



# SIMULACIÓN EN XIRIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NB-IOT EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

## XIRIO SIMULATION TO IMPLEMENT A NB-IOT NETWORK IN MEDELLIN CITY

<sup>1</sup>Michael Herrera, <sup>2</sup>Mónica Rico-Martínez, <sup>3</sup>Héctor Parra

<sup>1,2,3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia, ECBTI, Colombia

Recibido: 30/09/2022 Aprobado 20/10/2022

### RESUMEN

En las transmisiones inalámbricas hay muchos factores que juegan en contra de la correcta transmisión de las señales al aire libre, entre ellas está la geografía del lugar ya que, al haber árboles, mesetas, valles u otro terreno en medio de la antena transmisora y receptora afectan notable y totalmente el envío y recepción de las ondas electromagnéticas que se transmiten por el aire. Ciertas ciudades cuentan con esta problemática como lo es Medellín, la cual es el eje central de la investigación. En esta ciudad, según el último censo del DANE, existen 2.427.129 millones de personas, por tanto, existiría un promedio 3.000.000 millones de dispositivos aproximadamente; Sumado a la problemática de la transmisión de las señales, la multiplicidad de dispositivos también generaría un problema para la ciudad de Medellín en cuanto a conectividad. Para la gestión de esa problemática se plantea la simulación de una red NB-IoT en ciertas comunas, las cuales son las más afectadas por la mala señal inalámbrica. Los resultados de estas simulaciones permitirían tomar decisiones para garantizar interconexión de todos los usuarios trabajando con anchos de banda bajos.

**Palabras clave:** NB-IoT, Xirio, simulaciones, tecnologías emergentes.

### ABSTRACT

*In wireless transmissions there are many factors that weigh against the correct transmission of signals outdoors, among them is the geography of the place since, as there are trees, plateaus, valleys in the middle of the transmitting and receiving antenna, they significantly and totally affect the sending and receiving of electromagnetic waves that are*

Citación: Rico Martinez, M. ., & Herrera, M. (2023). Simulación en Xirio para la implementación de una red NB-IoT en la ciudad de Medellín. *Publicaciones E Investigación*, 16(4). <https://doi.org/10.22490/25394088.6492>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8399-2233> / [mdherrerat@unadvirtual.edu.co](mailto:mdherrerat@unadvirtual.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6050-1398> / [monica.rico@unad.edu.co](mailto:monica.rico@unad.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-0737-4502> / [hector.parra@unad.edu.co](mailto:hector.parra@unad.edu.co)

<https://doi.org/10.22490/25394088.6492>

transmitted through the air. Certain cities have this problem as is Medellín, which is the central axis of the investigation. In Medellín, according to the last DANE census, there are 2,427,129 million people, therefore, there would be an average of approximately 3,000,000 million devices, added to the problem of signal transmission, the multiplicity of devices would also generate a problem for city of Medellín, in terms of connectivity. To manage this problem, the simulation of an NB-IoT network is proposed in certain communes, which are the most affected by the poor wireless signal. The results of these simulations would allow decisions to guarantee the interconnection of all users with NarrowBand.

**Keywords:** NB-IoT, Xirio, Simulations, Emergent Technologies.



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Internet ha tenido un gran despliegue en sus usos pasando a la implementación de la tecnología de la interconexión de las cosas, en las cuales la comunicación y la aplicación de diversas tareas pueden ser ejecutadas desde un móvil o pc por medio de wifi.

De acuerdo con el periódico *El Colombiano* (Medellín, en camino a ser ciudad inteligente, 2013b) se revela que Medellín está entre las ciudades de Colombia que cuenta con la mayor proporción de usuarios conectados a Internet en diferentes tecnologías y lugares como, transporte público, hogares, escuelas, hospitales, entre otros; además, durante la época de pandemia se intensificó el uso de la red para trabajo remoto, clases virtuales, videoconferencias, búsqueda y cargue de información en la nube.

