



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1438>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

***Saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica WI-FI IEEE  
802.11 b/g en la banda 2.4 GHz, Puno, Perú***

***Saturating the electromagnetic spectrum of the wireless network WI-FI IEEE  
802.11 b/g in the 2.4 GHz band, Puno, Perú***

***Saturação do espectro eletromagnético da rede sem fio IEEE 802.11 b / g WI-FI  
na banda de 2,4 GHz, Puno, Peru***

Christiaan Zayed Apaza-Panca <sup>I</sup>  
[christiaan814@gmail.com](mailto:christiaan814@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-2873-4802>

Silverio Apaza-Apaza <sup>II</sup>  
[sapaza44@hotmail.com](mailto:sapaza44@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1279-9342>

Cynthia Milagros Apaza-Panca <sup>III</sup>  
[capaza@unf.edu.pe](mailto:capaza@unf.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0002-5524-2627>

**Correspondencia:** [christiaan814@gmail.com](mailto:christiaan814@gmail.com)

**\*Recibido:** 20 de julio de 2020 **\*Aceptado:** 20 de agosto de 2020 **\* Publicado:** 20 de septiembre de 2020

- I. Magíster Scientiae en Ingeniería Ambiental. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Perú.
- II. Doctoris Scientiae en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Docente Principal de la Universidad Nacional del Altiplano. Perú.
- III. Magíster Scientiae en Economía. Docente Investigador de la Universidad Nacional de Frontera. Perú.

## Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar los niveles de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi de la ciudad de Puno, identificar los parámetros de medición del nivel de uso de la frecuencia y nivel de ruido en el ambiente emitido por los transmisores inalámbricos. El estudio se basó en una investigación de tipo aplicada y diseño experimental, con muestreo no probabilístico e intencional. Se realizó por medio de la implementación de una red de monitoreo, donde se establecieron puntos de monitoreo estratégicamente para luego poder implementar las estaciones de monitoreo. La zona de estudio fue dividida en cuatro zonas de acuerdo a los puntos cardinales, zonas; norte, oeste, este y sur. El estudio da cuenta de los niveles con mayor uso de la frecuencia, siendo la zona oeste en el PMR-19 con 26.1 % (nivel de saturamiento medio), la zona este en el PMR-14 con 22.8 % (medio); la zona norte en el PMR-04 con 22.4 % (medio); y la zona sur en el PMR-09 con 18.2 % (medio bajo). Las zonas con los niveles con menor uso de la frecuencia fueron la zona norte en el PMR-05 con 13.3 % (nivel de saturamiento medio bajo), la zona sur en el PMR-06 con 14.1 % (medio bajo), la zona este en el PMR-11 con 17.7 % (medio bajo) y la zona oeste en el PMR-16 con 21.2 % (medio).

**Palabras Claves:** Espectro; electromagnético; inalámbrica; monitoreo; red; Wi-Fi; saturamiento.

## Abstract

The objective of the study was to determine the saturation levels of the electromagnetic spectrum of the Wi-Fi wireless network in the city of Puno, to identify the parameters for measuring the level of use of frequency and noise level in the environment emitted by wireless transmitters. . The study was based on an applied research and experimental design, with non-probabilistic and intentional sampling. It was carried out through the implementation of a monitoring network, where monitoring points were strategically established to later implement the monitoring stations. The study area was divided into four zones according to the cardinal points, zones; north, west, east and south. The study shows the levels with the highest use of frequency, being the west zone in the PMR-19 with 26.1% (medium saturation level), the east zone in the PMR-14 with 22.8% (medium); the northern zone in the PMR-04 with 22.4% (medium); and the southern zone in the PMR-09 with 18.2% (medium low). The areas with the lowest frequency use were the north zone in the PMR-05 with 13.3% (medium-low saturation level), the south zone in the PMR-06 with

14.1% (medium-low), the east zone in the PMR-11 with 17.7% (medium low) and the western zone in the PMR-16 with 21.2% (medium)

