

## **PROPUESTA DE LA HERRAMIENTA SYSTEM VUE CON FINES EDUCATIVOS PARA MEDICIONES DEL ESTÁNDAR LTE**

**Diamila Rosa de la Teja<sup>1</sup>, María del Carmen Guerra Martínez<sup>2</sup>, Noelia del Pilar Calderin Deliz<sup>3</sup>, Daylin Hernandez Faget<sup>4</sup>**

1GEC CARACOL, MINTUR, Calle 1ra Esq. 20, Miramar, Playa, 2CUJAE, Calle 114 No. 11901 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, 3MIC, Plaza de la Revolución, 4COPEXTEL, Vía Blanca y Muralla, Guanabacoa  
1dellateja.75@gmail.com, 2mcguerra@electrica.cujae.edu.cu, 4daily@dste.copextel.com.cu

### **RESUMEN**

Con el objetivo de realizar pruebas en el área de las comunicaciones inalámbricas, se desarrolla por los especialistas de la compañía Agilent Technologies la aplicación System Vue. Este trabajo propone utilizar esta herramienta con fines educativos, en escenarios universitarios y técnicos. La superioridad de esta aplicación radica, en su capacidad de responder en tiempos menores a las pruebas realizadas para estándares, para ello utilizaremos como pretexto el estándar LTE (Long Term Evolution) desarrollado por la Asociación de Proyecto de 3ra Generación (3GPP), teniendo en cuenta el impacto de esta tecnología a nivel mundial.

Se analizará brevemente las tecnologías competidoras para el estándar LTE por ser su implementación parte de la herramienta de diseño, abordando aspectos importantes de las técnicas de transmisión usadas en la capa física del estándar OFDMA (siglas de Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-OFDMA, (siglas de Single Carrier- OFDMA) para simular a partir de uno de los módulos de ejemplo el tratamiento del parámetro Factor de Cresta (PAPR) comparando la forma en que MATLAB lo implementa, por ser esta una de las herramientas mas usadas en el ámbito de las investigaciones y desarrollo para el sector de las radio comunicaciones.

**PALABRAS CLAVES:** Estándar LTE, 3GPP, System Vue, OFDMA, SC-OFDMA, PAPR.

### **PROPOSAL FOR EDUCATIONAL SYSTEM VUE TOOL FOR MEASURING THE LTE STANDARD**

#### **ABSTRACT**

With the goal of testing in the wireless communication area the specialists of the Agilent Technologies company developed the System Vue application. This paper proposes to use this tool for educational, academic and technical scenarios. The superiority of this application lies in its better response times for the standard tests; we will use as an excuse the LTE (Long Term Evolution) standard developed by the Association of 3rd Generation Project (3GPP), taking into account the impact of this technology worldwide.

It briefly discuss competing technologies for the LTE standard as being part of the implementation design tool, addressing important aspects of the techniques used in the transmission physical layer standards OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC- OFDMA (Single Carrier-OFDMA) to simulate the treatment parameter Crest Factor (PAPR) from one of the modules comparing how MATLAB implements it.

**KEY WORDS:** Standard LTE, 3GPP, System Vue, OFDMA, SC-OFDMA, PAPR.

## INTRODUCCIÓN

El estándar LTE o Evolución a Largo Plazo surge con el fin de estandarizar todos los servicios de redes, esto incluye la voz sobre el Protocolo de Internet (IP). Pero no solo un estudio adecuado del estándar permitirá la planificación y despliegue de redes LTE fijas y móviles, también será necesario conocer aplicaciones que permitan de forma ágil realizar pruebas y mediciones en tiempos cada vez menores.

La estandarización es la clave para aunar recursos, siendo procesos costosos debido al tiempo para el desarrollo de los mismos y los esfuerzos por parte de quienes se involucran en la actividad. Estos requisitos deben satisfacer el diseño del sistema en su etapa de verificación y posteriormente su puesta a punto. Una de las aplicaciones más difundidas en los escenarios universitarios de ingeniería, es el MATLAB de la compañía Mathworks, sin embargo en la actualidad la herramienta System Vue ha alcanzado gran difusión para simulaciones y pruebas de comunicaciones orientadas a redes LTE.

