

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA ELECTRÓNICA**

**TEMA:
REDUCCIÓN DEL PAPR EN SEÑALES MULTIPORTADORAS UPMC
MEDIANTE TÉCNICAS DE CLIPPING Y SELECTIVE MAPPING
UTILIZANDO USRPS COMO TRANSCEIVER**

**AUTORA:
MARÍA TERESA SALAZAR CALI**

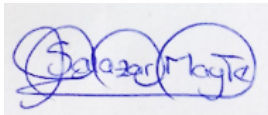
**TUTOR:
MILTON NAPOLEÓN TIPÁN SIMBAÑA**

Quito, febrero del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, María Teresa Salazar Cali con documentos de identificación N°0604121285, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación, intitulado: “REDUCCIÓN DEL PAPR EN SEÑALES MULTIPORTADORAS UPMC MEDIANTE TÉCNICAS DE CLIPPING Y SELECTIVE MAPPING UTILIZANDO USRPS COMO TRANSCEIVER”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



María Teresa Salazar Cali


CI: 060412128-5

Quito, febrero de 2019.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico, “REDUCCIÓN DEL PAPR EN SEÑALES MULTIPORTADORAS UFMC MEDIANTE TÉCNICAS DE CLIPPING Y SELECTIVE MAPPING UTILIZANDO USRPS COMO TRANSCEIVER” realizado por María Teresa Salazar Cali, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2019.



Milton Napoleón Tipán Simbaña

CI: 171358312-6

REDUCCIÓN DEL PAPR EN SISTEMAS MULTIPORTADORAS UFMC MEDIANTE TÉCNICAS DE CLIPPING Y SELECTIVE MAPPING UTILIZANDO USRPS COMO TRANSCEIVER

PAPR REDUCTION IN UFMC MULTICARRIER SYSTEMS BY CLIPPING AND SELECTIVE MAPPING TECHNIQUES USING USRPS AS TRANSCEIVER

María Teresa Salazar Cali¹, Milton N. Tipán²

Resumen

La comparación de técnicas de recorte clásico, suave y de mapeo selectivo fueron implementadas sobre una señal UFMC en sistemas SDN. Los resultados del análisis estadístico mediante la función de distribución acumulada complementaria no muestran diferencias significativas entre las técnicas de recorte clásico y de mapeo selectivo que alcanzan una reducción del PAPR de aproximadamente 0.35 dB para una probabilidad de 10^{-4} .

Palabras Clave: PAPR, Técnicas de Recorte, técnicas de Reducción, UFMC

Abstract

The comparison of classical, smooth and selective mapping techniques were implemented on a UFMC signal in SDN systems. The results of the statistical analysis using the complementary cumulative distribution function show no significant differences between the classical clipping and selective mapping techniques that achieve a PAPR reduction of approximately 0.35 dB for a probability of 10^{-4} .

Keywords : PAPR, Cutting Techniques, Reduction techniques, UFMC

¹ Estudiante de Ingeniería Electrónica – Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador
Correo electrónico: msalazarc1@est.ups.edu.ec

² Docente, esta con el grupo de investigación GIETEC de la Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador
Correo electrónico: mtipans@ups.edu.ec

1. Introducción

La tecnología 5G es la nueva evolución de las tecnologías inalámbricas de cuarta generación, esta permitirá alta velocidad de transmisión de datos, tecnologías de acceso inalámbrico heterogéneas y la variedad de requisitos de calidad de servicio (Quality of Service, QoS), esto hace compleja la administración de la red. Para ello se consideran las redes definidas por software (Software Define Networking, SDN) que facilitan la administración de la red reduciendo significativamente el desarrollo y la puesta en marcha de nuevos estándares que se pueden ajustar a patrones de tráfico variables en estas nuevas redes las cuales son soportadas por radios definidos por software (Software Defined Radio, SDR) [1].

Se espera que el tráfico generado por 5G tenga características y requisitos muy diferentes en comparación con la tecnología inalámbrica actual basada en la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Para alcanzar aquello varias formas de onda han sido propuestas entre ellas los sistemas filtrados multiportadoras universales (Universal Filtered MultiCarrier, UFMC) [2][3].

