferenciada cada 2 ms y la almacena en una trama.

 - ✓ Nombre: realizar proceso HARQ de recepción.
 - ✓ Descripción: Servicio que almacena la información de un TTI con el fin de combinarla con la retransmisión en caso de una decodificación sin éxito.

 - ✓ Nombre: decodificar turbo.
 - ✓ Descripción: Servicio que realiza la decodificación de bloque de datos.

 - ✓ Nombre: entregar señal de bloque de transporte con CRC adjunto.
 - ✓ Descripción: Servicio que envía el TB con CRC adjunto para su verificación.

- **Identificación de servicios del verificador CRC HS-DSCH**
 - ✓ Nombre: determinar decodificación exitosa.
 - ✓ Descripción: Servicio que determina si el bloque de transporte tuvo una decodificación del canal radio exitosa si se generaron errores durante la transmisión por el canal radio.

- **Identificación de servicios del receptor HS-SCCH**
 - ✓ Nombre: entregar identificador UE.
 - ✓ Descripción: Servicio que entrega la identificación de UE.

- ✓ Nombre: entregar códigos de canalización.
- ✓ Descripción: Servicio que entrega el código de canalización para lograr la codificación de tráfico de usuario.

- ✓ Nombre: indicar tipo de modulación utilizado.
- ✓ Descripción: Servicio que indica qué tipo de modulación se utilizó en la transmisión de datos de usuario.

- ✓ Nombre: entregar número de canales físicos utilizados.
- ✓ Descripción: Servicio que indica cuantos canales físicos se utilizaron en la transmisión de datos de usuario.

- ✓ Nombre: entregar el TBS.
- ✓ Descripción: Servicio que indica el TBS que contiene la información de datos de usuario.

- ✓ Nombre: indicar nuevos datos.
- ✓ Descripción: Servicio que indica si los datos enviados son nuevos o retransmitidos.

- ✓ Nombre: entregar versión de redundancia.
- ✓ Descripción: Servicio que indica el valor de la versión de redundancia que utiliza el bloque de transporte de datos de usuario.

- ✓ Nombre: entregar número de proceso HARQ.
- ✓ Descripción: Servicio que indica el número de proceso HARQ que se está procesando.

- **Identificación de servicios del generador de ACK/NACK**
 - ✓ Nombre: entregar señal ACK/NACK.
 - ✓ Descripción: Servicio que indica a través de un acuse de recibido si el bloque fue decodificado con éxito o no.

A.3 MODELO DE SIMULACION

Finalizada la etapa de recolección y procesamiento de datos para realizar la simulación a nivel de enlace de la tecnología HSDPA, se procede a plantear un modelo de simulación mediante una abstracción que cumpla con las especificaciones del 3GPP para el R5, considerando los aspectos más relevantes y de mayor interés para cumplir con los objetivos de la simulación. Esta abstracción permite la reducción de la complejidad del sistema y conservar siempre la claridad del planteamiento.

Como resultado de lo anterior, se dividió el sistema en tres subsistemas que facilitan la recolección de datos y el estudio de su comportamiento. Estos subsistemas son:

- Subsistema Transmisor (Datos y Señalización).
- Subsistema Canal.

➤ Subsistema Receptor (Datos y Señalización).

La estructura del sistema de acuerdo a la descripción realizada anteriormente se muestra en la figura A.18.

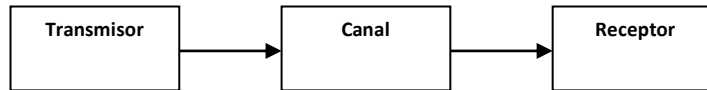


Figura A.18. Estructura del Sistema.

A.3.1 Modelo de simulación: Transmisor

Para el transmisor el modelo de simulación en su nivel de abstracción más alto se muestra en la figura A.19.

