

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO HERRAMIENTA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN ESTRATÉGICA DE REDES 4G EN MANIZALES.**



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

Sebastián Martínez Valencia
Juan Daniel López Valencia

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

SIG DE PLANIFICACIÓN DE REDES DE TELEFONÍA CELULAR

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO OPCIÓN PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA.**



**UNIVERSIDAD DE
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
MANIZALES
2015**

Contenido

| | |
|---|----|
| GLOSARIO..... | 1 |
| Ancho de banda: | 1 |
| Antena:..... | 1 |
| Antena repetidora:..... | 1 |
| Cobertura: | 2 |
| Distancia de reutilización de frecuencias: | 2 |
| Eficiencia espectral: | 2 |
| Eficiencia espectral por tráfico para redes LTE:..... | 2 |
| Fibra óptica: | 3 |
| LTE:..... | 3 |
| Onda Electromagnética: | 3 |
| Propagación de Ondas Electromagnéticas: | 3 |
| Red Troncal: | 4 |
| SIG: | 4 |
| Telefonía móvil 4G: | 4 |
| WiMax (World Interoperability from Microwave Access): | 5 |
| RESUMEN | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| ÁREA PROBLEMÁTICA | 10 |
| OBJETIVOS..... | 13 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| JUSTIFICACIÓN | 14 |
| MARCO TEÓRICO | 16 |
| Los sistemas de información Geográfico (SIG). | 17 |
| Redes 4G. | 19 |
| Normatividad Nacional sobre la instalación de infraestructura. | 20 |
| Teoría de sistemas. | 21 |
| ANTECEDENTES..... | 23 |
| METODOLOGÍA | 27 |
| TIPO DE TRABAJO | 27 |

| | |
|---|----|
| PROCEDIMIENTO..... | 27 |
| Fase 1. Investigación Teórica | 27 |
| Fase 2. Diseño y desarrollo de la herramienta..... | 27 |
| Fase 3. Planificación de la red LTE aplicando la herramienta | 28 |
| Fase 4. Procesamiento y análisis de datos..... | 28 |
| RESULTADOS | 29 |
| DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS..... | 29 |
| Factores Climáticos | 30 |
| Frecuencias. | 32 |
| Factores geográficos. | 32 |
| Fuente: http://www.4gamericas.org/es/ | 33 |
| Ubicación estratégica de las antenas..... | 34 |
| Información geográfica tenida en cuenta en la instalación de las antenas..... | 34 |
| Resultados construidos..... | 35 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 36 |
| CONCLUSIONES..... | 39 |
| RECOMENDACIONES..... | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 42 |

Índice de Ilustraciones.

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: cobertura ideal de la red 4G LTE en Manizales..... | 30 |
| Ilustración 2: importancia de la ubicación de un nodo LTE..... | 31 |
| Ilustración 3: Ubicación de antenas para el despliegue de la red LTE en Manizales | 35 |
| Ilustración 4: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 1Km | 35 |
| Ilustración 5: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 2Km. | 37 |
| Ilustración 6: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 3Km. | 38 |

GLOSARIO

*“Sigamos hambrientos,
Sigamos alocados”*
[Steve Jobs]

Ancho de banda:

Es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un periodo de tiempo dado, el ancho de banda permite conocer la extensión de frecuencias que se concentran en la potencia de la señal (www. Masadelante.com, 19 de Noviembre de 2015)

Antena:

Es un instrumento que sirve y se utiliza para transmitir y recibir ondas de radio o electromagnéticas, a través de este dispositivo es posible conducir o aplicar una señal que más adelante es irradiada en un espacio libre con el fin de ser conocida o propagada en una dirección determinada (dmesen, 2015).

Antena repetidora:

Es un instrumento que además de transmitir y recibir ondas o señal, puede convertir aquella señal débil o de nivel bajo en una señal fuerte o transmitirla a un nivel o potencia más alto, de forma que se puedan cubrir o ésta se pueda propagar en espacios más amplios (<https://es.wikipedia.org/wiki/Repetidor>, 19 de Noviembre de 2015)

Cobertura:

En un área geográfica que cubre una estación específica de telecomunicaciones, es decir, es un área a la que le llegan las señales de telefonía móvil (<http://www.gsmSpain.com/glosario/?palabra=COBERTURA>, 19 de Noviembre de 2015).

Distancia de reutilización de frecuencias:

Según el número de usuarios, zonas cubiertas y tráfico según la hora que simultáneamente atenderá cada celda, se asigna un número de canales y frecuencias, que a su vez serán reutilizadas por otras celdas separadas entre sí a cierta distancia denominada cocanal o de reutilización. Las celdas con la misma frecuencia deben estar suficientemente alejadas para que el nivel de interferencia cocanal sea suficientemente bajo para el correcto funcionamiento de la red. La asignación de frecuencias puede ser fija o dinámica para adaptar el sistema a variaciones.

Eficiencia espectral:

Es una medida de lo bien aprovechada que está una determinada banda de frecuencia usada para transmitir datos. Cuando mayor es este valor, mejor aprovechada está dicha banda (https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_espectral, 19 de Noviembre de 2015).

Eficiencia espectral por tráfico para redes LTE:

Para la implementación de un sistema de comunicaciones móviles LTE es necesario considerar el tráfico que soportará la red, y prever un aumento progresivo de la demanda, lo que repercutiría en un aumento de estaciones base.

Fibra óptica:

Es un cable conformado por uno o más hilos de fibra de vidrio, estos se encargan de llevar mensajes que pasan de un extremo a otro sin interrupción, pueden usarse como alambres convencionales en pequeños ambientes, pero también en zonas geográficas amplias (Robles, 2015)

LTE:

Las siglas LTE hacen referencia a 'Long Term Evolution', esta es un estándar de comunicaciones móviles desarrollado por la 3GPP, ésta es una nueva generación respecto a 3G y a su vez a GSM lo que quiere decir que se despliega como red 4G (Zavia, 2012).

Onda Electromagnética:

Es aquella onda generada por partículas eléctricas y magnéticas que se mueven a la vez, también se define como la mezcla que existe entre un campo eléctrico y un campo magnético, puesto que lo que hacen en general las ondas es producir un espacio donde esta se pueda propagar (<http://www.areatecnologia.com/ondas-electromagneticas.htm>, 19 de Noviembre de 2015)

Propagación de Ondas Electromagnéticas:

La propagación de ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar siempre así. La principal diferencia es que la atmósfera de la Tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío. El modelo de propagación más utilizado para predecir el

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

rango de cobertura de las celdas, es el llamado Okumura – Hata, que consideran variantes para zonas urbanas, suburbanas y rurales.

Red Troncal:

Una red troncal (o backbone) es una red utilizada para interconectar otras redes, es decir, un medio que permite la comunicación de varias redes LAN o segmentos. Suelen ser de alta capacidad y permiten un mayor rendimiento de las conexiones LAN de una empresa (Mixtape.tour, 2011).

SIG:

Es una integración organizada de *hardware*, *software* y *datos geográficos* diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. Por ejemplo, los sistemas que se utilizan para la prevención de desastres basados en alertas monitoreando algún tipo actividad natural. (Volcanes, derrumbes, crecimiento de ríos, etc.) (<https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>, 19 de Noviembre de 2015).