Uno de los problemas que presenta la señal UFMC es el alto valor de relación de potencia pico con la potencia promedio (Peak to Average Power Ratio, PAPR), que cuantifica los picos de potencia de la señal. Si estos picos de potencia llegan a ser altos causarían distorsión de la señal debido a que el amplificador de potencia del transmisor estaría trabajando en la zona no lineal. Para mitigar esto, varias técnicas para reducir y el PAPR se han propuesto en los sistemas de multiportadoras como las técnicas de recorte y de selección de símbolos con menor PAPR a transmitir [4].

En este artículo, se analizan los métodos de recorte clásico (Classic Clipping), recorte suave (Smooth Clipping) y mapeo selectivo (Selected Mapping), para determinar el mejor método de reducción del PAPR para la señal UFMC en un sistema inalámbrico que utiliza SDR [6].

2. Modelo del Sistema UFMC

UFMC es un sistema de multiportadoras que divide a la banda total de la señal en subbandas y cada subbanda contiene un número fijo de subportadoras. En la figura 1 la señal total es dividida en n subbandas las cuales son moduladas independiente. Después de la modulación los símbolos pasan por un convertidor de serie a paralelo y realizar la transformada de Fourier inversa (IFFT) de N puntos.

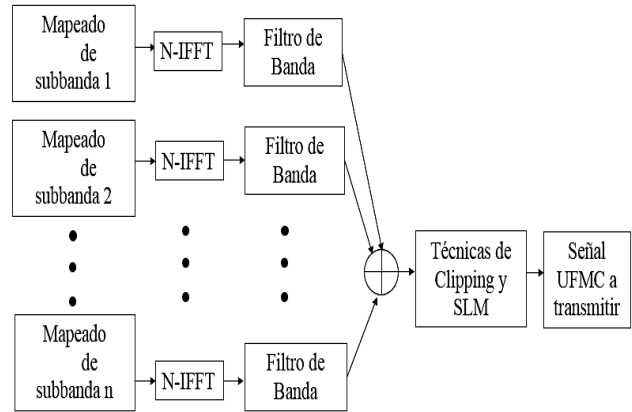


Figura 1. Diagrama de Bloques del Trasmisión UFMC

La señal en dominio del tiempo de una subbanda se expresar con la ecuación 1 [7]:

$$r(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=0}^{N-1} B_j \cdot e^{j2\pi jt/N}, 0 \leq t \leq T - 1 \quad (1)$$

Donde T es el número de periodos que tiene la señal, B_j es el símbolo en la k-esima subportadora y j es el número total de subportadoras de una subbandas.

La señal $r(t)$ pasa por el convertidor paralelo a serie, y estos a su vez ingresan al filtro Chebyshev, el mismo que presenta un mejor rendimiento en el dominio de la frecuencia para minimizar las transmisiones fuera de banda. Por ultimo son sumadas las sub-bandas para lograr la señal total de UFMC en el dominio del tiempo y es expresada en la ecuación 2[8].

$$f(t) = \sum_{i=1}^s r_i(t) \quad (2)$$

Donde s es el número total de subbandas.

2.1. Relación de la Potencia Pico con la Potencia Promedio (PAPR)

PAPR es una medida de la calidad de la señal transmitida, entre más alto sea su valor de pico, más errores se generará, debido a que estos altos valores hacen que el amplificador de alta potencia (High Power Amplifier, HPA) opere cerca de la región de saturación [9]. El cálculo del PAPR se obtiene relacionado el valor de potencia pico y el valor de potencia promedio, y se puede definir según la ecuación 3[5]:

$$PAPR = \frac{|\max f(t)|^2}{\frac{1}{T} \sum_0^{T-1} f(t)^2}; \quad 0 \leq t \leq T - 1 \quad (3)$$

Si se desea mejorar la eficiencia del HPA y reducir la distorsión no lineal, se utiliza métodos de reducción o de recorte de PAPR.