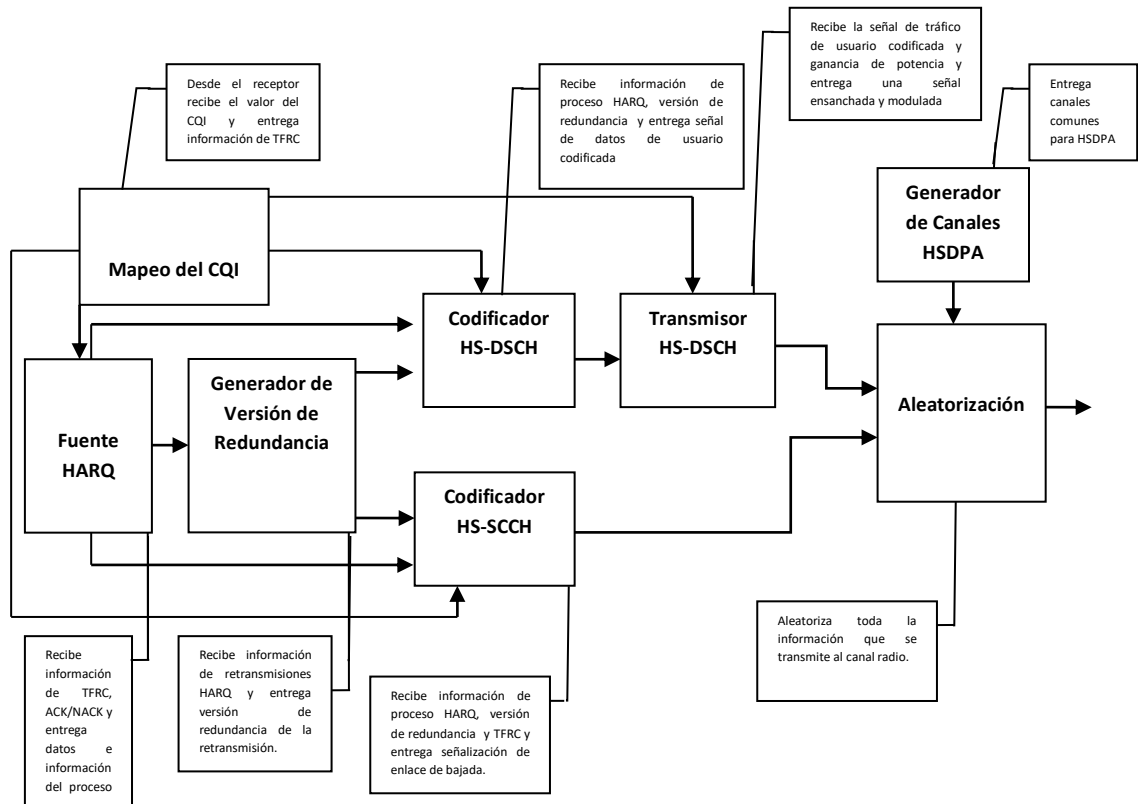


Figura A.19 Estructura del Transmisor.

De acuerdo al análisis realizado en la recolección y procesamiento de datos se obtuvo como resultado 8 sujetos para el transmisor, los cuales se describen con mayor detalle a continuación.

A.3.1.1 Estructura interna y características de la fuente HARQ.

La estructura interna de la fuente HARQ se muestra en la figura A.20.

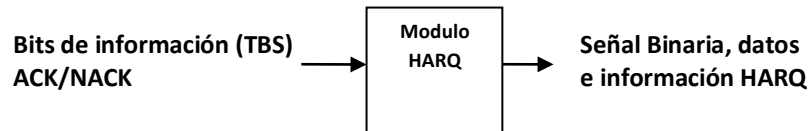


Figura A.20. Estructura del Transmisor.

Las características del modulo fuente HARQ se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Bits de información (TBS): Señal que indica al modulo HARQ, el TBS en bits, que se transporta en el próximo TTI. Para análisis de HARQ el TBS toma un valor interno y para análisis de AMC el valor es variable.
- ✓ Reconocimiento ACK/NACK: Señal que indica al modulo HARQ si la próxima transmisión, lleva nuevos datos o es una retransmisión, debido a una decodificación errónea de un paquete de datos enviado.

Variables de entrada:

- ✓ Número de procesos HARQ: Variable que depende de los procesos de transmisión activos en un enlace. HSDPA soporta hasta 8 procesos al mismo tiempo.
- ✓ Patrón de transmisión: Variable que indica cada cuantos TTI consecutivos se transmite datos de usuario. Un "X" indica transmisión de datos de usuario un "0" indica transmisión discontinua. Dependiendo de las categorías existen los patrones "X00", "X0", "X".
- ✓ Tamaño del bloque de transporte: Variable que indica el valor del TBS en bits. Esto bits se transportan en un TTI.
- ✓ Número de retransmisiones: Variable que determina el número máximo de retransmisiones permitidas antes de descartar el paquete.
- ✓ Retardo ACK/NACK: Variable que determina el retardo en tiempo (en muestras de simulación), entre la transmisión de un paquete y la llegada del acuse de recibo del mismo.