Telefonía móvil 4G:

4G son las siglas utilizadas para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y precede a la próxima generación, la 5G. Las velocidades máximas de transmisión de datos serán alrededor de 100 Mbit/s para una movilidad alta y 1 Gbit/s para movilidad baja (https://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_4G, 19 de Noviembre de 2015)

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

WiMax (World Interoperability from Microwave Access):

Es una red o estandar de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias 2.3 a 3.5 Hz. Esta tecnología permite la recepción de datos por medio de microondas y también retransmisión por ondas de radio; una de sus aplicaciones es permitir el servicio de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable no existe (Pergamino Virtual, 2015).

RESUMEN

“Todos somos genios, pero si juzgas a un pez por su habilidad de escalar un árbol, vivirá su vida entera creyendo que es estúpido”

[Albert Einstein]

El despliegue estratégico de redes 4G LTE en Manizales se realiza teniendo en cuenta variables como la cobertura y la ubicación, ésta como factor principal de influencia para satisfacer las arduas demandas de los usuarios en función del crecimiento en número de uso de la red y del alcance en distancia que pueda tener la misma.

Una de las tareas principales de las empresas prestadoras de servicios, es aumentar la capacidad de respuesta con tecnologías de punta que satisfagan la demanda actual sin verse limitadas con la estabilidad de los servicios, es por esto, que la idea fundamental de esta investigación es traer al mercado de tecnología de la ciudad de Manizales, la red 4G LTE, que además de brindar progreso, permitirá que los usuarios se sientan más cómodas y hay más demanda para las empresas de telefonía.

La inversión en nuevas tecnologías siempre será un requisito fundamental para las empresas, teniendo claro que con el paso del tiempo las necesidades serán mayores y las exigencias también. Así mismo, la expansión de la infraestructura será un objetivo importante dentro de las ideas y funciones específicas de las empresas que cuentan con herramientas necesarias para prestar el servicio de la red 4G LTE, lo anterior, garantiza la continuidad y calidad de los servicios.

PALABRAS CLAVES : <Antena, Infraestructura de Red, 4G LTE>

ABSTRACT

*“El verdadero progreso es el que
pone la tecnología al alcance de todos”*

[Henry Ford]

The project analyzes the strategic deployment of 4G LTE networks in Manizales taking into account variables such as coverage and location. The latter as the main factor of influence to meet the arduous demands of users in terms of growth in number and scope in distance may have.

It is well known enterprise level if you want to have continuity as a service provider, will always be obliged to increase their responsiveness to technologies that meet current demand without being limited to the stability of services.

Investment in new technologies will always be a fundamental requirement for businesses, having clear that over time the needs and demands will be higher too. Likewise, the expansion of infrastructure ensuring continuity and quality of its services.

KEY WORDS: <Antenna, Network Infrastructure, 4G LTE>

INTRODUCCIÓN

*“Todo está perdido cuando los malos sirven
de ejemplo y los buenos de burla”*

[Demócrates]

La telefonía celular ha adquirido popularidad debido a la libertad, movilidad, y la productividad realzada que provee. La gente ya no debe permanecer atada a teléfonos fijos para atender negocios, clientes, colegas, establecer relaciones y delinear perspectivas. A su vez, el servicio telefónico celular ha servido de base para el desarrollo de los Servicios de Comunicaciones Personales PCS (Personal Communication System). La cobertura geográfica de un servicio de comunicaciones personal permite que el usuario pueda generar y recibir mensajes en todo instante, lo que implica instalar estaciones base, con sus respectivas antenas, en aquellos lugares en que se desee entregar un buen servicio.

La tecnología GSM, siendo actualmente la más usada, adecuada y aceptada por el usuario, ha permitido una conexión entre los dispositivos móviles y las computadoras, posibilitando el envío y recepción de mensajes por correo electrónico, fax, facilidad para navegar por internet y otros muchos usos que ubican a esta tecnología en un punto que la convierte en necesaria para el ser humano.

Transmitir más y más información y transmitirla más y más rápido es lo que se ha buscado a través de la tecnología inalámbrica. La gran ventaja de esta novedosa tecnología reside en su movilidad. Radio, TV, teléfono, WIFI, todo es posible obtenerlo y mantenerlo, en la ciudad, en el campo, en todos los continentes, durante la semana, el fin de semana o en vacaciones y ser utilizado; confort y facilidad.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

En las últimas dos décadas, ha sido posible que el ámbito de las telecomunicaciones transforme el mundo que conocíamos; gran parte de esta revolución se debe a las tecnologías de navegación móvil, pues estos, los teléfonos móviles son dispositivos que con el paso del tiempo se han convertido en objetos familiares necesarios al alcance de todo el mundo.

Con el paso del tiempo se ha creado la necesidad de innovar, motivando no solo a mejorar sino también a actualizar la infraestructura de todo lo necesario para llegar al objetivo general; sin embargo las tecnologías actuales se construyen de forma que en su debido momento de renovar solo sea 'quitar y poner' sin necesidad de complejos despliegues de materiales y aparatos como se hacía alguna vez.

ÁREA PROBLEMÁTICA

“La tecnología en las aulas debería ser como el oxígeno:

Necesaria, invisible y ubicua”

[Adam Bellow]

Manizales es la capital del departamento de Caldas, está ubicada en el centro occidente del mismo país, sobre la cordillera central de los Andes, cerca al Nevado del Ruiz, forma parte del llamado eje cafetero. Manizales tiene una población de aproximadamente 431.760 habitantes, de acuerdo con el censo realizado en el año 2013. La ciudad está situada a una altura de 2153 msnmm y su relieve es especialmente montañoso, además cuenta con actividades económicas, industriales, culturales y turística (Calle, 2015).

Se destaca porque su actividad central, tradicionalmente ha sido el cultivo y producción de café, lo que permitió la creación de nuevas fuentes de trabajo y diversas fábricas que se dedican a productos como licores, zapatería, cauchos, chocolate, jabones, empacado del café, dulces, etc (Calle, 2015); las zonas donde se realizan dichas labores han sido objetivo fijo para ubicar las antenas que proporcionarán la señal para la red 4G, por ende, es necesario conocer si dichas fábricas o el lugar donde se encuentran, cuentan con inconvenientes en sus alrededores para llevar a cabo la instalación de las antenas y demás dispositivos.

Teniendo en cuenta que tanto la tecnología 2G como la 3G, permiten un alcance, navegación y funciones específicas y agradables para el usuario, en donde es posible realizar tareas que ahora son vistas como necesidades, la facilidad con la cual se puede establecer conexión y demás funciones como enviar mensajes y ver vídeos de forma fluida; no se equipara con la tecnología 4G, en la cual la

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

velocidad de transmisión mejora y la calidad en las llamadas o el rendimiento de la cobertura es ostensiblemente más eficaz.

Aunque el municipio de Manizales es pequeño, se encuentra en ascenso económico y comercial donde ya es latente la necesidad de cubrir el mercado con redes 4G LTE que proporcionarán un servicio mejor y más rápido del que actualmente funciona.. La necesidad de una mejor red ha sido motivada por el afán del usuario por obtener resultados más rápidos y precisos en el momento en el cual usan sus teléfonos, aquellos que con el paso del tiempo son aún más sofisticados y exigen una tecnología más compleja y elegante, que pueda satisfacer tantos sus gustos y caprichos como necesidades técnicas y cotidianas.

Sin embargo, Manizales ha sido un sitio en donde tanto la tecnología 2G como la 3G se han desarrollado, funcionado y manejado de forma eficaz y rápida, la ciudad cuenta con una buena recepción de datos para cubrir las necesidades de las redes y utilizar de forma cómoda y rápida las tecnologías antes mencionadas.