El estándar LTE posiblemente sea el punto de partida para el avance en el campo de la Internet móvil, ya que incluye diversas prestaciones que hacen posible por ejemplo lograr transmisiones de datos a más de 300 metros, permite la transmisión de videos en alta definición, mediante la utilización de la tecnología OFDMA, siglas de Orthogonal Frequency Division Multiple Access. Desde finales del año 2009, una gran cantidad de ciudades del mundo se han volcado hacia la utilización del LTE como plataforma para las comunicaciones móviles, aunque por el momento sólo se espera un mayor avance en su utilización a nivel mundial [1].

### 1. LOS INICIOS DEL ESTANDAR LTE

-Primera generación de telefonía móvil (1G): fue puramente analógica.

Tipo de modulación que usada: FDMA (Acceso Múltiple por División en Frecuencia).

- Segunda generación (2G): totalmente digital se hizo oficial alrededor de 1990

Las tecnologías predominantes fueron:

- GSM (Global System for Mobile System), IS- 136.
- CDMA (Code Division Multiple Access)
- PDC (Personal Digital Communication)

- Segunda generación y media (2.5G): marca el surgimiento de nuevos estándares y es un paso anterior casi obligatorio para los operadores que desean migrar a la 3G. La misma permite migrar a tecnologías como:

- GPRS (Sistema General por Paquetes de Radio)
- HSCSD (High Speed Circuit Switched)
- EDGE (Enhance Data Rates for Global Evolution)
- UMTS/HSDPA (Universal Mobile Telecommunications System) / (High Speed Packet access).

En resumen según las diferentes interfaces de radio utilizadas se pueden agrupar las tecnologías móviles como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Resumen tecnologías inalámbricas

Interfaz radio	Tecnologías	Observaciones
TDMA	GSM, GPRS, EDGE, TIA/EIA-136 TDMA	Primera tecnología digital, mayor penetración en telefonía GSM. Nuevas mejoras para el diseño GSM/EDGE
CDMA	CDMA2000 1Xrtt, CDMA2000 EV-DO, WCDMA, HSPA, HSPA+, IEEE 802.11b	Base para casi todas las nuevas redes 3G. Alcanza un grado mayor de experiencia, eficiente, domina la amplia gama de sistemas inalámbricos para el resto de esta época.
OFDM/OFDMA	IEEE 802.16/WiMAX, 3GPP LTE, IEEE 802.11a/g/n, IEEE 802.20, 3GPP2 UMB	Mayor ancho de banda, eficiente para sistemas de emisión, alta velocidad de transmisión de datos, flexibilidad en la cantidad de espectro utilizado.

### Tecnologías competidoras

Es innegable que GSM, GPRS, EDGE y UMTS dominan las redes mundiales desarrolladas en tecnología celular, no obstante los operadores despliegan otras tecnologías inalámbricas para servir a su vez a redes de áreas metropolitanas como por ejemplo, redes locales. Este es el caso de las tecnologías CDMA2000 del 3GPP2 específicamente de WiMAX. En el programa System Vue también se puede modelar y simular el comportamiento de las mismas.

### Estado del arte del estándar LTE

En la actualidad el estándar LTE ha tenido gran auge en el mundo y en muy corto espacio de tiempo. Por cada año que pasa se duplican los países con redes LTE comerciales operantes, además de comprometerse y pre-comprometerse otro número de operadores (figura 1) [2].