Señales de salida:

- ✓ Datos de usuario: Señal que entrega el bloque de datos.
- ✓ Tcnt: Señal que mantiene un conteo sobre el número de retransmisiones para un proceso HARQ dado.
- ✓ NDI: Señal que indica si la transmisión contiene datos nuevos o es una retransmisión.

- ✓ HARQ: Señal que informa sobre el número de proceso HARQ que se está transmitiendo.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Señal que genera el tamaño del TTI. Este valor depende del CQI.

A.3.1.2 Estructura interna y características del codificador HS-DSCH.

La estructura interna del codificador de canal HS-DSCH se muestra en la figura A.21.

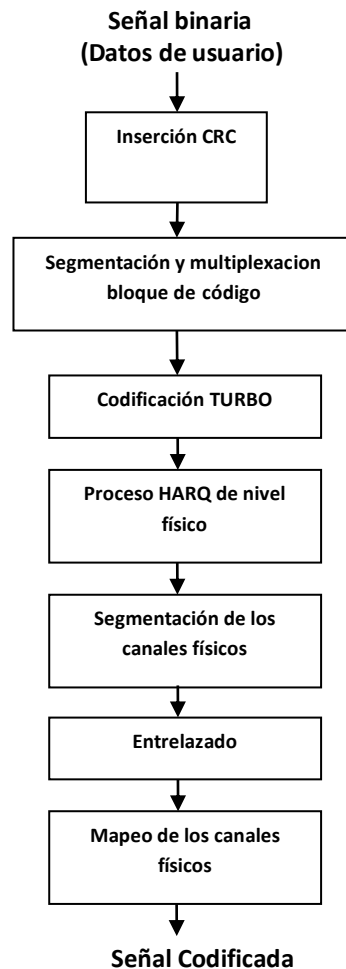


Figura A.21. Estructura del Codificador de canal HS-DSCH

Las características del codificador de canal HS-DSCH se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Datos de usuario: Señal que entrega la fuente HARQ.
- ✓ Información de señalización para análisis de AMC: Señal que entrega el tipo de modulación a utilizar, TBS, número de canales físicos y la versión de redundancia utilizada en cada retransmisión.

Variables de entrada:

- ✓ Tamaño virtual del buffer de IR.
- ✓ Tipo de modulación.
- ✓ TBS.
- ✓ Número de canales físicos.
- ✓ Versión de redundancia.
- ✓ Polinomio CRC.
- ✓ Tamaño del CRC en bits.

Señales de salida:

- ✓ Señal de datos de usuario codificada.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Algoritmo del codificador turbo.
- ✓ segmentación máxima de de código.
- ✓ Segmentación mínima de código.

A.3.1.3 Estructura interna y características del transmisor HS-SCCH

La estructura interna del transmisor HS-SCCH se muestra en la figura A.22.

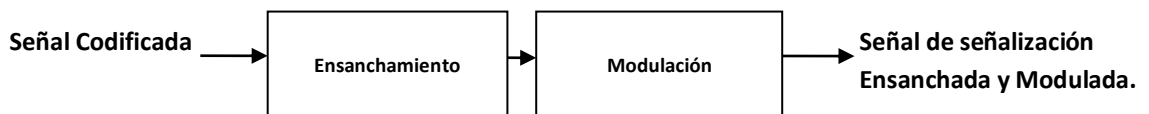


Figura A.22. Estructura del Transmisor HS-SCCH.

Las características del transmisor HS-SCCH se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal de datos de usuario codificada.
- ✓ Versión de redundancia.
- ✓ En análisis de AMC: Señal que define el tipo de modulación a utilizar, número de canales físicos en un TTI y la cantidad de datos que se transmiten sobre el HS-DSCH.

Variables de entrada:

- ✓ Tamaño virtual del *buffer* IR.
- ✓ Método de modulación.
- ✓ Tamaño del bloque de transporte.
- ✓ Número de canales físicos.

Señales de salida:

- ✓ Señalización del enlace de bajada.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Potencia del canal.

A.3.1.4 Estructura interna y características del generador de versión de redundancia

La estructura interna del generador de versión de redundancia se muestra en la figura A.23.