Debido al creciente incremento en el uso de las tecnologías móviles y la necesidad de un servicio cada vez mejor y más rápido, los operadores de telefonía móvil, se han visto en la obligación de mejorar su infraestructura de red para dar solución a las necesidades del mercado. Debido a esto, las empresas requieren estar inyectando constantemente capital para satisfacer tal obligación con un nivel de calidad óptimo, obligación, que de cierta forma ha sido transformada en una necesidad por parte del ser humano, necesidad que abarca el tener que estar en constante contacto con las demás personas, poder navegar libremente con la idea de encontrar en la red respuestas a situaciones, sin dejar de mencionar la necesidad que genera contar con un dispositivo móvil que tenga la características necesarias para contar con este tipo de tecnología.

Un factor determinante que se tiene en cuenta en la implementación de las redes 4G LTE en Manizales es la ubicación estratégica en función de la cobertura, aunque también, factores como la densidad poblacional y la geografía del entorno permiten elegir o tomar decisiones en cuanto al uso o utilización de redes o tecnología 4G.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

La inversión requerida para este tipo de proyectos, debe ser amplia y con margen de error ante cualquier evento fallido, aunque el beneficio puede verse reflejado después de un periodo de prueba considerable; debido a esto las empresas requieren la instalación de antenas con la menor frecuencia de operación, menor densidad de población y utilizando poco espacio en la geografía del entorno.

Al estar el municipio de Manizales ubicado en lo que es considerado como una falla geológica (Caldas Tear: Desgarre litosférico de Caldas a una profundidad de 150 kilómetros) (Castro, 2013), la ubicación de las antenas deberá ser diseñada y analizada con énfasis en las condiciones geográficas y demográficas de dicho municipio, con el objetivo o idea de que haya uniformidad en la cobertura de todas las zonas o comunas de la ciudad, hipotéticamente hablando esto puede lograrse teniendo en cuenta las condiciones (herramientas, mano de obra, etc.) necesarias para su realización.

OBJETIVOS

“Cualquier herramienta, tecnología, técnica o juego que permita jugar seriamente con la incertidumbre, garantiza el descubrimiento”

[Michael Schrage]

OBJETIVO GENERAL

Analizar la viabilidad del despliegue de redes 4G LTE en Manizales determinando la ubicación estratégica de nodos de transmisión para una cobertura óptima, a través de herramientas SIG.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones urbanas, climáticas y topográficas de Manizales de forma que se tenga información precisa acerca de las especificaciones de la ciudad.
- Determinar la viabilidad técnica de nodos 4G LTE en función de las características tanto climáticas como geográficas que se deben tener en cuenta para la instalación de los mismos.
- Sugerir puntos estratégicos de instalación de nuevos nodos de red 4G LTE en Manizales.
- Estimar la cobertura en términos de la distancia y uniformidad en el territorio urbano de Manizales.

JUSTIFICACIÓN

*“Es un hecho que el hombre tiene que controlar
la ciencia y chequear ocasionalmente
el avance de la tecnología”*

[Thomas Henry Huxley]

El análisis de la implementación de redes 4G LTE en Manizales, buscará sugerir la elección de la ubicación específica y estratégica en la zona urbana de la ciudad buscando la instalación en menos puntos con mayor cobertura.

La ubicación de un nodo es seleccionada mediante el estudio de diferentes variables como la factibilidad de la construcción del mismo, la elevación, la cobertura en relación a la zona geográfica que va a cubrir, la adecuación del lugar específico para la construcción y la necesidad de implementación según los intereses de la empresa. Un aspecto importante respecto a lo anterior, es que la ubicación de los nodos podría también verse afectada por los planes de ordenamiento territorial, ya que estos pactos sociales pueden afectar tanto el dispositivo ubicado, como la señal que el mismo transmite.

Entre tanto, hay que tener en cuenta que existen unas prácticas seguras y efectivas para el despliegue, modificación y construcción total de infraestructura. La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), expidió un documento en el presente año, en el que explica que ante cualquier barrera, prohibición o restricción para el mismo propósito debe acudir inmediatamente a la entidad y poner en conocimiento la situación, así el despliegue de infraestructura en cualquier municipio o ciudad, será posible, esto, si el resto de las condiciones son viables.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Después de analizar y estudiar los posibles múltiples beneficios que puede traer la implementación y uso de tecnologías de punta como la red 4G LTE en Manizales, aumentan el factor comercial y tecnológico, llevando a la ciudad a mejores oportunidades de inversión y progreso.

El presente proyecto pretende ayudar a la mejora de la selección de la ubicación de redes 4G LTE en Manizales mejorando la toma de decisiones y procurando prestar un mejor servicio orientado a la calidad.

MARCO TEÓRICO

“Cada gran avance en la ciencia se ha salido de una nueva audacia de la imaginación”

[John Dewey]

En la siguiente parte del documento, se explicará la teoría o aspectos teóricos relevantes para llevar a cabo la investigación, esto con el fin de comprender aquellas posturas que permitieron tener claridad en el momento de aplicar la metodología y obtener los resultados del estudio.

Los sistemas de información geográfica (SIG), pocas veces se incluyen a los programas de enseñanza actuales, los aspectos teóricos que a continuación se presentan, contribuyen tanto a las matemáticas como a la estadística y a la geografía cuantitativa.

El estudio de los sistemas de información geográfica, redes 4G y otros, se basan en algunas perspectivas teóricas como la teoría de Sistemas, que plantea premisas que sostienen que todo sistema tiene un propósito y funciones específicas que dependen de su estructura; ésta misma teoría afirma que con la ayuda de disciplinas como las matemáticas, la geografía y la computación, se pueden obtener resultados destacados en relación a investigaciones, estudios y experimentos ligados a los sistemas de información geográficos (SIG). (Nieto, s.f)

Estos aportes antes mencionados, conforman un cuerpo de conocimiento que permite entender el origen y evolución de los sistemas de información geográfico para vincularlos tanto a los programas académicos como a la vida cotidiana.

Los sistemas de información Geográfico (SIG).

“Los sistemas de información geográfica (SIG), han mantenido una continua evolución a partir de su origen, tanto en el ámbito de sus metodologías, conceptos y capacidades de análisis, así como en el tratamiento de sus bases de datos e interfaces de usuario. No es de sorprenderse que debido a ello las capacidades de uso de las SIG son cada vez más robustas e incluyen una gama de usuarios no expertos que día con día se hace más diversa” (Nieto, s.f)

La práctica de los sistemas de información geográfica, se ha vuelto problemática, ya que se tienen en cuenta aspectos sociales e incluso filosóficos que puedan determinar las aplicaciones de estos en el ámbito espacial, para traducir las mismas en un conocimiento científico y multidisciplinario y que pueda tener un impacto teórico fuerte vertido en los conceptos de las ciencias de información espacial, en las cuales existen campos de acción estrictamente relacionados con disciplinas como la estadística, la matemática, la geografía, la cartografía e incluso ciencias cognitivas y filosóficas (Nieto, s.f).

Los sistemas de información geográfica son una tecnología desarrollada por la necesidad de obtener datos cartográficos y alfanuméricos de forma rápida, lo que indica que una de las características principales de estos sistemas es la de disponer, gestionar y analizar información de tipo espacial, esto quiere decir, datos referidos a un determinado ámbito territorial.

El National Center for Geographic information and analysis, considera un SIG como “sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación” (Vila & Varga, 2008);

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

esto quiere decir, que los SIG son herramientas capaces de analizar y convertir datos en información espacial que pueda ser utilizada para llevar a cabo procesos matemáticos, estadísticos o geográficos.