**Keywords:** Spectrum; electromagnetic; wireless; monitoring; net; Wifi; saturation.

## Resumo

O objetivo do estudo foi determinar os níveis de saturação do espectro eletromagnético da rede sem fio Wi-Fi da cidade de Puno, para identificar os parâmetros para medir o nível de uso de frequência e nível de ruído no ambiente emitido por transmissores sem fio. . O estudo baseou-se em pesquisa aplicada e desenho experimental, com amostragem não probabilística e intencional. Foi realizado através da implantação de uma rede de monitoramento, onde foram estabelecidos pontos de monitoramento estrategicamente para posterior implantação das estações de monitoramento. A área de estudo foi dividida em quatro zonas de acordo com os pontos cardeais, zonas; norte, oeste, leste e sul. O estudo mostra os níveis com maior utilização de frequência, sendo a zona oeste no PMR-19 com 26,1% (nível de saturação médio), a zona leste no PMR-14 com 22,8% (médio); a zona norte no PMR-04 com 22,4% (médio); e a zona sul no PMR-09 com 18,2% (médio baixo). As áreas com menor frequência de uso foram a zona norte no PMR-05 com 13,3% (nível de saturação médio-baixo), a zona sul no PMR-06 com 14,1% (médio-baixo), a zona leste no PMR-11 com 17,7% (médio baixo) e na zona oeste no PMR-16 com 21,2% (médio)

**Palavras-chave:** Espectro; eletromagnético; sem fio; monitoramento; internet; Wi-fi; saturação.

## Introducción

Actualmente, la libertad que ofrecen las redes inalámbricas hace que sean las que más proliferan. Además de los nuevos dispositivos, que llevan incorporadas estas tecnologías, en la actualidad la implementación de las redes inalámbricas crece día a día en gran medida. El saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi de la banda 2.4 GHz es uno de los principales problemas especialmente al implementar un enlace inalámbrico de punto a punto o de punto a multipunto, lo que genera inestabilidad y bajo rendimiento de la red inalámbrica Wi-Fi, la razón es la amplia proliferación de equipos inalámbricos como son los modem router inalámbrico y proveedores de servicio de internet inalámbrico que hacen uso de una potencia de transmisión intensa de los equipos inalámbricos. Actualmente el incremento de potencia de los equipos inalámbricos Wi-Fi

802.11 b/g, genera ruido, lo que trae consigo interferencia, baja transmisión de datos y enlaces deficientes, todo esto lo genera las fuentes generadoras de ruido (Barrigón, 2006).

La implementación de una red monitoreo permite medir en forma continua e instantánea o periódica los principales contaminantes en un medio determinado, la cual consta de estaciones de monitoreo debidamente localizadas e instaladas en áreas de influencia determinadas, brindando información en tiempo real (Liza, 2007). Los mapas de saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi son representaciones cartográficas de los resultados de los niveles y parámetros de medición de una determinada zona, estas se realizan utilizando metodologías adecuadas (Molina, 2009). En ese sentido, el estudio tiene como objetivo determinar los niveles de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi de la ciudad de Puno, identificar los parámetros de medición del nivel de uso de la frecuencia y nivel de ruido en el ambiente emitido por los transmisores inalámbricos.

## **Materiales y métodos**

### **Ámbito de estudio**

Se realizó el estudio en la ciudad de Puno, el cual se ubica en las coordenadas geográficas 15°50'15'' latitud sur y 70°01'18'' longitud oeste, a una altitud de 3827 msnm, entre las orillas de la bahía del lago Titicaca.

### **Universo**

El universo estuvo conformado por los 04 puntos cardinales, norte, sur, este y oeste, de la ciudad de Puno.

### **Población**

Estuvieron determinados por 20 puntos de monitoreo ubicados estratégicamente y distribuidos en los 04 puntos cardinales de la ciudad de Puno.

### **Muestra**

Se tomaron como muestra los 20 puntos de monitoreo, distribuidos en los 04 puntos cardinales de la ciudad de Puno, en cada punto cardinal se ubicaron 05 puntos de monitoreo respectivamente ya que esto nos ofrece una mejor distribución de los puntos de monitoreo en la ciudad de Puno.

Para el mapeo cartográfico se tomó como muestra los puntos cardinales, norte, oeste, este y sur, de la ciudad de Puno.

### Método de estudio aplicado

Se efectuó la implementación de la red monitoreo en la ciudad de Puno, en los cuatro puntos cardinales zona norte, oeste, este y sur, distribuidos respectivamente, se ubicaron las estaciones de monitoreo para posteriormente medir en forma instantánea los parámetros, uso de la frecuencia (Frequency Usage) y ruido en el ambiente (Noise Floor) de los dispositivos inalámbricos.