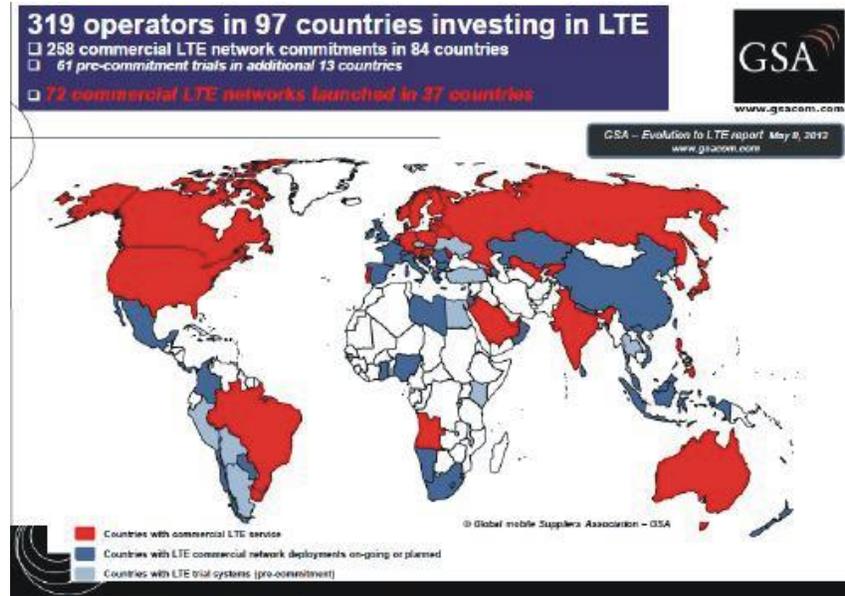


Figura 1: Mapa mundial de desarrollo LTE

Los usuarios finales y los operadores son los más beneficiados con esta tecnología, estos últimos cuentan con tecnologías que permitirán de forma escalonada ampliar y mejorar el diapasón de servicios ofrecidos a sus clientes de forma más eficiente, estos podrán disfrutar de los mismos a precios por debajo de los actuales con calidad de servicio superiores. (QoS: Quality Over Services)

La interfaz radio es uno de los componentes más sensibles para garantizar esta calidad de servicio. Lograr ver el comportamiento de la interfaz es un reto constante para los desarrolladores y diseñadores de estas tecnologías. Por tal razón se resumirán las técnicas de transmisión usadas por el estándar para ejemplificar alguno de sus componentes en System Vue.

## 2. TECNOLOGÍAS DE ACCESO EN LTE. CAPA FÍSICA

En LTE se utilizan dos técnicas de transmisión que permiten reducir la interferencia y aumentar la capacidad de la red:

- OFDMA para el enlace descendente (DL)
- SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) para el enlace ascendente (UP).

En ambos casos los parámetros definidos por el estándar para la separación entre subportadora es de 15 KHz. El número de subportadora varía en función de la canalización del sistema (Tabla 2) [3]

Tabla 2: Canalización en el sistema LTE

Canalización	1,4 MHz	3 MHz	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz
Tamaño FTT	128	256	512	1024	1536	2048
Numero de sub-portadoras disponibles	73	181	301	601	901	1201

Para el enlace descendente se pueden utilizar las modulaciones QPSK (Quadrature Phase Shift Key), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y 64QAM, mientras que para el enlace ascendente solo se usan QPSK y 16 QAM. En función de las capacidades del móvil se podría utilizar 64QAM.

### Modulación OFDMA

La modulación OFDMA surge como una versión OFDM para múltiples usuarios, estandarizado en la Versión 8 y Versión 9 del 3GPP. Básicamente una señal se divide en  $k$  subportadoras con propiedad ortogonal lo que impide que interfieran entre si (figura 2) [4].

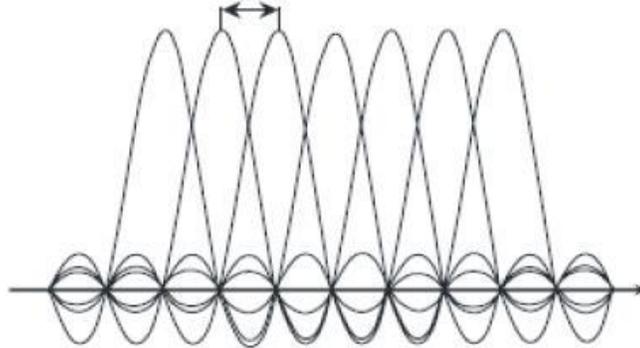


Figura 2: Espectro 6 portadoras ortogonales

OFDMA es una técnica usada en el DL por su característica de permitir altos picos de velocidad de datos sin embargo, por dar lugar a un elevado PAPR (Peak to Average- Power Ratio) de la señal no es usada en el UL pues compromete la eficiencia en potencia y por tanto la vida útil de las baterías.