Es importante mencionar que los sistemas de información geográfica (SIG), están divididos o pueden clasificarse de dos formas: SIG ABIERTOS: aquellos destinados a usuarios expertos, que permite a los mismos disponer de un sistema más sofisticado y con una gran diversidad de posibilidades y aplicaciones. SIG CERRADOS: con un número de aplicaciones limitadas que tienen como objetivo satisfacer unas necesidades específicas y particulares de usuarios no expertos. Esto, sin embargo, muestra la posibilidad de aplicaciones que puede tener un sistema de información geográfica (SIG), entre las cuales se destacan una gran cantidad de campos, entre los cuales se pueden hallar de forma muy específica y particular los riesgos ambientales:

Aplicación para recursos naturales y medio ambiente

Aplicación para los estudios sobre cambio en los usos y cubiertas del suelo

Aplicación para los estudios de impacto ambiental

Aplicación para catastro

Aplicación para transportes

Aplicación para redes de infraestructuras básicas

Aplicación para riesgos ambientales

Aplicación para análisis de mercadeo

Aplicación para planificación territorial

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

En conclusión, los sistemas de información geográfica (SIG), utilizan los datos geográficos como fuente principal para su funcionamiento, de esta forma es importante aclarar que los datos geográficos se caracterizan por disponer de tres grandes componentes como lo son la temática, la espacial y la temporal.

Redes 4G.

Esta es una tecnología también conocida como Long Term Evolution, es un estándar de comunicaciones más moderno que existe, por lo cual no ha sido usado o implementado en muchos países, sin llegar a dudarlo la característica más notoria de esta nueva tecnología es su alta tasa de transmisión. Fue diseñada específicamente con el propósito de satisfacer la demanda de los usuarios que requerían un mayor ancho de banda y capacidad para poder utilizar con comodidad servicios como la televisión móvil, web 2.0, etc. (Informática hoy, 2015)

Esta tecnología cuenta con características necesarias y particulares que deben ser puestas en acción o deben ser utilizadas mediante los sistemas de información geográfico (SIG) en la ciudad de Manizales y en todo los lugares del mundo esta es una forma de hacer crecer socialmente el sitio y además poner en práctica todas las características y herramientas elaboradas por los SIG.

La red de telefonía 4G LTE,

“es un estándar de telefonía móvil que ofrece dos ventajas: la primera, una conexión a Internet desde un celular o tableta mucho más rápida que la actual (3G). La segunda -más importante en el contexto local- es que hace un uso más eficiente del espectro disponible. Es decir que, idealmente, una misma antena puede dar servicio a más usuarios; además, descomprime la red 3G existente” (Sametband, 2014).

Normatividad Nacional sobre la instalación de infraestructura.

El artículo °2 de la ley 1341 de 2009, está relacionado con el uso eficiente de la infraestructura y de los recursos escasos, los principios que allí se mencionan tienen como fin comunicar que los ciudadanos están protegidos y tienen autorización por parte de los órganos del estado para hacer uso de las TIC; En efecto, el artículo en mención textualmente dispone:

“Uso eficiente de la infraestructura y de los recursos escasos. El Estado fomentará el despliegue y uso eficiente de la infraestructura para la provisión de redes de telecomunicaciones y los servicios que sobre ellas se puedan prestar, y promoverá el óptimo aprovechamiento de los recursos escasos con el ánimo de generar competencia, calidad y eficiencia, en beneficio de los usuarios, siempre y cuando se remunere dicha infraestructura a costos de oportunidad, sea técnicamente factible, no degrade la calidad de servicio que el propietario de la red viene prestando a sus usuarios y a los terceros, no afecte la prestación de sus propios servicios y se cuente con suficiente infraestructura, teniendo en cuenta la factibilidad técnica y la remuneración a costos eficientes del acceso a dicha infraestructura. Para tal efecto, dentro del ámbito de sus competencias, las entidades de orden nacional y territorial están obligadas a adoptar todas las medidas que sean necesarias para facilitar y garantizar el desarrollo de la infraestructura requerida, estableciendo las garantías y medidas necesarias que contribuyan en la prevención, cuidado y conservación para que no se deteriore el patrimonio público y el interés general”.

Esto significa, que en el marco legal, el presente proyecto se encontraría avalado por el Estado y podría significar un avance progresivo para la ciudad de Manizales; teniendo en cuenta que la infraestructura es uno de los pilares de esta investigación, es necesario estudiar y analizar en tanto sea posible la misma.

La norma transcrita anteriormente mencionada, parte del reconocimiento de las competencias constitucionales en cabeza de los entes territoriales y procede a establecer un mandato en el sentido de que al ejercer estas competencias constitucionales, los municipios y departamentos deberán promover el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones, garantizando en todo caso la protección del patrimonio público y del interés general, es decir, el Estado permite a los ciudadanos crear e innovar en cuanto a

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

temas de telecomunicaciones, pero más allá de hacerlo, debe haber un compromiso para que al realizarlo no se dañe o se transforme lo que hace parte del patrimonio del país. Este deber adquiere mayor relevancia cuando el artículo 5° de dicha Ley impone a las Entidades tanto del orden nacional como municipal promover, coordinar y ejecutar planes, programas y proyectos tendientes a garantizar el acceso y uso de la población, las empresas y las entidades públicas a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, para lo cual deberán incentivar la creación y desarrollo de infraestructura, contenidos y aplicaciones, así como la ubicación estratégica de terminales, equipos y dispositivos que permitan realmente a los ciudadanos acceder a las aplicaciones y demás beneficios tecnológicos que los benefician, en especial aquellos considerados vulnerables y de zonas marginadas del país (CRC & ANE, 2012).

Teoría de sistemas.

Esta teoría surge a partir de los trabajos realizados por el biólogo Ludwig Von Bertalanffy, plantea el establecimiento de teorías más que buscar soluciones a cualquier problema; como anteriormente se mencionó, esta teoría general de sistemas, muestra algunas premisas que afirman que todo sistema tiene una función y un propósito: las funciones de un sistema dependen de su estructura, es decir, que el esqueleto u organización del sistema permiten o no el funcionamiento o desarrollo del mismo; los sistemas son abiertos, esto es, destinado para usuarios expertos y sin ningún tipo de limitación; y existen subsistemas dentro de cada sistema, lo que quiere decir que cada sistema cuenta con otros procedimientos especiales para su funcionamiento (Nieto, s.f)

Teniendo en cuenta que la teoría de sistemas será la que apoyará esta investigación, es importante aclarar el término "sistema" para entender todo el entramado teórico del estudio. Un sistema es un conjunto de elementos dinámicamente relacionados que forman una actividad para alcanzar un objetivo" (Bertalanffy en Vila & Varga, 2008); esto quiere decir que todo aquello que le suceda a alguna parte del sistema le traerá repercusiones en sus demás

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

componentes, por lo que: cada sistema existe dentro de otro más grande, existe un proceso de cambio infinito con su entorno, cuando este cesa, se desintegra el sistema, todo sistema tiene uno o varios propósitos, los sistemas tienen una tendencia al equilibrio, los sistemas pueden ser concretos (Nieto, s.f).

Aunque la teoría general de sistemas plantea una tendencia hacia la integración de las ciencias sociales y naturales, también incorpora otras teorías como la de la cibernética, cuyo planteamiento se basa en “la comunicación entre sistemas y medio circundante y dentro del sistema y en el control del funcionamiento del sistema en consideración al medio” (Bertalanffy en Vila & Varga, 2008), esto quiere decir, que el sistema está ligado tanto al medio como a su estructura, y que su funcionamiento no puede ser posible mientras estas partes no estén en armonía.