### Técnicas

Se procedió a realizar el monitoreo del espectro electromagnético Wi-Fi, tomando en consideración los métodos y procedimientos referidos al “Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental” y “Protocolo de Monitoreo de la calidad del Aire”, estos protocolos tienen un alcance nacional y han sido diseñados para ser utilizados como base para orientar la adopción de medidas que cumplan con lo establecido, este representa la forma de recolectar los datos de cada punto de monitoreo, ya que en la actualidad no existe un protocolo de monitoreo del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi, siendo estos protocolos los que más se asemejan al proyecto de investigación.

**Tabla 1.** Escalas de medición para los niveles de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica

Frequency Usage (%)	Nivel de Saturamiento	Descripción
0%	Muy Baja	Señal difícil de lograr en la práctica.
5 a 10 %	Baja	Señal con transferencias estables.
10 a 20 %	Media – Baja	Señal estable.
20 a 40 %	Media	Señal medianamente buena, aunque se pueden sufrir problemas con lluvia y viento.
40 a 70 %	Media Alta	Señal aceptable para establecer la conexión.
70 a 100%	Alta	Perdida de la señal para establecer conexión.

Fuente. (MikroTik, 2015)

En la Tabla 1, se muestran las escalas del uso de frecuencia el cual es un indicador de la energía integral de la señal de radio que se está recibiendo, como la calidad y la intensidad según señala refiere (MikroTik, 2015).

Conjuntamente para identificar el saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi, se tiene los niveles de ruido en el ambiente (Noise Floor) el cual se muestra en la tabla 2, con los parámetros de medida (MikroTik, 2015).

**Tabla 2.** Parámetros de ruido en el ambiente (Noise Floor)

<b>Noise Floor (dBm)</b>	<b>Parámetros</b>
<b>-105 dBm</b>	Muy Baja
<b>-100 dBm</b>	Baja
<b>-95 dBm</b>	Media Baja
<b>-90 dBm</b>	Media
<b>-85 dBm</b>	Media Alta
<b>-80 dBm</b>	Alta

**Fuente.** (Mikrotik, 2015).

Los niveles de ruido en el ambiente (Noise Floor), serán determinados en la recolección de datos a través del monitoreo de cada punto. Conjuntamente para identificar la transmisión de potencia de acuerdo a la ley de telecomunicaciones aprobado por decreto supremo N° 027-2004-MTC, se identificó cada nombre del vendedor o fabricante del componente del equipo de transmisión inalámbrico el cual especifica un modelo y la potencia con la cual llega transmitir las ondas electromagnéticas en la banda 2.4 GHz. Todo el procedimiento mencionado se realizó a través del plan de monitoreo.

### **Equipos**

Las mediciones del espectro electromagnético Wi-Fi, se realizaron mediante el uso del analizador espectral que está conformado por los siguientes componentes:

### **Mikrotik RouterBOARD RB 433 – L4**

Cumple la función de punto de acceso inalámbrico universal, integrando tres ranuras Mini-PCI y tres puertos Ethernet que proporcionan opciones de conectividad inalámbrica.

### **Ubiquiti XR2 600 mW Xtreme Range**

La mini PCI Ubiquiti XR2 2,4GHz 802.11 b/g con una potencia de 600 milivatios (mW), se incorpora en la RB 433, la cual está diseñada para emitir y recibir señales inalámbricas en la frecuencia 2,4 GHz.

### **Antena omnidireccional**

La antena exterior omnidireccional de 15dBi cubre un área de 360° a su alrededor. Se conecta esta antena exterior a cualquier dispositivo de red inalámbrica 802,11 b/g que tenga un conector tipo-N.

### **Softwares**

#### **inSSIDer**

inSSIDer es un software libre de escaneo, pero que, además, nos realiza un análisis de espectro de muy buena calidad y en tiempo real, (MikroTik, 2015).

#### **Mikrotik Routeros**

Mikrotik Routeros es el sistema operativo y software libre del router el cual permite escanear las frecuencias y nivel de ruido generado en el espectro electromagnético Wi-Fi, (MikroTik, 2015).