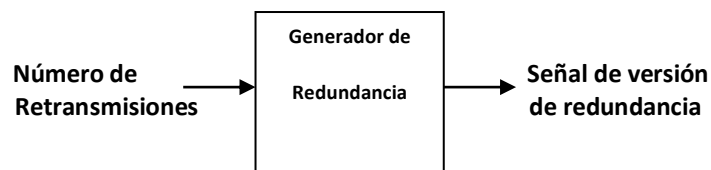


Figura A.23. Estructura del Generador de Redundancia.

Las características del generador de redundancia se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal que indica la secuencia de versión de redundancia.
- ✓ Señal que indica el tipo de modulación a utilizar.

Variables de entrada:

- ✓ Secuencia de versión de redundancia para QPSK y 16QAM.

Señales de salida:

- ✓ Señal de secuencia de versión de redundancia a utilizar por el codificador HS-DSCH.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Ninguna.

A.3.1.5 Estructura interna y características del generador de canales comunes en DL para HSDPA

La estructura interna del generador de canales comunes en DL para HSDPA se muestra en la figura A.24.

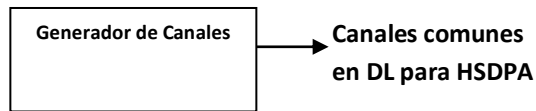


Figura A.24. Estructura del Generador de Canales.

Las características del generador de canales comunes en DL para HSDPA se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Para análisis de HARQ ninguna. Para análisis de AMC se ingresa el reajuste de potencia según el valor de CQI como se explica en la sección 1.5.

Variables de entrada:

- ✓ Ninguna conocida.

Señales de salida:

- ✓ Señal de canales DPCH, CPICH, PCCPCH, PICH, para ser aleatorizados y OCNS.
- ✓ Señal de canales de sincronización PSCH y SSCH, estos no son aleatorizados.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Señal que indica la potencia de los canales.

A.3.1.6 Estructura interna y características del aleatorizador.

La estructura interna del generador de código de aleatorización se muestra en la figura A.25.

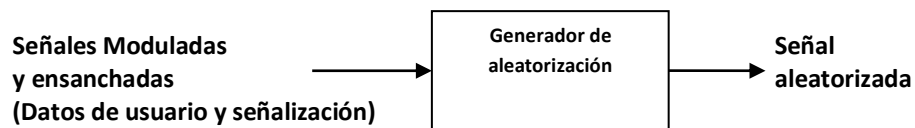


Figura A.25. Estructura del Generador de aleatorización.

Las características del generador de aleatorización se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Canales de sincronización.
- ✓ Canales comunes en DL para HSDPA.

- ✓ Datos ensanchados del canal HS-DSCH.
- ✓ Datos ensanchados del canal de señalización HS-SSCH.

Variables de entrada:

- ✓ Valor de sobre muestreo del canal.
- ✓ Aleatorización.

Señales de salida:

- ✓ Señal de datos aleatorizada.
- ✓ Aleatorización.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Insertar el código correspondiente para la aleatorización.

A.3.1.7 Estructura interna y características del transmisor HS-SSCH (señalización).

La estructura interna del receptor HS-SSCH se muestra en la figura A.26.

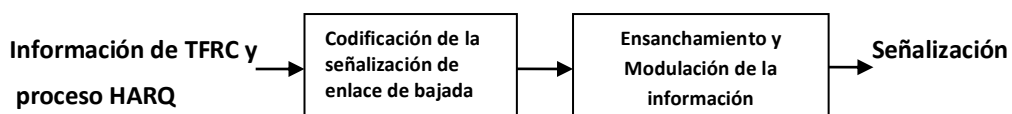


Figura A.26. Estructura interna del transmisor HS-SSCH.

La caracterización del transmisor HS-SSCH se describe a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal que informa sobre los TFRC's utilizados en la transmisión de datos de usuario.

Variables de entrada:

- ✓ Identificador de UE.
- ✓ Código OVSF para HS-SSCH.
- ✓ Método de modulación para el canal HS-DSCH.
- ✓ Tamaño del bloque de transporte de tráfico de usuario.

- ✓ Número de canales físicos utilizados en la transmisión de tráfico de usuario.
- ✓ Número de proceso HARQ.
- ✓ Indicador de nuevos datos.
- ✓ Versión de redundancia.