Realmente es necesario tener en cuenta que la teoría de sistemas plantea que las funciones de un sistema dependen de su estructura, para después entender que la metodología más adecuada y acertada para trabajar con sistemas de información geográfico (SIG), es la cibernética, la teoría de la información o el análisis de redes.

ANTECEDENTES

“La tecnología como parte de la cultura debe estar necesariamente en la escuela”

[Anónimo]

“Durante los años 1994-1996, el instituto tecnológico geminero de España y la diputación general de Aragón (Departamento de ordenación territorial, obras públicas y transportes) en colaboración con EPTISA, realizan un estudio de los riesgos naturales en una zona del Pirineo Aragonés (Norte de Huesca). Entre estos riesgos se analizó el sísmico. Todos los datos de riesgos fueron introducidos en un SIG para ser analizados y así obtener un mapa de aptitud a la construcción” (Ríos et al., Fresno et al., en Laín, 1999).

“Como consecuencia de los terremotos percibidos a finales del año 1994, se ponen en marcha en la ciudad de Barcelona, un plan de emergencias para el riesgo sísmico. Este plan es el resultado de tres proyectos diferenciados: respuesta sísmica de suelos, vulnerabilidad de estructuras y análisis de riesgo sísmico. En el segundo de estos proyectos es donde se utiliza el SIG, para la evaluación del índice y desarrollo de los mapas de escenario de daño. Estos resultados permitirán a los responsables de protección civil una rápida toma de decisiones ante la eventual ocurrencia de un sismo” (Laín, 1999).

“En 1996, Jiménez, Carrera y Terrassa, presentan un proyecto fin de carrera en la escuela universitaria de ingeniería técnica, topográfica (EUITTO, UPM) sobre la caracterización sísmica del sureste español, aplicando herramientas SIG” (Laín, 1999).

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

“Entre los años 1996 y 1998, se realiza un estudio sobre la peligrosidad y vulnerabilidad de la ciudad de Murcia a escala 1:5.000. en este proyecto dirigido por el ITGE participó EPTISA y la comunidad autónoma de Murcia. Incluye los siguientes mapas temáticos: exposición estructural, licuefacción, litología, periodos dominantes y rellenos” (Laín, 1999).

En el año 2011, en Catalunya, se realizó un estudio e investigación acerca de los sistemas de información geográfico en la gestión de la información urbanística en el ámbito local, en éste, el potencial de análisis de la información georreferenciada que tienen los SIG les abrió nuevos campos de aplicación. Por otra, las nuevas aplicaciones cada vez más manejables, permitieron elaborar diferentes modelos o visiones de la ciudad y, incluso, hacer simulaciones del comportamiento de variables. Es decir, que pudieron llegar a ser la piedra angular de la planificación estratégica del municipio (Garcia, Valls, & Moix, 2011).

En el año 2013, el Especialista en Ciencias Electrónicas e informática área: bases de datos Carlos Alberto Tangarife junto al Especialista en Sistemas de Información Geográfica Libardo Londoño Ciro, realizaron en Colombia una investigación sobre un modelo basado en sistemas de información geográfico (SIG) para el estudio de la mortalidad por enfermedad cerebro-vascular (ECV), en este estudio se identificó una alternativa de análisis: la modelación espacio-temporal con SIG a niveles de desagregación detallados; en este sentido el análisis comparativo de los modelos utilizados en los estudios conocidos, desvela el uso de datos y técnicas de análisis espacial básicas para identificar patrones como los evidenciados en los cinturones de diabetes y ECV en USA o el clúster colombiano de enfermedades del aparato circulatorio identificado en la región andina que sugiere un comportamiento similar para la ECV.

El panorama anterior demandó la combinación de enfoques con énfasis en sus técnicas de análisis avanzadas – análisis multi-criterio, kriging, interpolación, correlación y regresión espacial– soportadas con SIG y por lo tanto, como

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

contribución final se propuso un modelo integrado dirigido a impactar positivamente la mortalidad por ECV (Tangarife & Londoño, 2013).

En el año 2014 en Buenos Aires, Argentina, se realizó una investigación sobre la arquitectura de las redes de acceso por radio, centrado en la red de tecnología móvil de cuarta generación LTE; en esta se logró observar que vecinos de la región como Puerto Rico y Brasil fueron dos de los primeros países en contar con ella. En Argentina, la habilitación de estas redes se encontraba en fases de implementación y prueba a mediados del año 2014, Movistar y americaintel se prepararon para habilitar en este país (Argentina) la red que les permitió ofrecer desde mediados de 2014 servicios de conexión móvil de alta velocidad, 4G LTE. Mientras que en el Brasil se buscaba ampliar la cobertura (<http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/PostersAlumnos/Posterredes4g.pdf>, 16 de Noviembre, 2015)

El jefe de sistemas TIC y coordinador de INTEL, Jesús Abraham Fernández, realizó para el año 2015 un estudio sobre la red 4G LTE (4G LTE, LA NUEVA ERA DE LAS COMUNICACIONES TÁCTICAS), en el que pretendía mostrar las ventajas de la misma red, ya que estas, son capaces de transmitir y recibir tanto voz como datos, utilizando protocolos de red IP de forma segura a distancias hasta ahora imposibles sin utilizar sistemas de comunicación por satélite (Fernández, 2015).

En Colombia, para el 26 de junio del año 2014, el plan ViveDigital2, anunció que los ciudadanos se beneficiarían, ya que podrán realizar aportes al plan TIC del país, cada colombiano, desde su papel de estudiante, empresario, campesino, profesional o ciudadano digital, puede verse beneficiado si el plan de la cartera de telecomunicaciones avanza como está planeado. La propuesta final, que fue presentada a finales de julio de ese mismo año, se centró en cuatro pilares: aplicaciones, servicios, infraestructura y usuarios

Jorge Iván Salgado García, egresado de la Universidad San Buenaventura de la ciudad de Bogotá, realizó su tesis de grado en el año 2014, sobre un “estudio de viabilidad para llevar internet 4g LTE a zonas rurales de Colombia caso de estudio: municipio de Zipaquirá”, en este, observó que la viabilidad de 4G LTE en el municipio de

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Zipaquirá no tiene mayores problemas, debido a que su geografía permite un buen acceso a las redes de servicio, debido a la diferentes Bandas que se utilizan en 4G LTE pudo variar las antenas usadas en el estudio y la cantidad de las mismas en los diferentes municipios.

En el año 2015 en Colombia, en el mes de Octubre, MINTIC, gestionó una normativa que facilita el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones; anunció nuevas medidas que permitirán mejorar las condiciones para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, y que por ende impactarán en la calidad de servicios como la telefonía celular, se trata de una serie de normas expedidas por la Aeronáutica Civil que inicialmente estarán vigentes en Bogotá, Bucaramanga, Cali, Barranquilla, Cartagena, Tunja, Ibagué, Armenia y Cartago y que permitirán la mimetización o camuflaje de torres o infraestructura de telecomunicaciones. Gracias a estas resoluciones en cada ciudad se definieron sectores o zonas que por sus características específicas, permiten que se apliquen diferentes técnicas para reducir el impacto visual, la percepción de peligro o insatisfacción en la comunidad frente a la infraestructura de telecomunicaciones.

METODOLOGÍA

*“La alegría de ver y entender es
el más perfecto don de la naturaleza”*

[Albert Einstein]

TIPO DE TRABAJO

Inicialmente se optó por recopilar la información relacionada con la implementación de redes 4G, de forma tal que se tuviera una base sólida, apoyándose en reglamentos y artículos publicados para realizar un proyecto de calidad.