Por otra parte, la ciudad está ubicada en un valle (Drummond *et al.*, 2012), lo que implica que existen zonas con muy baja señal como también otras con buena señal lo cual garantiza o dificulta la prestación de servicios de Internet.

Teniendo en cuenta la geografía de la ciudad hay zonas que tienen puntos a favor como la localidad de Guayabal (Castro & Echeverri, 2011), la cual cuenta con territorio plano y buena recepción de señales inalámbricas permitiendo que sea donde más se presenta aglomeración de público ya que está dividida en zona industrial (fábricas), entretenimiento (centros comerciales) y transporte (aeropuerto, terminal intermunicipal).

Existen otras localidades como Popular, Doce de Octubre, Belén y parte de El Poblado, las cuales son zonas residenciales, que están ubicadas en terrenos altos, y se encuentran con algo de desventaja, ya que las antenas de telecomunicaciones se ubican en lo más alto de la montaña para lograr la mayor cobertura posible, pero en la ruta de descenso hay desniveles en el terreno, existencia de vegetación, construcciones que representan obstáculos para la recepción de señal y ocasionan que la señal inalámbrica sea poca o nula.

Además de esto, como se mencionó previamente, Medellín cuenta con una gran cantidad de habitantes lo que genera el uso de múltiples dispositivos (Moya-Gómez *et al.*, 2021), por tanto, se ve la necesidad de mejorar la capacidad de las redes inalámbricas, de aquellos dispositivos que necesiten conectarse a la red sin tener un ancho de banda amplio. Por tanto, la aplicación de tecnologías como NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) podría proporcionar una mejora, ya que actualmente la ciudad no tiene un estudio técnico dedicado a la implementación de esta tecnología (Standardization of NB-IOT completed, 2016b).

Según estudios en cobertura móvil registrados en la página web datos abiertos del gobierno (Datos Abiertos Colombia, s. f.-b) se evidencia una comparación en diferentes zonas geográficas de Medellín en los cuales se detallan los usos de las tecnologías desde la 2G hasta la 4G (cobertura móvil por tecnología, departamento y municipio por proveedor, s. f. -b), en estos se observa

que la tecnología 4G es la que más presenta déficit en coberturas con un 30 % de nula cobertura; la 3G con un 20 % de nula cobertura y la tecnología 2G con un 10 % de nula cobertura. Con base en esto, se evidencia que existe una infraestructura de comunicación inalámbrica móvil insuficiente en las comunas Doce de Octubre, Popular, El Poblado, Guayabal y Belén de la ciudad de Medellín – Antioquia.

Como se evidencia una problemática, en este proyecto se propone la realización de simulaciones mediante la herramienta Xirio (Manual XIRIO, s. f.-c), con el fin de analizar la viabilidad de la implementación de la tecnología NB-IoT en la ciudad de Medellín.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para resolver la pregunta de investigación planteada: ¿Cómo se realiza un estudio técnico para la implementación de la tecnología NB-IoT en 5 comunas de Medellín, que permita analizar los indicadores de desempeño de dicha tecnología?, se plantea emplear la herramienta Xirio como se mencionó y una metodología siguiendo el enfoque CDIO (Cheah & Leong, 2018), mediante las siguientes fases:

### 2.1 Concebir

En esta etapa se concibe la problemática en la cual nos centramos en los aspectos principales.

- Problema general
- Zonas afectadas
- Componentes aplicativos
- Posibles soluciones

### 2.2 Diseñar

En esta etapa se desarrollarán los siguientes objetivos con sus actividades.

Caracterizar los indicadores de desempeño en una red NB-IoT, de conformidad con los estándares internacionales establecidos.

- Estudio de características de red NB-IoT.
- Estudio especificaciones técnicas de red NB-IoT.

- Análisis ciudades inteligentes con sistema NB-IoT.
- Diseñar los escenarios de prueba, donde se medirán los indicadores de desempeño de la red de acceso.

Estudio de coberturas de señales inalámbricas en diferentes comunas de Medellín con diversas escalas geográficas.