Señales de salida:

- ✓ Señal de señalización de enlace de bajada.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Señal del generador del polinomio CRC.

A.3.1.8 Mapeador CQI (señalización para análisis de AMC).

La estructura interna del mapeador CQI se muestra en la figura A.27.

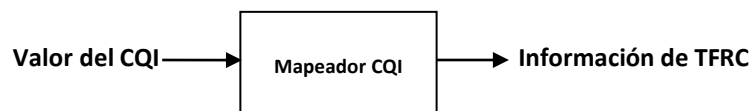


Figura A.27. Estructura del Mapeador CQI.

Las características del Mapeador CQI se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal que indica el valor del CQI (0 - 30) de acuerdo a las condiciones del canal radio.

Variables de entrada:

- ✓ Ninguna.

Señales de salida:

- ✓ Señal que indica el tipo de modulación a utilizar en el próximo TTI.
- ✓ Señal que indica la cantidad de bits en el próximo TTI.
- ✓ Señal que indica el número de canales físicos que se van a utilizar en la transmisión del próximo TTI.
- ✓ Señal que indica el reajuste de potencia.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Señal que indica los valores para el CQI.

A.3.2 Modelo de simulación: Canal

El modelo de simulación para el canal está compuesto por 2 niveles de abstracción. Esto debido a que el canal radio está compuesto por: multitrayectoria y es afectado por AWGN, el canal radio con sus dos componentes en su nivel de abstracción más alto se muestra en la figura A.28.

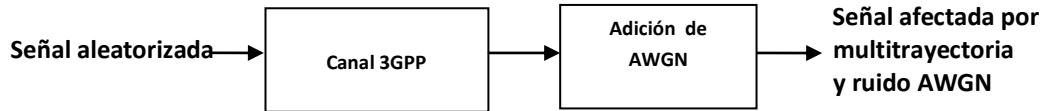


Figura A.28. Estructura del canal radio.

A.3.2.1 Canal 3GPP

Este tipo de canal simula multitrayectoria con características definidas por la UIT y recomendados por el 3GPP para HSDPA. Se definen varios tipos de canales, estos son: PA3, PB3, VA30, PA120, los cuales se diferencian en el número de trayectos, atenuación (velocidad de desplazamiento) y retardo relativa que sufren las señales en estos canales.

Señales de entrada:

- ✓ Señal transmitida (señalización y datos de usuario) codificada con aleatorización.

Variables de entrada:

- ✓ modelo de canal.
- ✓ Frecuencia de portadora.
- ✓ Velocidad de desplazamiento del UE.

Señales de salida:

- ✓ Señal afectada por multitrayecto.

Procesos internos:

- ✓ Número de caminos de la señal, retardos y atenuación de la señal de acuerdo al modelo de canal especificado.

A.3.2.2 Canal AWGN

Adiciona ruido AWGN a las múltiples señales que brinda el canal de multitrayectoria 3GPP. Este canal degrada la información proveniente del transmisor.

Señales de entrada:

- ✓ Señal de espectro ensanchado en múltiples trayectorias.

Variables de entrada:

- ✓ Potencia de ruido blanco determinada por loc, esta definición se la explica en los preliminares del trabajo.

Señales de salida:

- ✓ Señal de espectro ensanchado afectada por multitrayecto y ruido AWGN.

Descripción matemática:

- ✓ Este subsistema se encarga de simular un canal radio mediante la adición de ruido AWGN, el cual es determinada por loc. El loc simula la interferencia de otras celdas adyacentes y de la misma celda.

A.3.3 Modelo de simulación del subsistema receptor

El modelo de simulación del receptor en su nivel de abstracción más alto se muestra en la figura A.29.