La aplicación práctica de esta técnica comprende el uso de la transformada Discreta de Fourier (DTF) y la operación inversa para moverse en los dominios del tiempo y la frecuencia (IDFT).

Para evitar la interferencia entre símbolos en OFDMA se usan prefijos cíclicos donde un aspecto importante es el tamaño del mismo. Si es muy pequeño la distorsión multitrayecto no puede ser contrarrestada y si es muy grande reduce la capacidad de procesamiento de datos por lo que se selecciona tomando en cuenta el mayor tiempo de retardo del canal.

La densidad espectral de potencia (PSD) proporciona información sobre la dinámica interna del sistema e identifica si existe periodicidad en la secuencia. Mientras más plana es la PSD de una señal aleatoria mas entropía contiene.

### Modulación SC-OFDMA

SC- OFDMA tiene como características principales ahorro en el uso de amplificadores de potencia en el Equipo de Usuario (UE) y reduce de 2 a 3 dB el PAPR (del ingles, Peak to Average Power Ratio). Este parámetro indica la relación entre la potencia instantánea de la señal transmitida respecto a la potencia media.

SC- OFDMA transmite  $M$  símbolos secuencialmente, cada uno ocupando todo el ancho de banda disponible, con una duración igual a una parte del tiempo del símbolo. Mediante System View se puede

estudiar el comportamiento de estas dos técnicas de modulación usadas en el estándar. A continuación se ofrecerá una introducción de esta aplicación.

### 3. ASPECTOS GENERALES DE SYSTEM VUE

System Vue es una herramienta de la compañía Agilent Technologies para simulaciones y prueba de comunicaciones orientadas a redes LTE, LTE- Avance, HSPA+, DC- HSPDA, MIMO, radio multiestándar y voz sobre LTE junto con soluciones 2G/3G para I + D, fabricación y despliegue.

La versión utilizada para estas simulaciones se corresponde con la 2011.10 y la misma opera en diferentes versiones de Windows (XP SP3, Vista SP1, Windows 7, Windows Server 8) y en plataformas de 32 y 64 bits.

Una vez instalado el sistema consta de un entorno básico formado por un núcleo llamado W1461 SystemVue Communications Architect. Este núcleo consta de una serie de módulos: Entorno de desarrollo, Lenguaje de MATLAB, Lenguaje C++, Bloques de RF, Comunicaciones, DSP, Filtros Digitales e Instrumentos TCP/IP.

Para casos de estudio del estándar LTE, resulta sencillo usar los ejemplos que aparecen en la carpeta "Examples" ubicada en el origen de la instalación. Los mismos brindan una explicación de cada uno de sus componentes y la ubicación que ocupan en las librerías del sistema. En los casos que el componente aparezca en alguno de los módulos que no forma parte del núcleo del sistema se comenta de forma explícita. La vista principal de la pantalla se ilustra en la figura 3.