- Estudio de las comunas seleccionadas, en cuanto a población y características del terreno.
- Establecimiento de los límites de cobertura.
- Datos de estudios anteriores de penetración del Internet en comunas.
- Datos de cobertura de operadores.

### 2.3 Implementar

En esta etapa se desarrollarán los siguientes objetivos con sus actividades. Es importante mencionar que en este artículo se presentarán algunas simulaciones realizadas. Por tanto, se deja claro que este proyecto se encuentra aún en esta fase.

Realizar simulaciones mediante la herramienta Xirio en las comunas de la ciudad de Medellín seleccionadas.

- Establecer diversos escenarios en la simulación basados en variabilidad en los niveles de potencia.
- Establecer preferencias en operatividad según los objetivos.
- Simular las 5 comunas seleccionadas de la ciudad de Medellín.

Analizar los resultados de simulación.

- Análisis de resultados individuales de la simulación obtenidos.
- Comparativa entre resultados de la simulación obtenidos.
- Recopilar los datos de la simulación.

### 2.4 Operar

En esta etapa se realiza la documentación y presentación de resultados del estudio técnico y sus componentes.

- Revisión del estado del arte, referentes teóricos, y simulaciones.
- Redactar el documento informe final.
- Enviar el documento al repositorio de la biblioteca.



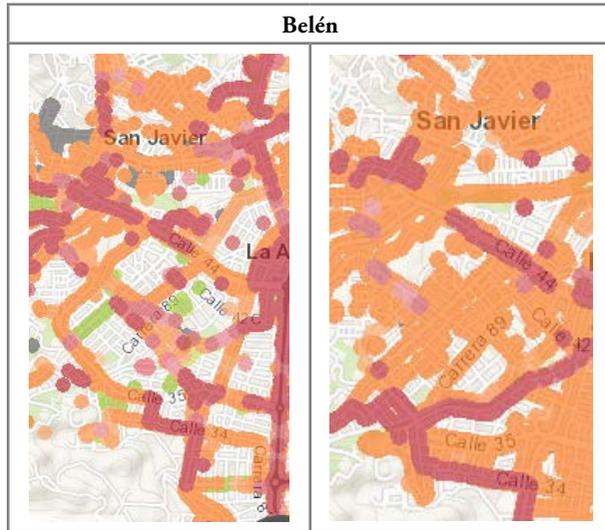


Fig 5. Cobertura en la comuna Belén.

Analizando las figuras, es posible observar que existen aún muchos lugares en la ciudad de Medellín que no cuentan con una adecuada cobertura móvil.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizan las simulaciones de cobertura para la tecnología NB-IoT en la herramienta Xirio online para los sectores anteriormente mencionados. Inicialmente se configura la herramienta para trabajar con la tecnología NB-IoT, como se muestra en la Figura 6.

**Propiedades del estudio de Cobertura**

**Estudio**

Nombre: 12 octubre

Grupo: [dropdown]

Servicio: NB-IoT Stand alone

Banda: [dropdown]

Descripción: Estudio de cobertura...

Fecha de última puesta en servicio/apagado: [calendar]

Estado: [dropdown]

---

**Extremos**

Transmisor: Nuevo transmisor\_52

Parámetros de recepción: [dropdown]

---

**Parámetros de cálculo**

Método de cálculo: Nuevo Okumura-Hata

Método empírico válido en la gama 150 MHz a 2 GHz. Recomendado para servicios de móviles y de acceso de banda ancha en entornos rurales y urbanos cuando no se disponga de cartografía de alta resolución.

Capas de cartografía:

Tipo	Nombre	Año	Res. (m)
MDT	Colombia Docente	2015	50

Fig 6. Configuración tecnología NB-IoT en Xirio

Posteriormente se configura el transmisor y el receptor, teniendo en cuenta parámetros reales de los equipos empleados para la transmisión y recepción en la tecnología NB-IoT.