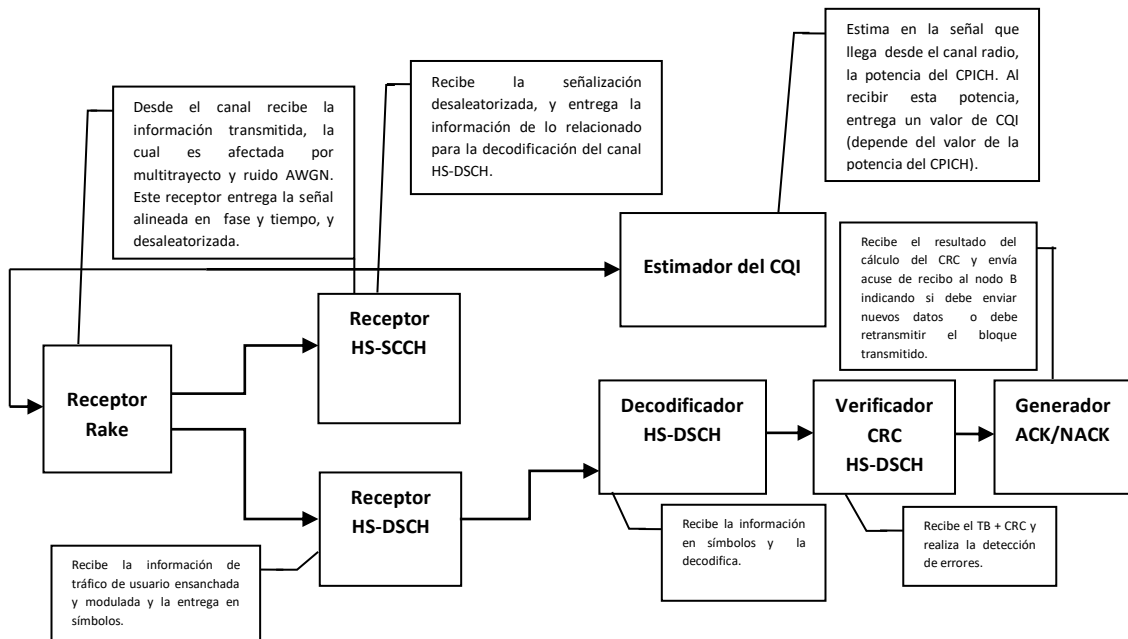


Figura A.29. Estructura del Subsistema Receptor.

De acuerdo al análisis realizado en la fase de recolección y procesamiento de datos, se obtuvo como resultados 7 sujetos para el receptor, estos se describirán en mayor detalle a continuación:

A.3.3.1 Estructura interna y características del receptor tipo Rake

La estructura interna del receptor tipo *Rake* se muestra en la figura A.30.

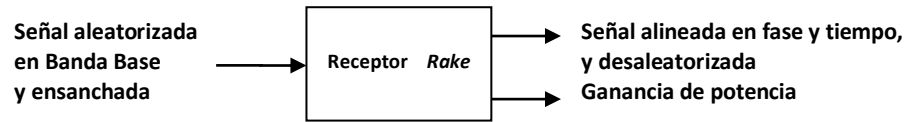


Figura A.30. Estructura del Receptor *Rake*.

Las características del receptor tipo *Rake* se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal aleatorizada (datos de usuario + señalización) y ensanchada en Banda Base.
- ✓ Retardo y atenuación relativa de cada camino en la propagación del canal.
- ✓ Código de aleatorización usado en la transmisión.

Variables de entrada:

- ✓ Número de trayectos.
- ✓ Retardos y atenuaciones relativas.

Señales de salida:

- ✓ Señal desaleatorizada.
- ✓ Ganancia de potencia resultado de alineación en fase y tiempo de las señales multitrayecto.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Señal que alinea en fase y tiempo las señales multitrayecto.

3.3.3.2 Estructura interna y características del receptor HS-DSCH

La estructura interna del receptor HS-DSCH se muestra en la figura A.31.

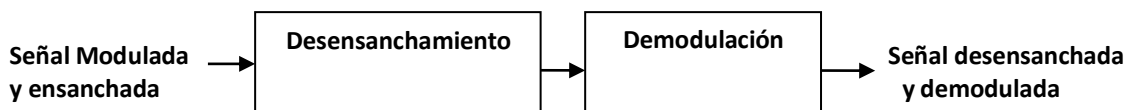


Figura A.31. Estructura interna del receptor HS-DSCH.

Las características del receptor HS-DSCH se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal de datos de usuario modulada y ensanchada.

Variables de entrada:

- ✓ Código de canalización para la desensanchamiento.
- ✓ Tamaño del bloque de transporte.
- ✓ Número de canales físicos.
- ✓ Modulación empleada.
- ✓ Ganancia de recepción.
- ✓ Reajuste de potencia.

Señales de salida:

- ✓ Señal desensanchada y demodulada.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Ninguna.