#### **ArcGis version 10.2**

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en versión estudiante en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG, ArcGIS (ArcGIS, 2015).

## **Procedimientos**

### **Establecimiento de las estaciones de monitoreo del espectro electromagnético Wi-Fi en el área de estudio**

Se procedió a implementar los puntos de monitoreo para la recolección de datos de los niveles del espectro electromagnético Wi-Fi por zonas dentro de la ciudad Puno como son zona norte, sur, este, oeste, cada zona comprende 5 puntos de monitoreo ubicados estratégicamente, que en total serían 20 puntos de monitoreo distribuidos en la ciudad de Puno. El estudio se realizó durante las 04 semanas del mes de octubre del año 2012, para luego ser cuantificado los niveles del espectro electromagnético Wi-Fi, existentes en el área de estudio.

### **Ubicación de las estaciones de monitoreo**

Las estaciones de monitoreo para la obtención de datos del espectro electromagnético Wi-Fi se ubicaron en las zonas norte, sur, este, oeste ciudad de Puno, los cuales hicieron como puntos de monitoreo. Para ello se tuvo en cuenta la ubicación estratégica de cada punto de monitoreo y de que no existiera algún obstáculo o apantallamiento que impida la recolección de datos del monitoreo.

Para el establecimiento de las 20 estaciones de monitoreo del espectro electromagnético Wi-Fi se consideraron los siguientes criterios.

- Altura y nivel de las estaciones de monitoreo
- La no existencia de Nodos Wi-Fi cerca del punto de monitoreo
- Características topográficas del área del estudio

### **Mediciones**

Las mediciones del espectro electromagnético Wi-Fi de línea base se registraron por un periodo de 05 minutos con un analizador espectral Mikrotik Rb 433 + XR2 Ubiquiti, con el fin de caracterizar los niveles de saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi en la zona de estudio. Así mismo se registraron los datos de campo tales como características de la zona de medición y existencia de barreras naturales de atenuación del espectro electromagnético Wi-Fi. Al no existir métodos y procedimientos, referidos al monitoreo espectro electromagnético Wi-Fi, se toma como base el “Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental” y “Protocolo de Monitoreo de la calidad del Aire”.

Con la finalidad de obtener muestras representativas de la calidad del espectro electromagnético Wi-Fi del área objeto de análisis, se registraron 04 eventos diarios de 05 minutos por cada punto de monitoreo en el horario diurno y nocturno de la siguiente manera:

Horario Diurno:                    07:01 – 22:00 horas.

Horario Nocturno:                22:01 – 07:00 horas.

### **Frecuencia de monitoreo**

La caracterización de los niveles de contaminación del espectro electromagnético Wi-Fi se realizó mediante una campaña de monitoreo, la cual se desarrolló entre el martes 01 de octubre y el domingo 28 de octubre del año 2012. Se tomaron muestras de 05 minutos a diferentes horas del día con un intervalo de 05 horas, se trató atenuar las variaciones inducidas por el clima del área de



estudio. La frecuencia de monitoreo se realizó los días martes, viernes y domingo durante 4 semanas, por ser días de mayor y menor tráfico de la red inalámbrica, donde por cada semana se registró datos de 5 puntos de monitoreo por cada zona de ubicación de la ciudad de Puno.

### **Diseño estadístico**

El experimento fue conducido bajo un diseño estadístico de bloque completamente al azar con un arreglo factorial de 4 (zonas) x 2 (horarios), con un total de 8 tratamientos, conducidos bajo tres repeticiones (días), haciendo un total de 24 observaciones.

El modelo para un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo que:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta observada o medida en la  $ijk$  - ésima unidad experimental.

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$  - ésimo nivel del factor "A".

$\beta_j$  = Efecto del  $j$  - ésimo nivel del factor "B".

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el  $i$  - ésimo nivel del factor "A" y el  $j$  - ésimo nivel del factor "B".

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$  - ésimo bloque.