Debido a que los resultados mostrados en este artículo son parciales, se ubican los emplazamientos en un punto alto de cada comuna. A futuro, se pretende realizar más simulaciones para comparar la cobertura dependiendo de la ubicación de los emplazamientos.

A continuación, se presentan las figuras (7-9) con los resultados de la simulación de cobertura para NB-IoT. Para comprender las gráficas, se establece una escala de colores, donde el color azul muestra las zonas donde no hay cobertura, es decir tiene una RSS (Received Signal Strength) por encima de -111 dBm, el color verde oscuro tiene un rango de -111, -101 dBm, evidenciando una buena cobertura y el color verde claro indica una cobertura excelente con una señal recibida por debajo de -101 dBm (Janssen, s. f.).

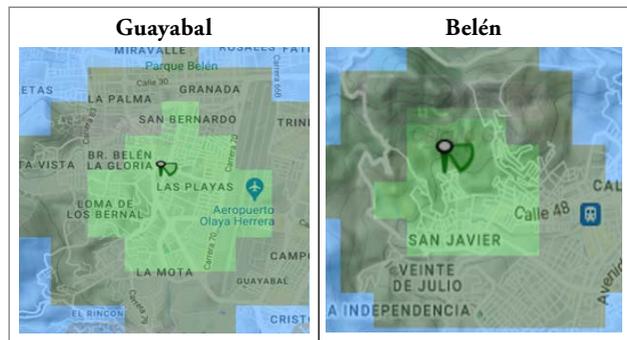


Fig 7. RSS en la comuna Belén y Guayabal.

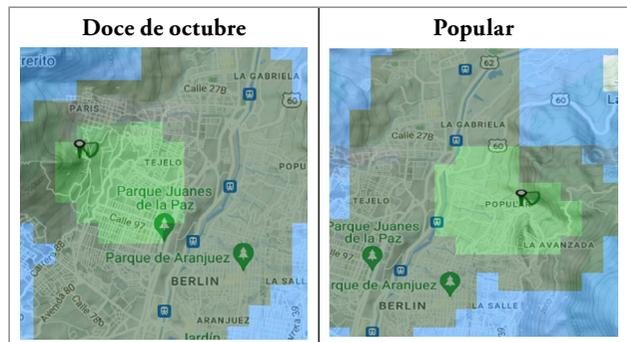
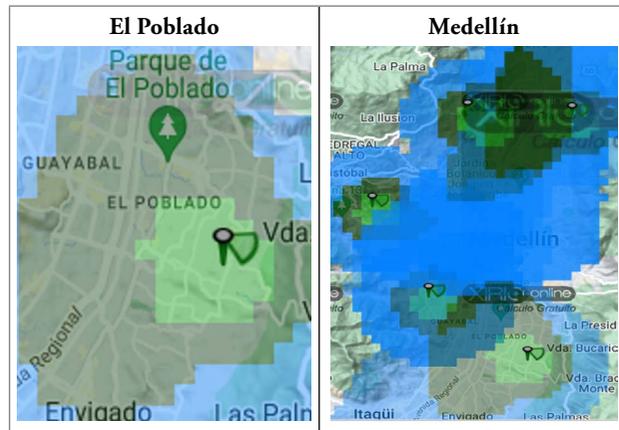


Fig 8. RSS en la comuna Doce de Octubre y Popular.

En la Figura 9, se muestran los cinco emplazamientos.



**Fig 9.** RSS en la comuna El Poblado y cobertura de los 5 emplazamientos

De las figuras es posible analizar que para la mayoría de las comunas se tiene un cubrimiento casi total de cobertura para múltiples dispositivos.

Como un resultado importante de las simulaciones, es la visualización de la ubicación de las antenas transmisoras, lo cual posibilita la implementación a futuro de acuerdo al objetivo de investigación planteado.