2.2. Técnica de Recorte Clásico (CC)

Esta técnica adecua la señal en dicho nivel y los valores que sobrepasan un cierto nivel los recortar. La función de recorte clásico está definida en como se muestra en la ecuación 4 [6]:

$$f(v) = \begin{cases} v, & v \leq R \\ R, & v > R \end{cases} \quad (4)$$

Donde v es la parte absoluta de la señal a recortar y R es el nivel de recorte.

2.3. Técnica Recorte Suave (SC)

Esta técnica permite reducir las distorsiones, al realizar un recorte con menos profundidad y se define en la ecuación 5[6]:

$$f(v) = \begin{cases} v - \frac{1}{l} v^3, & v \leq \frac{3}{2} R \\ R, & v > \frac{3}{2} R \end{cases} \quad (5)$$

Donde v es la señal antes de recortar, $f(v)$ es la señal después de recortar, R es nivel de recorte y l es un valor fijo, de acuerdo a la ecuación 6:

$$l = \frac{27}{4} R^2 \quad (6)$$

2.4. Técnica Mapeo Selectivo (SLM)

SLM es una técnica que reduce el PAPR que toma los V símbolos modulados digitalmente y son multiplicados por la matriz $M^{(i)}$ de vectores de fase formado por la matriz de Riemann, dando bloque de datos modificados en frecuencia $v^{(i)}$, generados mediante la ecuación 7 [7].

$$v_{(u)}(t) = \sum_{k=0}^{k=N-1} V_k B_{u,k} e^{j2\pi k \Delta f t}, \quad 0 \leq t \leq NT \quad (7)$$

Donde $u = 1, 2, 3, \dots, U$ y N es el número de sub-portadoras y de la longitud de la señal u .

Estos N símbolos modificados son usados en la generación de las subbanda U-FMC $v^{(i)}$, de las cuales se elige la que tiene el menor PAPR y es está, la que se usa como subbanda para la generación de la señal U-FMC a transmitir, esto es mostrado en la Figura 2 [7].

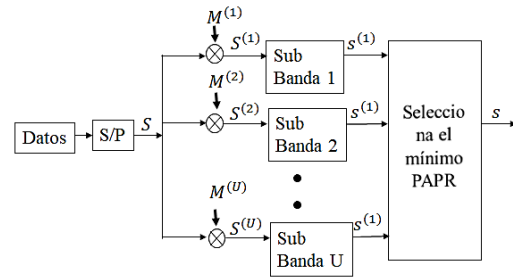


Figura 2. Diagrama de Bloques de SLM

La matriz de Riemann se obtiene eliminando la primera fila y la primera columna de la matriz M , donde 8 [7]:

$$M(x, y) = \begin{cases} i - 1 & \text{si } x \text{ divide } y, \\ -1 & \text{de otra manera.} \end{cases} \quad (8)$$

Usando la ecuación (8), Matriz Riemann (M) de orden N :