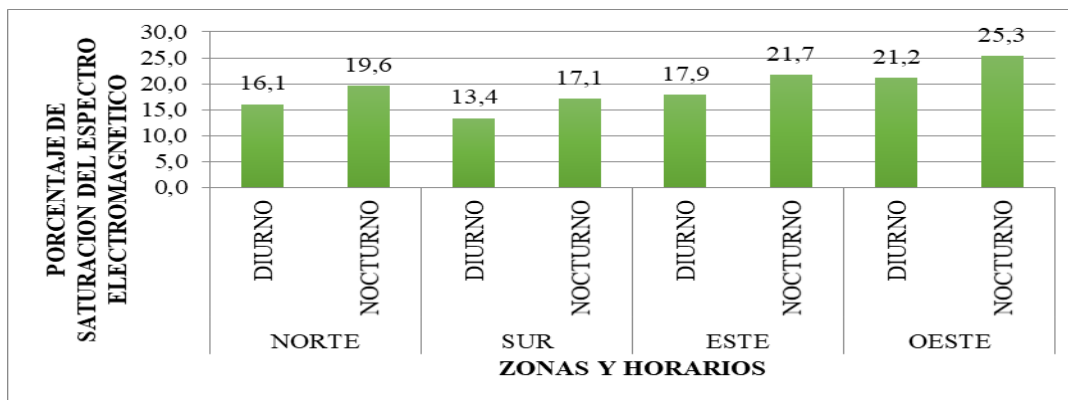
$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$  - ésima unidad experimental.

### **Resultados y discusión**

Las zonas el horario nocturno se tiene mayor porcentaje de saturación del espectro electromagnético, destacando la zona oeste en el horario nocturno con 25.3%, le sigue la zona este con 21.7%, el más bajo se encuentra en la zona sur con 17.1%. Respecto al horario diurno, en la zona oeste se presenta un 21.2%, le sigue 17.9% de la zona este y el más bajo es en la zona sur con 13.4%.

## Porcentaje de saturación del espectro electromagnético por zonas y horarios de la ciudad de Puno

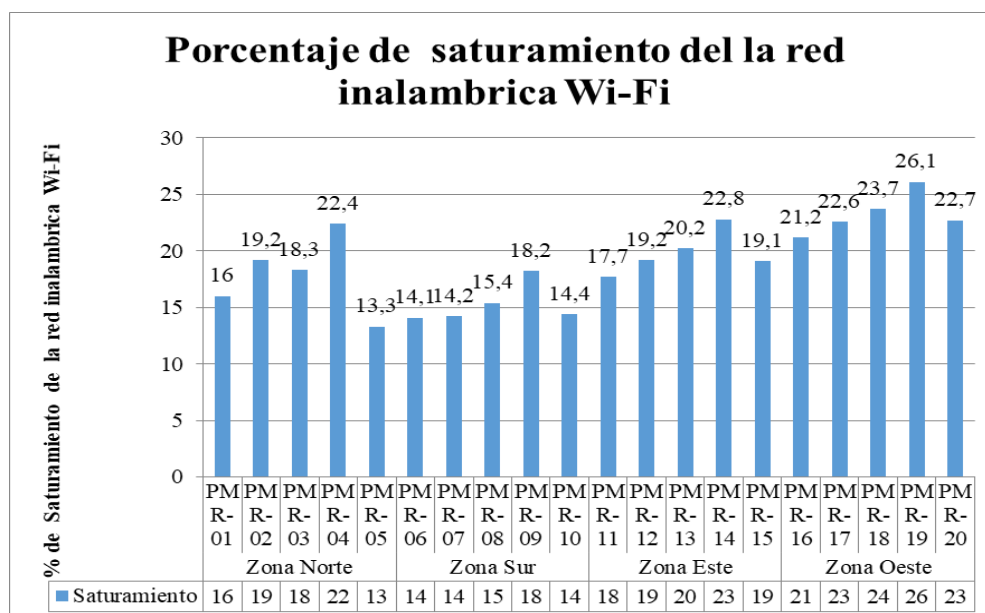
Figura 1. Porcentaje de saturación del espectro electromagnético por zonas y horarios de la ciudad de Puno.



En la figura 1, se muestran los porcentajes de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi, de los puntos de monitoreo, ubicados en cada zona correspondiente.

## Porcentaje de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi del uso de frecuencia de los puntos de monitoreo

Figura 2. Porcentaje de saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica Wi-Fi del uso de frecuencia de los puntos de monitoreo.