#### 4. CONCLUSIONES

Las simulaciones realizadas permiten visualizar la cobertura para una tecnología emergente, en este sentido, este trabajo permite a operadores analizar cómo sería la implementación de este tipo de tecnologías, revisando cuál debe ser el lugar idóneo para ubicar los emplazamientos o torres de antenas, permitiendo ver los puntos a favor y desventajas que se puedan tener en un escenario real, lo que favorece el despliegue.

Con las simulaciones realizadas hasta el momento en la investigación, es importante realizar un análisis de lo obtenido para así identificar cómo se puede mejorar la cobertura en las comunas simuladas.

Como resultado parcial, es posible indicar que con la aplicación de NB-IoT se busca expandir la cobertura

sin limitación de obstáculos (árboles, construcciones, etc.) en el recorrido de la señal inalámbrica, proporcionando máxima disponibilidad en zonas exteriores e interiores, privilegiando las empresas, instituciones educativas, hospitales y en general toda la comunidad que hace uso de la red ya que, NB-IoT es una red de área amplia que funciona a baja potencia y permite la comunicación en lugares de difícil acceso.

La implementación de esta tecnología permitiría una amplia cobertura sin importar su nivel demográfico y la conectividad de muchos dispositivos, un aproximado de 50.000 por antena, en otras palabras, esta tecnología sería facilitadora para que en Medellín el Internet de las cosas sea una realidad.

#### REFERENCIAS

- 3GPP News (2016, 21 junio). *Standardization of NB-IOT completed*. <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/nb-iot-complete>
- Castro, L., & Echeverri, A. (2011). Bogota and Medellín: architecture and politics. *Architectural Design*, 81(3), 96-103.
- Cheah, S. M. & Leong, H. (2018). Relevance of cdio to industry 4.0-proposal for 2 new standards. *CDIO*. <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/relevance-cdio-industry-40-%E2%80%93-proposal-2-new-standards>
- Datos Abiertos Colombia (s. f.). *La plataforma de datos abiertos del gobierno colombiano*. <https://www.datos.gov.co/>
- Datos Abiertos. (s.f.). *Cobertura móvil por tecnología, departamento y municipio por proveedor*. <https://www.datos.gov.co/Ciencia-Tecnolog-a-e-Innovaci-n/Cobertura-m-vil-por-tecnolog-a-departamento-y-muni/9mey-c8s8/data>
- de Andrés Pizarro, J. (2000). El análisis de estudios cualitativo. *Atención Primaria*, 25(1). <http://unidaddocentemfyclaspalmas.org.es/resources/4+Aten+Primaria+2000.+Análisis+de+Estudio+s+Cualitativos.pdf>
- Drummond, H., Dizgun, J. & Keeling, D. J. (2012). Medellín: A City Reborn? *Focus on Geography*, 55(4), 146-154. <https://doi.org/10.1111/foge.12005>
- Janssen, T., Berkvens, R. Weyn, M. (2020). RSS-Based Localization and Mobility Evaluation Using a Single NB-IoT Cell †. *Sensors*, 20(21). 6172. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6172/htm>
- Manual XIRIO. (s. f.-b). Manual Xirio. <https://www.xirio-online.com/web/help/es/index.htm>

Medellín, en camino a ser ciudad inteligente. (9 de septiembre de 2013). *El Colombiano*. [www.elcolombiano.com](http://www.elcolombiano.com). [https://www.elcolombiano.com/historico/medellin\\_en\\_camino\\_a\\_ser\\_ciudad\\_inteligente-KCEC\\_259517](https://www.elcolombiano.com/historico/medellin_en_camino_a_ser_ciudad_inteligente-KCEC_259517)

Moya-Gómez, B., Stępnik, M., García-Palomares, J. C. Frías-Martínez, E. Gutiérrez, J. (2021). Exploring night and day socio-spatial segregation based on mobile phone data: The case of Medellín (Colombia), *Computers, Environment and Urban Systems*, 89, 101675, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbusys.2021.101675>

nPerf (s f). 3G / 4G / 5G coverage in Colombia. <https://www.nperf.com/en/map/CO/-/-/signal/?ll=4.634800397439164>