A.3.3.3 Estructura interna y caracterización del decodificador HS-DSCH

La estructura interna del decodificador HS-DSCH se muestran en la figura A.32.
Las características del decodificador HS-DSCH se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal de datos de usuario y señalización.

Variables de entrada:

- ✓ Tamaño del buffer virtual de IR.
- ✓ Tamaño del bloque de transporte.
- ✓ Número de canales físicos.
- ✓ Modulación empleada.
- ✓ Versión de redundancia.

✓ Indicador de nuevos datos.

✓ Número de proceso HARQ.

Señales de salida:

✓ Señal binaria decodificada con bloque de transporte y CRC adjunto.

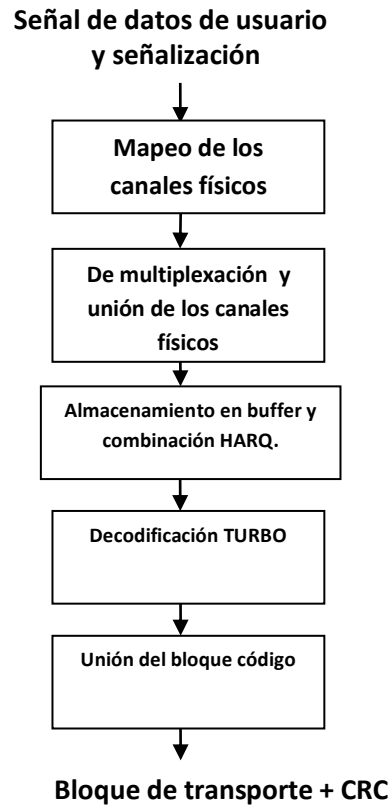


Figura A.32. Estructura interna del decodificador HS-DSCH.

Señales propias de procesos internos:

✓ Número de interacciones.

✓ Algoritmo de codificación turbo.

A.3.3.4 Estructura interna y características del verificador CRC HS-DSCH

La estructura interna del verificador CRC HS-DSCH se muestra en la figura A.33.

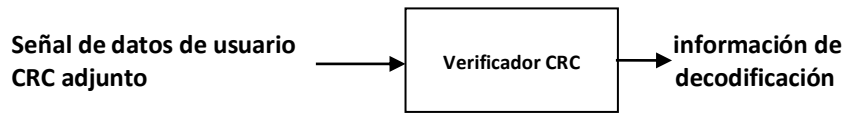


Figura A.33. Estructura interna del verificador CRC HS-DSCH.

Las características del verificador CRC del HS-DSCH se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal de datos de usuario con CRC adjunto.

Variables de entrada:

- ✓ Tamaño del bloque de transporte.

Señales de salida:

- ✓ Señal con datos de usuario (*throughput*).
- ✓ Señal que indica el número de paquetes recibidos correctos.
- ✓ Señal con datos de usuario en Kbps
- ✓ Señal que indica si hubo o no errores en la verificación de la CRC.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Decodificación del CRC y entregar datos de usuario.

A.3.3.5 Estructura interna y características del generador ACK/NACK

La estructura interna del generador de ACK/NACK se muestra en la figura A.34.

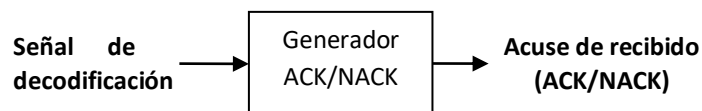


Figura A.34. Estructura interna del Generador ACK/NACK.

Las características del generador de ACK/NACK se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señal de éxito o fracaso en la decodificación de los datos de usuario.

Variables de entrada:

- ✓ Índice de decodificación exitosa.
- ✓ Número de proceso HARQ.

Señales de salida:

- ✓ Señal de acuse de recibido, la cual solicita el envío de nuevos datos (ACK) o retransmisión del bloque de datos transmitido (NACK).

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Generar el ACK/NACK para el proceso HARQ actual.

A.3.3.6 Estructura interna y características del estimador CQI

La estructura interna del estimador CQI se muestra en la figura A.35.

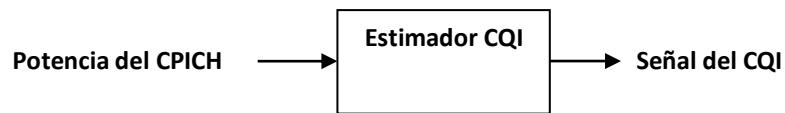


Figura A.35. Estructura interna del estimador CQI.