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 4 \end{bmatrix}_N$$

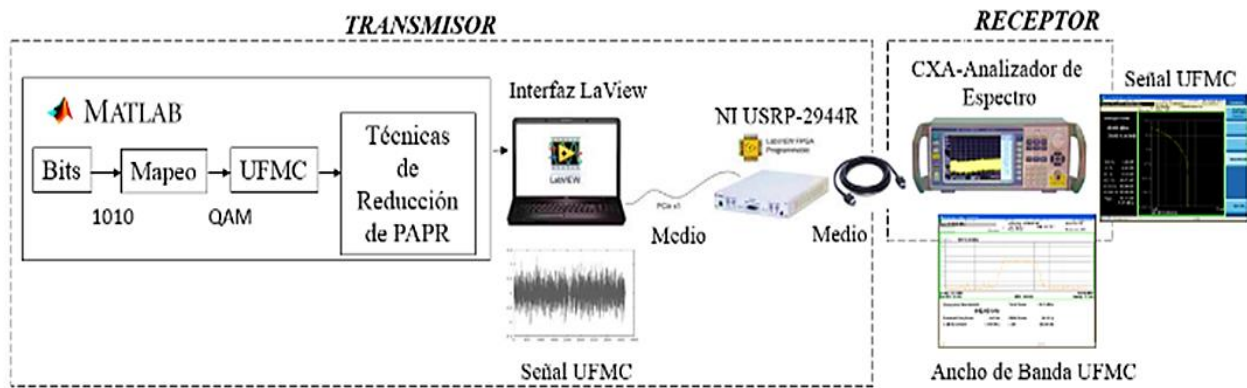


Figura 3. Diagrama de la configuración experimental del transmisión UPMC

3. Configuración experimental

Para una señal UPMC con 64 símbolos generados, el valor total de los mismos debe ser v^2 , el mismo que me permite implementar la técnica de mapeo selectivo [10], con modulación 4QAM ya que es inmune al ruido, con 30 sub-bandas que contienen 64 sub-portadoras, cada sub-banda pasa al dominio del tiempo usando IFFT de 2048, a continuación la señal de cada sub-banda pasa por un filtro Chebyshev de longitud 43 [8]. Entonces, se suman todas las subbandas para formar la señal UPMC. Esta señal en banda base fue generada en Matlab®R2016b, entonces en co-simulación Labview es subida a banda pasante usando el SDR USRP 2944-R a una frecuencia de 915 MHz que es una frecuencia de uso libre del espectro radioeléctrico y que es cercana a la banda de LTE. En vista de mantener una transmisión continua sin llenar el buffer del radio una velocidad de muestreo de 1 Msample/s de I/Q ratio fue elegida. Con el fin de analizar su espectro y medir la función de distribución acumulada complementaria (Complementary Cumulative Distribution Function, CCDF) es conectada al analizador Signal Analyzer N9000A en una configuración Back to Back. La Figura 3 muestra la configuración experimental del sistema transmisor de UPMC.

4. Análisis y resultados

Un análisis probabilístico de la señal UPMC fue necesario ya que la probabilidad de aparición de picos en la señal es baja.

Por lo tanto, se procedió a generar todas las combinaciones posibles de los símbolos 4-QAM.

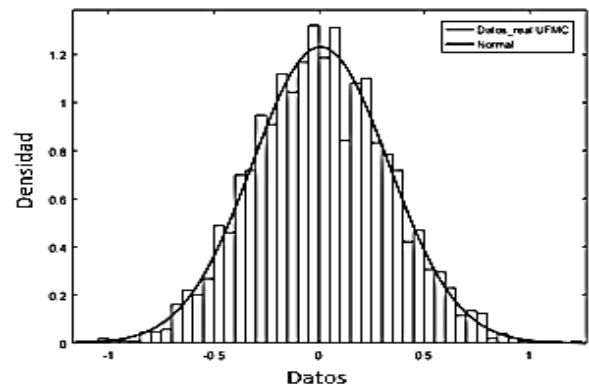


Figura 4. Densidad de Probabilidad de los datos de la señal UPMC parte real

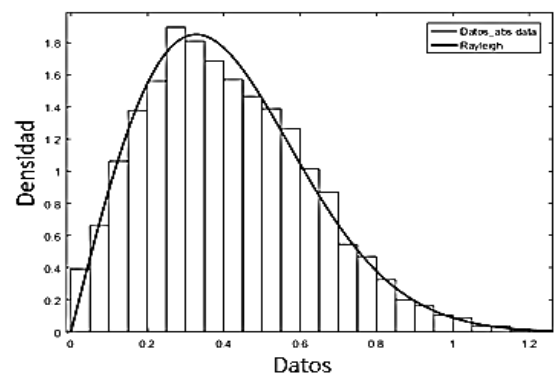


Figura 5. Densidad de Probabilidad de los datos de la señal UPMC parte absoluta.

Del análisis del ajuste de la parte real de la señal se obtuvo una distribución normal con media igual a 0.0074, varianza de 0.104 un comportamiento similar fue observado para la parte imaginaria, estos resultados se indican en la Figura 4.

Para la parte absoluta una distribución de Rayleigh con media 0.410 y varianza de 0.046 fue observada como se muestra en la Figura 5.