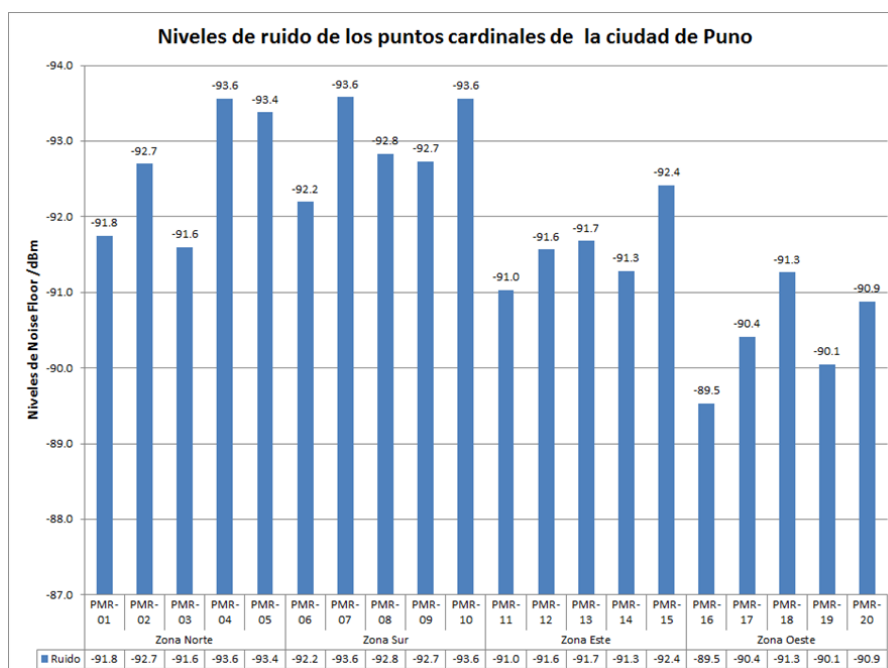


En la figura 2, se muestra que el mayor porcentaje de saturamiento de la red inalámbrica Wi-Fi, pertenece al punto de monitoreo PMR-19 con 26.1 % el cual se ubica en la zona oeste, así como también el menor porcentaje pertenece al punto de monitoreo PMR-05 con 13.3 % el cual se ubica en la zona norte, de la ciudad de Puno.

Los niveles de ruido en el ambiente (Noise Floor) de los puntos de monitoreo, ubicado en puntos cardinales de la ciudad de Puno.