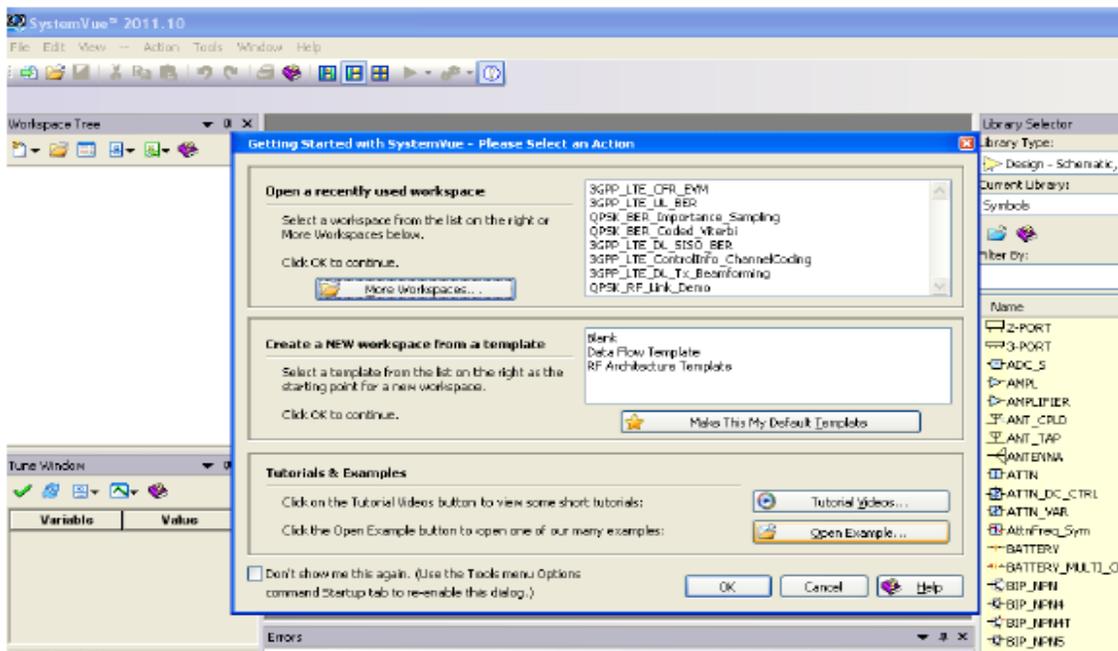


Figura 3: Vista general de System Vue

Seguidamente a modo de ejemplo se verá el algoritmo CFR (Crest Factor Redution) como técnica para reducir el PAPR ( Peak to Average Power Radio) comparándolo con la forma de hacerlo en Matlab.

### Simulación en System Vue algoritmo CFR

La variación de potencia instantánea de una señal transmitida es uno de los aspectos importantes a considerar para la elección de una modulación en un sistema de comunicaciones. Una forma de caracterizar esta variación es mediante el parámetro PAPR que en esencia mide la relación entre la potencia instantánea de la señal transmitida respecto a la potencia media.

Señales con un valor de PAPR grande requieren amplificadores de potencia altamente lineales para evitar la distorsión asociada a la intermodulación. Para las modulaciones multiportadoras como la OFDMA el PAPR se incrementa al aumentar el número de subportadoras empleadas. Existen diferentes técnicas para reducir el PAPR. En este trabajo se utiliza una de ellas basada en un algoritmo e implementada en MATLAB.

System Vue a partir del algoritmo diseñado por el 3GPP propone un algoritmo para eliminar el factor de cresta para el estándar LTE en el enlace descendente. El algoritmo usado es basado en una versión modificada del tratado en el documento "Constrained Clipping for Crest Factor Reduction in Multiple-user OFDM" del evento Radio and Wireless Symposio [5].

El diagrama en bloque del mismo se puede apreciar en la figura 4.

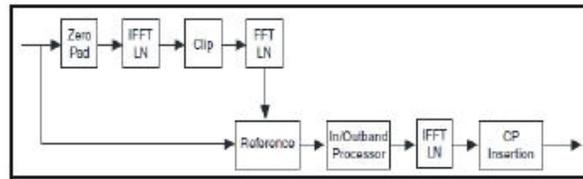


Figura 4: Diagrama en bloque del algoritmo CFR [5].

El esquema en bloque de System Vue para implementar ese algoritmo es el siguiente (figura 5). El nombre dado al programa es 3GPP\_LTE\_CFR\_EVM.

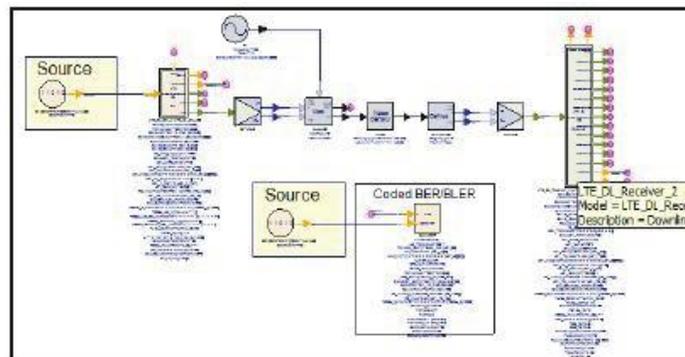


Figura 5: Diagrama en bloque implementado por System Vue para algoritmo CFR.