Entonces, al aplicar la ecuación 9 el CCDF fue obtenido para cada una de las técnicas, para lo cual se eligió un nivel de recorte de 0.64 V correspondiente al percentil 52 [2][9].

$$CCDF(s) = P_r\{PAPR \geq s\} \quad (9)$$

La Figura 6 muestra el valor del CCDF para las técnicas de recorte clásico y suave, una reducción de aproximadamente 0.33 dB y 0,05 dB respectivamente fueron encontradas a una probabilidad de 10^{-4} , por el número total de 3840 bits de transmisión.

En la figura 6 se muestran las diferentes técnicas aplicadas, separando así la mejor de ellas para luego comparar con la de mapeo selectivo, obteniendo una reducción de 0.35 dB en relación a la señal original UFMC, dando como resultado una disminución de 0.02 dB respecto a la de recorte clásico.

Además, se observa un comportamiento similar entre las técnicas de recorte clásico y mapeo selectivo como se ve en la Figura 7.

Estas medidas fueron consistentes con las co-simulaciones realizadas entre Matlab y Labview lo que permite validar el modelo de simulación de la señal UFMC y las técnicas de reducción del PAPR implementadas.

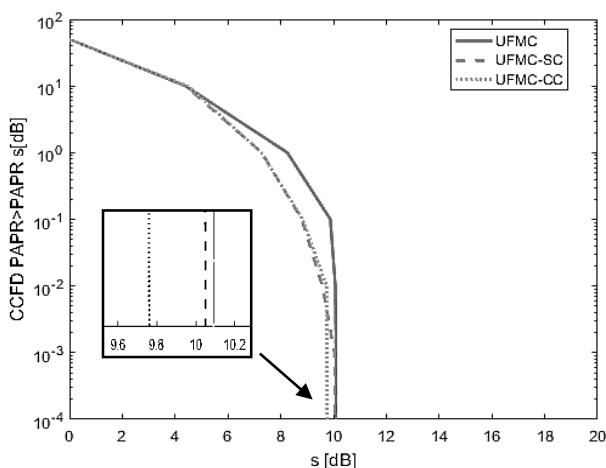


Figura 6. Señal UFMC con las Técnicas Recorte Clásico y Recorte Suave.

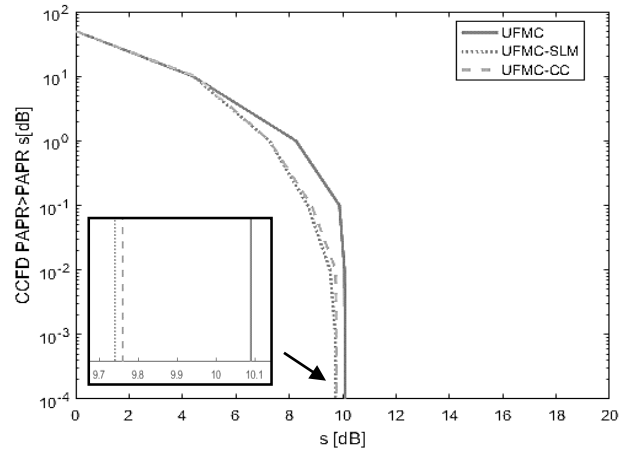


Figura 7. Señal UFMC con Recorte Clásico y Mapeo Selectivo.

Estos resultados son consistentes con la reducción de los picos de potencia de la señal UFMC original (Figura 8a) y cuando se aplica la técnica SLM (Figura 8b).