### Niveles de ruido en el ambiente (Noise Floor) de los puntos de monitoreo de la ciudad de Puno

**Figura 3.** Niveles de ruido en el ambiente (Noise Floor) de los puntos de monitoreo de la ciudad de Puno.

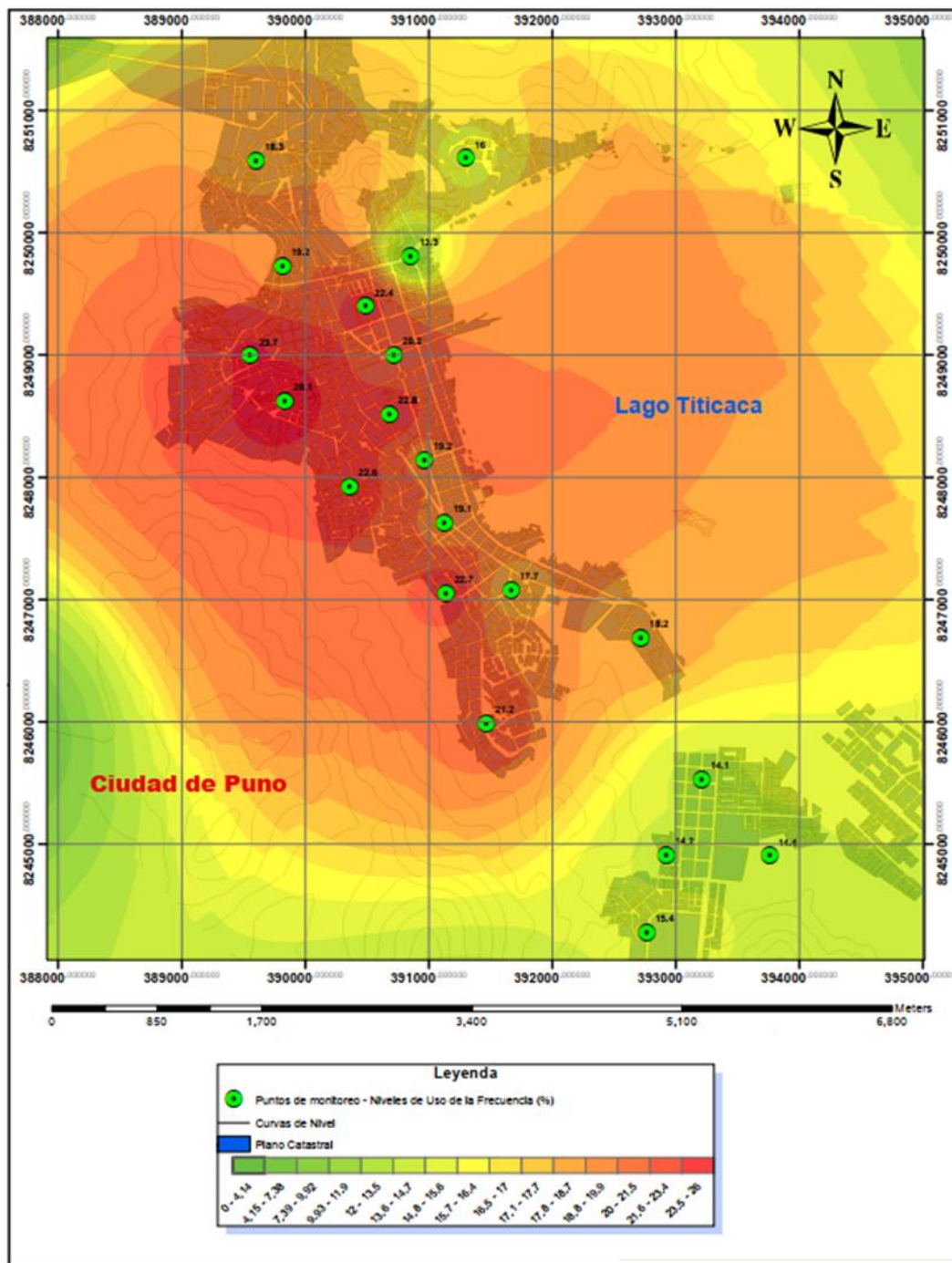


De acuerdo a los resultados de los parámetros de medición, se muestra que el mayor nivel de ruido en el ambiente se presenta en la zona oeste y el menor ruido en el ambiente se presenta en la zona sur de la ciudad de Puno.

Los niveles resultantes del uso de frecuencia del espectro electromagnético Wi-Fi 2.4 GHz, de la ciudad de Puno, 2012. Los mapas de dispersión de saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi de los escenarios generados, se presentan gráficamente de cada color, esto es para una mejor interpretación de los resultados.

Saturamiento del espectro electromagnético de la red inalámbrica WI-FI IEEE 802.11 b/g en la banda 2.4 GHz,  
Puno, Perú

Figura 4. Mapa de niveles de frecuencia del espectro electromagnético Wi-Fi 2.4 GHz, de la ciudad de Puno.



## Conclusiones

Los niveles con mayor uso de la frecuencia (Frequency Usage) se identificaron en las siguientes zonas: zona oeste en el PMR-19 con 26.1 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media, seguida de la zona este en el PMR-14 con 22.8 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media, así como también la zona norte en el PMR-04 con 22.4 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media y por último la zona sur en el PMR-09 con 18.2 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media baja.

Se identificaron los niveles con menor uso de la frecuencia (Frequency Usage) de las siguientes zonas: zona norte en el PMR-05 con 13.3 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media baja, seguida de la zona sur en el PMR-06 con 14.1 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media baja, así como también la zona este en el PMR-11 con 17.7 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media baja y por último la zona oeste en el PMR-16 con 21.2 % el cual se identificó con un nivel de saturamiento media.

Los niveles con mayor ruido en el ambiente (Noise Floor) registrados, se identificaron en las siguientes zonas: zona oeste en el PMR-16 con -89.6 dBm el cual se determina como nivel de ruido media alta, seguida de la zona este en el PMR-11 con -91 dBm el cual se determina como nivel de ruido media, así como también la zona norte en el PMR-03 con -91.6 dBm el cual se determina como nivel de ruido media y por último la zona sur en el PMR-06 con -92.2 dBm el cual se determina como nivel de ruido media.