Las características del estimador del CQI se describen a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Potencia del CPICH.

Variables de entrada:

- ✓ Ninguna.

Señales de salida:

- ✓ Valor correspondiente del CQI, se puede encontrar entre 0 y 30.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Determinar el CQI a partir de la potencia del CPICH.

A.3.3.7 Receptor HS-SCCH

La estructura interna del receptor HS-SCCH se visualiza en la figura A.36.

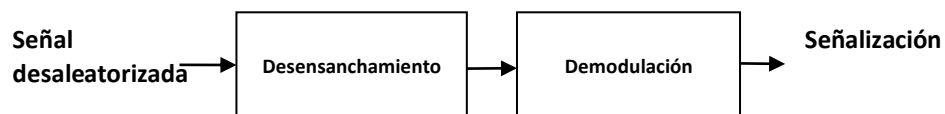


Figura A.36. Estructura interna del Receptor HS-SCCH.

La caracterización del receptor HS-SCCH se describe a continuación:

Señales de entrada:

- ✓ Señalización de enlace de bajada ensanchada y desaleatorizada.

Variables de entrada:

- ✓ Identificador de UE.
- ✓ Código OVSF para HS-SCCH.
- ✓ Método de modulación para el canal HS-DSCH.
- ✓ Tamaño del bloque de transporte de tráfico de usuario.
- ✓ Número de canales físicos utilizados en la transmisión de tráfico de usuario.
- ✓ Número de proceso HARQ.
- ✓ Indicador de nuevos datos.
- ✓ Versión de redundancia.
- ✓ Identificador de UE.

Señales de salida:

- ✓ Información del método de modulación utilizado en la transmisión de datos de usuario.
- ✓ Información del número de canales físicos utilizados en la transmisión de datos de usuario.
- ✓ TBS en bits.
- ✓ Valor de la RV.
- ✓ Indicador de nuevos datos.
- ✓ Indicador del número de proceso HARQ.

Señales propias de procesos internos:

- ✓ Separación de la información de TFRC y proceso HARQ.

A.4 Evaluación del Modelo

A.4.1 Evaluación de la correcta descripción de variables.

Después de realizar el análisis detallado de las especificaciones y reportes técnicos del R5 del 3GPP, y explorando el procesamiento de las señales y direccionamiento de las mismas, se puede decir que las variables utilizadas en el modelo, satisfacen las necesidades de cada subsistema para la implementación del modelo de simulación a nivel de enlace del sistema total HSDPA.

A.4.2 Evaluación de la complejidad resultante de cada objeto.

Para realizar una correcta evaluación del sistema en general se deben tener en cuenta los módulos y/o subsistemas de los cuales se compone, servicios y atributos que posee, variables e interacción entre ellas. Con esto se puede mencionar que la tecnología HSDPA es muy compleja, ya que cada modulo puede estar conformado por subsistemas específicos, por lo cual estos se han encapsulado mostrando claramente los módulos principales, comportamientos, variables y procesos de interés definidos en los objetos y fines de la simulación.

A.4.3 Evaluación de los objetivos.

El modelo permite visualizar, evaluar y analizar cada uno de los procesos de modulación, codificación además del desempeño obtenido variando diferentes parámetros encontrados en la simulación a nivel de enlace en la tecnología HSDPA.

De acuerdo a lo anterior se concluye que con el modelo de simulación, se pueden cumplir con los objetivos y los fines de la simulación ya que cumple con las especificaciones del 3GPP para los niveles físico y de enlace de datos de HSDPA.

A.4.4 Complejidad del trabajo de grado.

Debido a la alta complejidad del trabajo de grado y las limitaciones de los equipos de cómputo donde se realizará la simulación, se han tomado una serie de medidas que se nombrarán a continuación:

- ✓ El canal de señalización HS-PDSCH el cual indica el ACK/NACK y el CQI se omite, estos datos se envían directamente.
- ✓ El receptor *Rake* es de tipo ideal, y gracias a que el simulador facilita este modulo, se hace uso del mismo.

- ✓ Los datos de usuario son generados internamente por la fuente HARQ, con el fin de evitar que se sobrecargue el simulador, con una fuente de datos externa.
- ✓ La señal de radiofrecuencia se la reemplaza por una señal compleja en banda base. Esto por procesamiento del equipo.