Se describe con una visión general la metodología utilizada en la implementación de la herramienta de planificación y sus distintas fases.

PROCEDIMIENTO

Fase 1. Investigación Teórica

Como primera etapa se realizó una investigación de los sistemas LTE, su arquitectura y requerimientos para entender su funcionamiento y su gestión de recursos radioeléctricos.

Fase 2. Diseño y desarrollo de la herramienta

El segundo paso será el de definir de acuerdo a la conveniencia de los cálculos y de las funcionalidades del SIG; la plataforma sobre la cual se

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

desarrollará la herramienta, se procederá a implementar los algoritmos para las simulaciones y predicciones, las fórmulas implicadas en los cálculos de cobertura y demás parámetros. Se recopilaron las cartografías y mapas referentes a la zona en donde se implementará la red.

Fase 3. Planificación de la red LTE aplicando la herramienta

Una vez desarrollada la herramienta se procedió con la tercera fase, la planificación de la red LTE en la ciudad de Manizales, para esto se llevan a cabo varias simulaciones y predicciones con el afán de determinar las posibles opciones de acuerdo a las condiciones y parámetros planteadas para el servicio móvil celular

Fase 4. Procesamiento y análisis de datos

Como cuarta y última fase se procedió a procesar y analizar los datos, se compararon los datos para determinar las mejores configuraciones de acuerdo a las necesidades y se obtuvieron conclusiones con base a los datos obtenidos.

RESULTADOS

*“Lo más importante de la comunicación
es escuchar lo que se dice”*

[Peter Drucker]

DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Para la implementación de la red LTE en Manizales, basándose en su geografía se desarrolló un plan de cobertura óptimo en donde se pudiese incluir al menos el 99% de la zona urbana de esta ciudad. Al no tener uniformidad en el terreno, y al ser una ciudad de condiciones climáticas complejas y variantes incluyendo tormentas eléctricas constantes y una alta densidad de neblina, se decidió simular el alcance de las antenas de forma que la señal fuera constante y además se solape en lo posible con la señal de la antena contigua.

La ubicación de las antenas juega un papel fundamental en el despliegue de la red 4G LTE en Manizales debido a la geografía que la rodea. los requisitos necesarios y las variables a tener en cuenta para la elección de un predio ubicado en determinada zona, para la construcción de nodos, se convierten en todo un análisis de viabilidad y potencial para el correcto desarrollo y cobertura de esta. Los puntos escogidos para la instalación de los nodos LTE en la ciudad de Manizales hacen referencia al estudio de condiciones geográficas de cada uno en donde se analiza el espacio del terreno, la altura respecto a la zona de cubrimiento y la posibilidad de construcción de la infraestructura.

En la ilustración 1, a través de la herramienta ArcMap, se desarrolló la cobertura ideal de la red 4G LTE en Manizales y la mejor alternativa para el correcto despliegue de ésta desde el punto de vista geográfico.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.



Ilustración 1: cobertura ideal de la red 4G LTE en Manizales

Factores Climáticos

Manizales situada a una altura de 2153 msnmm, tiene un clima mayormente templado, hay precipitaciones durante todo el año y presenta lluvia aun en los meses más secos. La temperatura anual promedio de la ciudad, es de 16° Centígrados y posee 8 diferentes microclimas que varían de calor a frío según la época. A raíz de que alrededor de la ciudad se encuentran montañas extensas, se presenta con frecuencia una capa de niebla densa que se produce por medio de la condensación del vapor de agua atmosférica y a veces cubre gran parte de la ciudad.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Una antena expuesta al ambiente natural, tiene una vida útil que depende de las agresiones climáticas que deba soportar como de la robustez mecánica con la que se haya construido, Con la utilización de la palabra robustez se hace referencia a la calidad de los materiales implementados y no a la rigidez física de la misma. Por lo anterior, y sabiendo la variación del clima en la ciudad de Manizales, las antenas que se instalen allí, deben ser de un material resistente a la temperatura tanto en el calor como en el frío, inoxidable que toleren la humedad habitual y seguras procurando que el funcionamiento de la misma sea constante.

Además de los elementos que ocasionan daños a nivel físico, se deben tener en cuenta variables como la exposición al viento, obstáculos próximos, fuentes de ruido eléctrico, antenas de TV, etc. Por lo que se deberá contar con un ángulo de radiación muy alto con respecto al eje de la antena al momento de emitir una señal, que dependerá de la geografía de la zona y la cobertura que se quiera tener. Si la intención específica es reducir la interferencia, se programara dicho ángulo de forma que cumpla solo con el área proyectada. (LEOPEDRINI, TELECOMHALL, 2011).

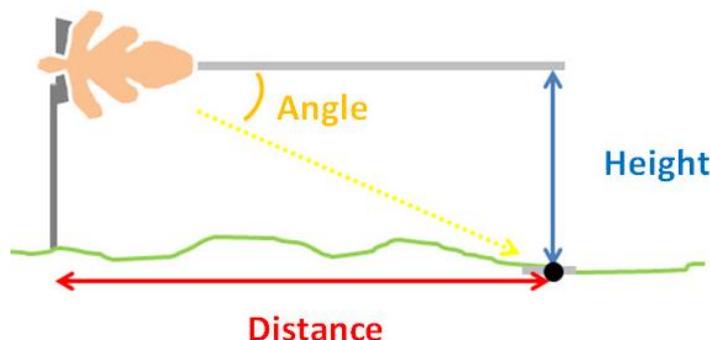


Ilustración 2, Ángulo de radiación.

Fuente: leopedrini, telecomhall, 2011

Al tener presente que la pérdida de una señal a raíz de factores ajenos a la antena se puede producir en cualquier dirección de propagación y que el desvanecimiento total se produce por presencia de una atmósfera refractiva que resulta visible en forma de niebla, de vapor de agua caliente o niebla que refracta el frente de la onda del haz, se debe establecer una frecuencia que se adapte a las condiciones climáticas de Manizales mencionadas anteriormente.

Frecuencias.

Las frecuencias utilizadas en las redes LTE actualmente implementadas son 1900 Mhz y 2500 Mhz o 1,9 y 2,5 Ghz. Lo que facilita la irradiación de las ondas en lugares geográficamente accidentados y con gran variedad de climas, pues la atenuación producida por las interferencias climáticas, sobre todo la niebla y la lluvia solo se convierten en un factor verdaderamente preocupante a partir de frecuencias milimétricas superiores a los 5 Ghz. Con base en esto, las frecuencias a utilizar en el despliegue de la red 4G LTE en Manizales serían los estándares 1900 y 2500Mhz según (MINTIC, ANE & CRC, 2015).

Factores geográficos.

En telecomunicaciones, la poca uniformidad del terreno se presta para obstáculos geográficos que interfieren la señal y dificultan su alcance. La forma más óptima de instalación de nodos LTE en Manizales en relación a la geografía, es en puntos donde la altura sea superior a la zona de cubrimiento y en lo posible libre de construcción ajena a la de la antena. El crecimiento urbano cuenta como variable de estudio para una futura zona de cobertura pero principalmente se analiza el servicio que puede prestar desde una posición estratégica analizada y descrita posteriormente.