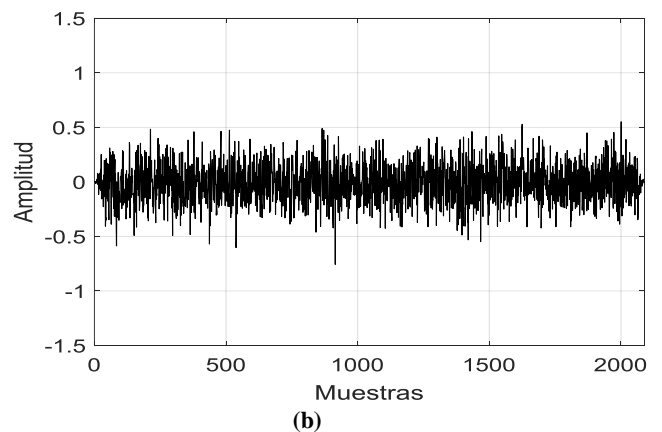
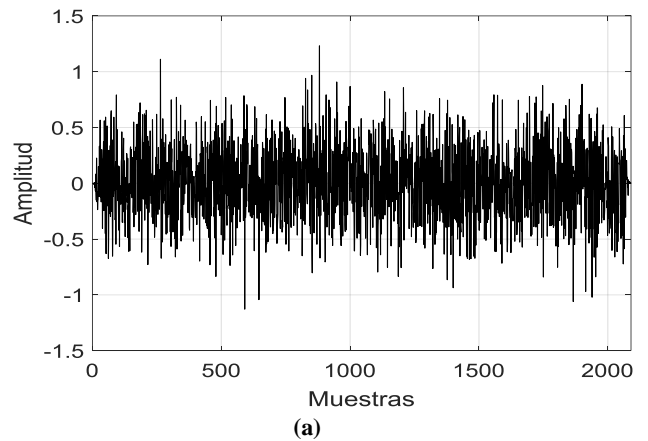


Figura 8. Señal UFMC, (a) Señal original, (b) Señal aplicada técnica de mapeo selectivo.

5. Conclusiones

Se realizó una comparación entre las técnicas de recorte (clásico, suave) y mapeo selectivo para la reducción del PAPR en una señal UFMC. Los resultados muestran una mayor reducción del PAPR con la técnica SLM de aproximadamente 0.35 dB comparada a los 0.33 dB y 0.05 dB de recorte clásico y de recorte suave respectivamente. Por lo tanto, se observa un comportamiento similar entre las dos primeras técnicas debido a que no existe una diferencia significativa en la reducción del PAPR. Esto dará inicio a futuros estudios con otras técnicas que permitan disminuir el PAPR de UFMC.

Referencias

- [1] T. Chen, M. Matinmikko, X. Chen, X. Zhou, P. Ahokangas, "Redes móviles definidas por software: encuesta de concepto e indicaciones de investigación", *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 11 de 2015.
- [2] Milton N. Tipán, Javier Cáceres, Mariela N. Jiménez, Iván N. Cano, Germán Arévalo, «Comparison of Clipping Techniques for PAPR Reduction in UFMC Systems,» *Latincom 2017*, 2017.
- [3] P.Naga Rani. Ch. Santhi Rani, «UFMC: The 5G modulation technique» *IEEE*, 2016.
- [4] Soad . T . Abed, Zena . E . Dallalbashi, Faten . A . Taha ., «Studying The Effect of Window type On Power Spectrum Based On Mat Lab,» *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 2012.
- [5] M. F. R. K. Singh, «An Efficient P APR Reduction Scheme for OFDM System using Peak Windowing and Clipping,» *IEEE*, 2015.
- [6] Sandeep Kumar Vangala, Dr.S.Anuradha, «Overlapped Smart Gradient Projection Tone Reservation PAPR Reduction for FBMC/OQAM Signals,» *IEEE*, 2015.
- [7] V.Sudha, Bhukya Anilkumar, M.S.Samatha, D.Sriram Kumar , «A low-Complexity Modified SLM with New Phase Sequences for PAPR Reduction in OFDM Systems,» *IEEE*, 2015.
- [8] L. A. T. Quilumba, Simulación de la Técnica Constellation Extension de Reducción de la PAPR de los Sistemas OFDM, Quito, 2017.
- [9] Guoguang Chen, Rashid Ansari, Yingwei Yao, «Improved Peak Windowing for PAPR Reduction in OFDM,» *IEEE*, 2009.
- [10] Mohit Chandwani, Arjun Singhal, Naga VishnuKanth «A low Complexity SLM Technique for PAPR reduction in OFDM using Riemann Sequence and Thresholding of Power Amplifier» *IEEE*, 2015.