El diseño consta de 4 diagramas:

- LTE\_DL\_TxSpectrum: mide CCDF (del inglés, función de distribución acumulativa complementaria) sin CFR.
- LTE\_DL\_Clippping: en el dominio del tiempo recorte y mide la CCDF.

- LTE\_DL\_CFR\_EVM: implementa el algoritmo CFR y mide la CCDF, y la magnitud del vector error (EVM)
- LTE\_DL\_CFR\_BER: Mide el BER/FER con el algoritmo CFR.

Los gráficos obtenidos se corresponden con los parámetros por defecto de la simulación (Figuras 6-9). Los mismos pueden ser modificados para obtener simulaciones acorde a los datos ingresados. Para ello solo se debe agregar a la ventana de afinación el parámetro.

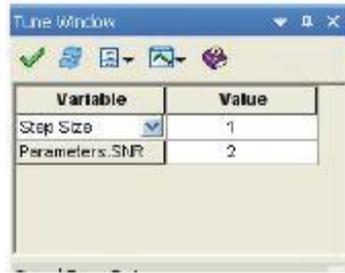


Figura 6: Ventana de variación de parámetros en System Vue.

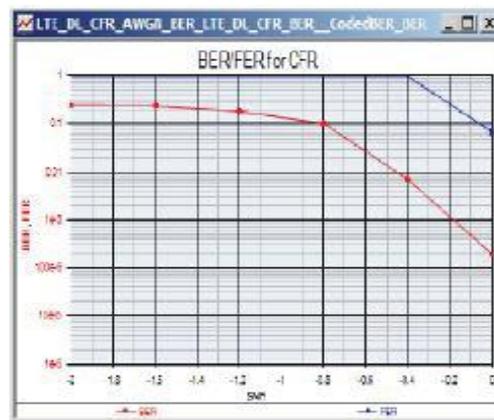


Figura 7: Relación BER/FER para señal LTE

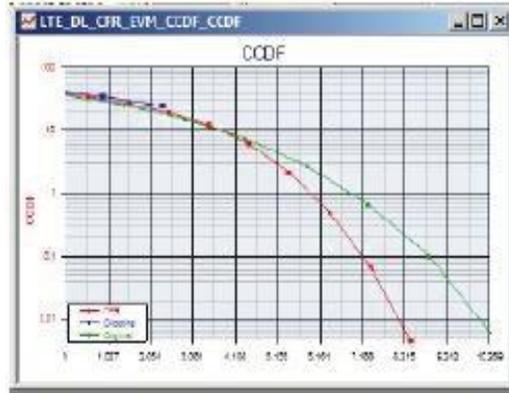


Figura 8: Gráfico de CCDF para enlace DL en LTE

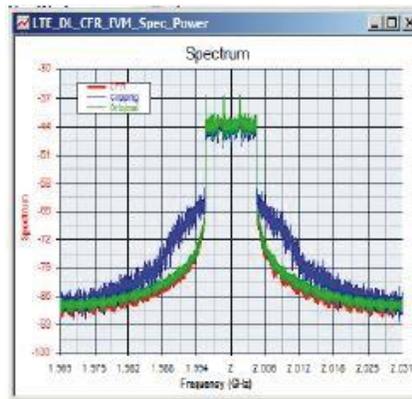


Figura 9: Gráfico de CFR para enlace DL en LTE

### Simulación en MATLAB algoritmo CFR

Para implementar el algoritmo en MATLAB se necesita tener instalado, alguna versión de esta aplicación. Para el ejemplo se utilizó la ver R20006B, con los módulos Signal Processing Toolbox,/ Blockset, Matlab Fixed Point Toolbox/ Blockset y Quartus II ver 7.2 para sintetización del diseño. Seguidamente se ejecuta el diseño y se instala en la ubicación que se desee. Se recomienda consultar la referencia [5] donde se explica la simulación en MATLAB. Las gráficas obtenidas se muestran en la figura 10 [5].