El plan de implantación, como se le denomina básicamente a la búsqueda del lugar ideal para la instalación de nuevos nodos, Comienza analizando la zona donde se pretende extender la cobertura. El equipo de ingenieros realizará una visita a cada punto candidato para valorar su viabilidad, desestimando aquellos no viables ya sea por falta de espacio, desacuerdo con la propiedad sobre los equipos a instalar o la calidad/preferencia desde el punto de vista técnico. Esta visita es comúnmente llamada replanteo.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Para mantener una red de calidad, es importante disponer del mayor número de nodos de red que sea posible, asegurando así, llegar a todos los puntos de la geografía y en las zonas de mayor densidad, conseguir repartir la carga de tráfico entre más estaciones. La tecnología DCS (Sistema de control distribuido) permite aumentar el número de antenas y a su vez la capacidad de procesamiento lo que mejora notablemente la infraestructura de la red, aumentando la usabilidad y la viabilidad del despliegue en una ciudad como Manizales. (FERNANDEZ SALMERON, Universidad politécnica de valencia, 2010).

En la ilustración 3 se muestra la importancia de la ubicación de un nodo LTE respecto a la zona geográfica que cubre.



Ilustración 3: importancia de la ubicación de un nodo LTE

Fuente: <http://www.4gamericas.org/es/>

Ubicación estratégica de las antenas.

Las antenas se ubican en los siguientes puntos:

Antena 1: Cerro de oro 2227 msnmm

Antena 2: Sancancio 2189 msnmm

Antena 3: Edificio don pedro 2126 msnmm

Antena 4: Chipre 2190 msnmm

Antena 5: Bosques del norte 2109 msnmm

Se escogieron puntos de más de 2100 msnmm basándose en los motivos mencionados anteriormente, para evitar interferencias o pérdidas de la señal ya que en zonas urbanas, el entorno de propagación de las señales electromagnéticas se ve alterado debido a los efectos de reflexión y difracción producidos por los edificios y demás obstáculos propios de estos escenarios. Por otro lado, una estación base a plena carga, no podrá cursar simultáneamente más de 50 llamadas aproximadamente, si bien este número podrá variar en función de las configuraciones físicas y lógicas de la estación.

Información geográfica tenida en cuenta en la instalación de las antenas.

La ubicación de las antenas se determinó mediante 5 de los puntos más altos de la ciudad con el fin de cubrir mayormente las zonas de difícil acceso y desigualdad geográfica. La ubicación de dos de las antenas instaladas en el municipio de Manizales, se realizaron para el cubrimiento de las zonas con mayor densidad de población en horas pico, y mayor número de conexiones simultáneas en general ya que una antena puede soportar 50 llamadas simultáneas en promedio y en algunas zonas comerciales o administrativas se necesita una redundancia de servicio por el alto número de llamadas en horas pico. (FERNANDEZ SALMERON, Universidad politécnica de valencia, 2010).

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Resultados construidos.

En la ilustración 4 se puede observar la ubicación de las antenas que se instalarán para el despliegue de la red 4G LTE en el municipio de Manizales.

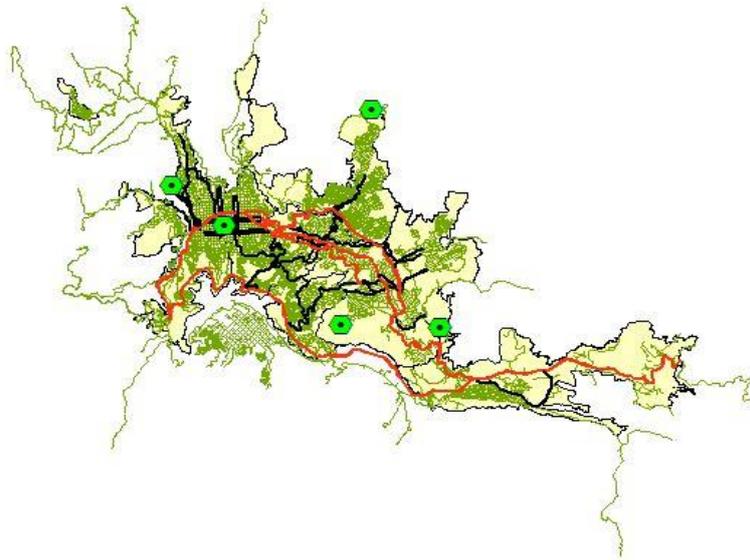


Ilustración 4: Ubicación de antenas para el despliegue de la red LTE en Manizales

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Inicialmente se hicieron pruebas de alcance en función de la cobertura de la totalidad de la zona urbana de la ciudad de Manizales con diferentes valores, se inició con 1 Kilómetro a la redonda por antena omnidireccional. Como se observa en la ilustración 5, no fue suficiente para cubrir todo el perímetro urbano.

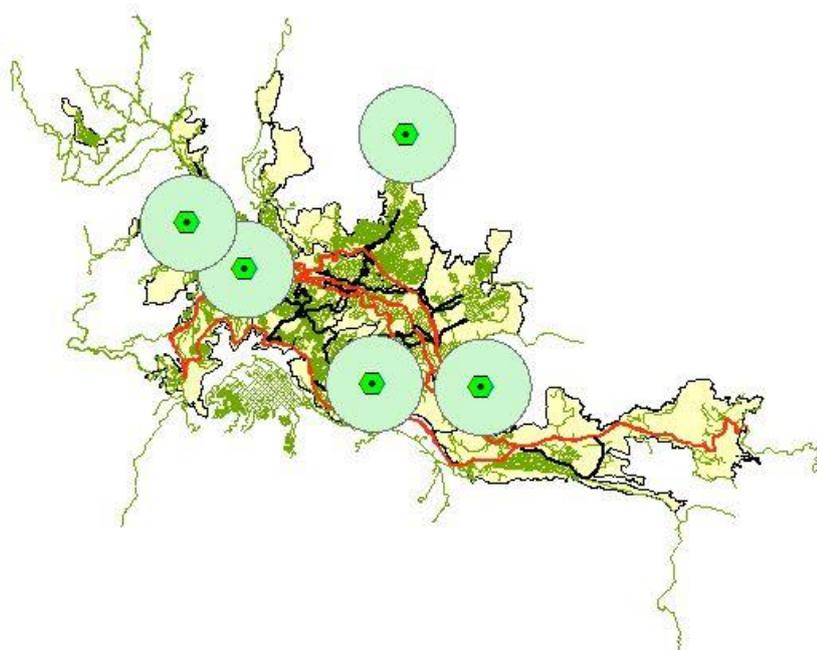


Ilustración 5: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 1Km

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

En segunda instancia, se aumentó la cobertura de la señal emitida por las antenas a 2Km a la redonda. En la ilustración 6 se observa una cobertura parcialmente completa pero no suficiente en zonas pico de conexión, (sector chipre, centro de la ciudad y alrededores).



Ilustración 6: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 2Km.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

Por último, se introduce como factor de cobertura 3Km a la redonda, En donde se puede observar una cobertura total del perímetro urbano de la ciudad de Manizales, y un solapamiento óptimo en los sectores de mayor tráfico y conexión a la red en el Municipio.

En la ilustración 7, se puede observar como la ciudad de Manizales es completamente cubierta con la señal de las antenas emitidas a 3Km a la redonda, en donde se puede determinar un servicio (de cobertura) completo de LTE.