Asimismo, se identificaron los niveles con menor ruido en el ambiente (Noise Floor) de las siguientes zonas: zona norte en el PMR-04 con -93.6 dBm el cual se determina como nivel de ruido media, seguida de la zona sur en el PMR-07 y PMR-10 con -93.6 dBm el cual se determina como nivel de ruido media, así como también la zona este en el PMR-15 con -92.4 dBm el cual se determina como nivel de ruido media y por último la zona oeste en el PMR-18 con -91.3 dBm el cual se determina como nivel de ruido media.

## Recomendaciones

Se recomienda realizar un mayor número de campañas de monitoreo con el propósito de lograr mejor exactitud en los resultados. Para futuras investigaciones es recomendable realizar el

monitoreo en temporadas libres de precipitaciones pluviales para que los datos sean homogéneamente idénticos.

Proponer una ordenanza municipal para que se erradiquen los dispositivos inalámbricos que generan el saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi de la ciudad de Puno.

Realizar un modelamiento de predicción a futuro del saturamiento del espectro electromagnético Wi-Fi de la ciudad de Puno, con los datos obtenidos del estudio efectuado.

## Referencias

1. Aponte, G., Escobar, A., Pinedo, C., & Arizabaleta, G. (2007). Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Cali, Colombia. *Información Tecnológica*, 18(3), 39-47. doi:10.4067/s0718-07642007000300006
2. ArcGIS. (10 de Enero de 2015). ArcGIS Resource Centers. Obtenido de <http://resources.esri.com/arcgisserver/ adf/dotnet/index.cfm?fa=home>
3. Barrigón, M. (2006). Mapa de ruido de la ciudad de Badajoz mediante la aplicación de métodos matemáticos predictivos. *Revista Tecniacustica*.
4. Cárdenas Villavicencio, O. E., Molina Ríos, J., Morocho Román, R. F., Novillo Vicuña, J., & Moreno Sotomayor, G. (2017). Estudio entre las tecnologías WIFI-LIFI en la optimización del servicio de internet. *Journal of Science and Research Revista Ciencia e Investigación*, 2(8), 50-53. doi:<https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss8.2017pp50-53>
5. Gómez R., C., & Pedraza, L. (2018). Ubicación de dispositivos móviles en ambientes interiores por medio de análisis de radiación de redes WiFi y deformaciones de campo magnético Ingeniare. *Revista Chilena de Ingeniera*, 26(2), 203-212.
6. Liza, L. (2007). Diseño de una red local inalámbrica utilizando un sistema de seguridad basado en los protocolos wpa y 802.1x para un complejo hotelero [Tesis de pregrado]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
7. MikroTik. (15 de Enero de 2015). Wireless Client and Wireless Access Point Manual. Obtenido de <https://mikrotik.com/testdocs/ros/2.9/interface/wireless.php>
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2004). Ley de Telecomunicaciones. . Decreto Supremo N° 027-2004-MTC.

9. Molina, S. (2009). Análisis y caracterización de la ocupación espectral en entornos urbanos exteriores e interiores en el contexto de redes Cognitive Radio de acceso dinámico al espectro. [Tesis de pregrado]. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
10. Póvez, A. (2009). Implementación de un módulo de prueba para mediciones de apantallamiento electromagnético a 3.5 ghz. [Tesis de pregrado]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
11. Tamahome. (20 de Noviembre de 2014). Ack timeout y noise floor. RouterOS Redes Wireless. Obtenido de <http://www.tamax.com.ar/foro/viewtopic.php?f=3&t=58>
12. Torres-Silva, H., Villarroel-Gonzáles, C., & Jimenez-Muñoz, F. (2007). Ondas electromagnéticas en el plano frontera entre dos medios quirales. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería.*, 15(1), 101-110. doi:10.4067/s0718-33052007000100013
13. Ubiquiti. (20 de Enero de 2015). AirOS 3.4. Obtenido de [http://www.ubnt.com/wiki/AirOS\\_3.4\\_Spanish](http://www.ubnt.com/wiki/AirOS_3.4_Spanish)
14. Vioria, C., Cardona, J., & Lozano, C. (2009). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina. *Ingeniería & Desarrollo.*

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).