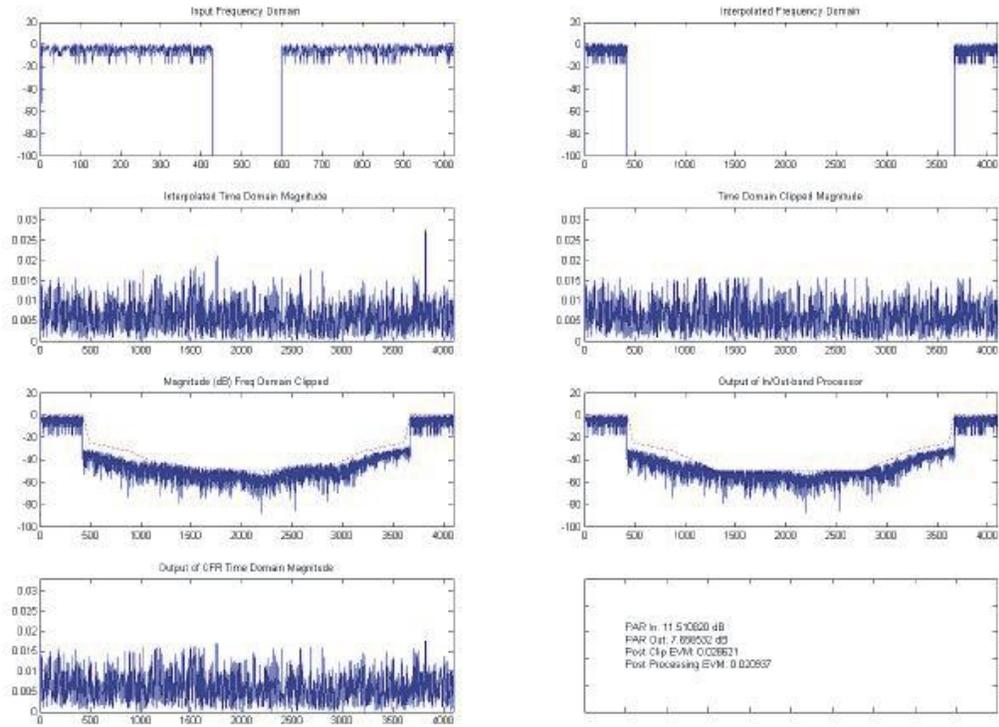


Figura 10: Gráfico de CFR para enlace DL en LTE en MATLAB

## CONCLUSIONES

El conocimiento del Estándar LTE (Long Term Evolution) puede ser estudiado mediante la herramienta propuesta en el presente artículo. La integración de calidad, equidad y los niveles de acceso que permite, hacen de esta herramienta una alternativa para el desarrollo del conocimiento en el sector de las radiocomunicaciones.

Para comprender el desarrollo de los estándares y su aplicación resulta también conveniente el estudio de tecnologías relacionadas, y las aplicaciones implementadas.

En los últimos años una gran cantidad de ciudades del mundo se han volcado hacia la utilización del LTE como plataforma para las comunicaciones móviles, aunque por el momento sólo se espera un mayor avance en su utilización a nivel mundial. El uso de esta herramienta como parte del proceso docente, facilita la autogestión del conocimiento, logrando unir voluntades para llevar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas a la práctica de los laboratorios, elementos que deben distinguir a un profesional de nuestro tiempo, integrando la innovación la tecnología y el desarrollo social.

## **Referencias**

1. Artículo disponible en Web: <http://www.informatica-hoy.com.ar/redes-inalambricas-wifi/LTE-evolucion-3G.php>. Consultado en octubre 2012.
2. Mapa Mundial LTE. 2012. Disponible en Web: <http://www.gsacom.com>. Consultado en junio 2012.
3. ROSA, Diamila. "LTE: Evolución a largo plazo". Tesis de maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana, 2012.
4. GLISIC, S. D; "Advanced Wireless Networks 4G" John Wiley & Sons. 2006,
5. Artículo disponible en web: <http://oa.upm.es/3551/>. Consultado en junio 2012