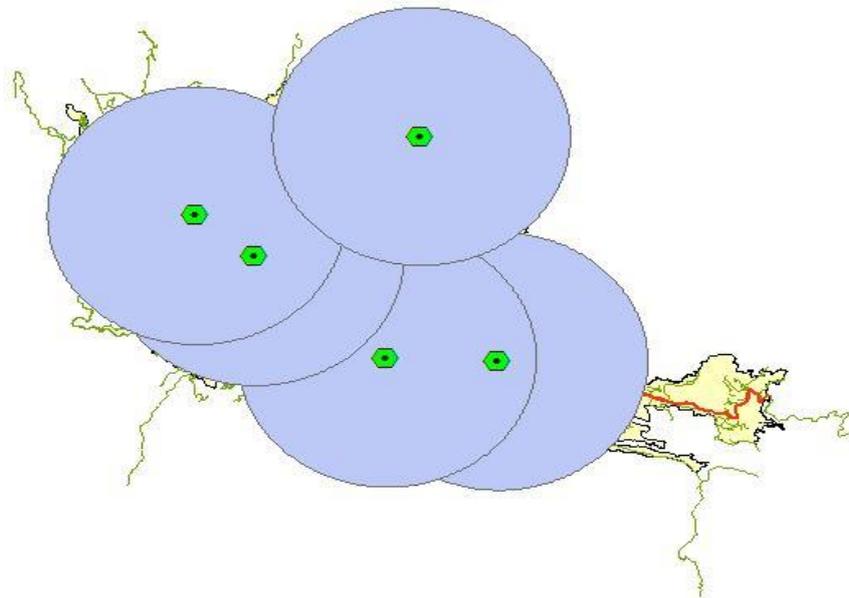


Ilustración 7: Cobertura de red LTE con antenas irradiando a 3Km.

CONCLUSIONES

“Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia”

[Arthur Clarke]

- La ubicación que se determine como estratégica para el montaje e instalación de celdas de transmisión de redes 4G LTE, debe ser en lo posible en una altura superior a la de la zona que se pretende cubrir con el servicio, pues al ser geográficamente diferentes pueden verse afectadas por los obstáculos naturales y artificiales que se puedan encontrar entre la emisión y la recepción.
- La potencia con la que se pretende irradiar la señal de las antenas prestadoras de servicio LTE debe ser correctamente calculada de forma tal que la cobertura sea constante y los factores adversos se puedan suprimir. La potencia estará ubicada directamente en las antenas que se pondrán en las zonas elegidas.
- Las condiciones climáticas a las que se pueda enfrentar la zona donde se va a hacer el montaje o despliegue de una celda LTE, deben ser tenidas sumamente en cuenta a la hora de irradiar la señal en función de la distancia. Las tormentas eléctricas, la niebla, la humedad y las tormentas solares pueden afectar seriamente el rendimiento, alcance y calidad de la señal.
- Las zonas de mayor tráfico y conexión simultánea en horas pico y valle generalmente medidas por densidad de población, deben tener una mayor cobertura no reflejada en el alcance sino en el número de ‘check in’ simultáneos que pueda soportar cada celda.
- Las herramientas SIG fueron fundamentales en el momento de establecer la planeación de la ubicación geográficamente y estimar la cobertura de

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

las antenas en kilómetros a la redonda, teniendo en cuenta todos los factores que desde dichas herramientas se pueden analizar.

- Al ser la red de datos 4G LTE la última tecnología en navegación móvil implementada en el mundo, es importante resaltar el desarrollo del que sería acreedora la ciudad de Manizales si llegase a implementarlo en toda la ciudad, es decir, lograr una cobertura total en la misma. El crecimiento comercial y tecnológico mostraría una perspectiva más alentadora de la ciudad.

RECOMENDACIONES

*“La tecnología es increíblemente importante
para que los edificios sean de hoy
y no un reflejo del pasado”*

[Glenn Murcutt]

- Se recomienda tener en cuenta la humedad promedio de Manizales para seleccionar el mejor tipo de antenas para prevenir daños en las mismas o algún tipo de interferencia a la hora de prestar el servicio.
- Se recomienda tener en cuenta la cantidad de usuarios por nodo o célula de 4G que se va instalar para no sufrir una sobrecarga de clientes.
- Se debe tener vigilancia las 24 horas, para evitar pérdidas, robos o daños tanto de la infraestructura como del cableado.
- Al ser la ciudad de Manizales acreedora de condiciones climáticas bastante variables, se recomienda hacer un monitoreo constante de la tecnología utilizada en general para asegurar su estado tanto físico como funcional.

BIBLIOGRAFÍA

- BARREDO J.I. (1996). "Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio". RA-MA Editorial. Madrid
- BOSQUE SENDRA J. (1997). "Sistemas de Información Geográfica". 2a edición, RIALP. Madrid.
- CALLE, S. (2015). *Estudio de hábitos socioculturales. Un análisis de patologías óseas*. Manizales: Universidad de Caldas.
- CALVO M. (1993). "Sistemas de información geográfica digitales. Sistemas Geomáticos". Oñati, Instituto Vaso de Administración Pública.
- CHUVIECO E. (2002). "Teledetección ambiental". Colección Ariel Ciencia. Editorial Ariel. Madrid.
- CASTRO, D. (7 de Julio de 2013). A Caldas la atraviesa una honda falla geológica. *LA PATRIA*.
- COMAS D. Y RUIZ E. (1993). "Fundamentos de los sistemas de información geográfica". Editorial Ariel. Barcelona.
- CRC, & ANE. (2012). *Código de buenas prácticas para el despliegue de infraestructura de redes de comunicaciones*. Bogotá: Comisión de Regulación de Comunicaciones.
- DMESEN. (19 de Noviembre de 2015). *Monografías.com*. Obtenido de Monografías.com: <http://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.shtml>
- FAROOQ Khan, LTE for 4G Mobile Broadband Air Interface Technologies and Performance. Cambridge-USA, Cambridge University Press, 2009.
- FERNÁNDEZ, J. A. (2015). *4G LTE, LA NUEVA ERA DE LAS COMUNICACIONES TÁCTICAS*. España: Instituto español de estudios estratégicos.
- GARCIA, P., VALLS, F., & MOIX, M. (2011). *SIG en la gestión de la información urbanística en el ámbito local*. Catalunya: Centre de Política de Sòl i Valoracions .
- GUTIÉRREZ J. Y GOULD M. (1994). "SIG: Sistemas de Información Geográfica" X Síntesis. Madrid.

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

HERNANDO RÁBANOS, José María. Transmisión por Radio. Madrid –España, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S. A., 1993.

HOLMA Harri and TOSKALA Antti, LTE for UMTS: OFDMA and SC - FDMA Based Radio Access. Finlandia-USA, John Wiley & Sons, Ltd.,2009.

INFORMÁTICAHOY. (17 de Noviembre de 2015). Obtenido de Informaticahoy: <http://www.informatica-hoy.com.ar/soluciones-moviles/1G-2G-GSM-3G-EDGE-HPSA-4G-LTE-evolucion-conexiones-moviles.php>

LAÍN, L. (1999). *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*. Madrid: Instituto tecnológico geominera de España.

LEE William C. Y., Mobile Cellular Telecommunications. Segunda Edición. New York, -USA, McGraw-Hill, Inc., 1995

MINTIC, ANE, & CRC. (2015). *Proceso de selección objetiva para asignación de espectro radioeléctrico en las bandas 700 MHz (Dividendo Digital), 900 MHz, 1.900 MHz y 2.500 MHz para servicios móviles terrestres*. Bogotá: MINTIC.

MIXTAPE.TOUR. (8 de Febrero de 2011). *Significado-s*. Obtenido de Significado-s: <http://www.significado-s.com/e/redes-troncales/>

MURGUET Roberto. Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE. Cuenca – Ecuador, Universidad del Azuay, 2006.

NIETO, C. G. (s.f). *Aspectos teóricos en la enseñanza de los SIG, relacionados a su origen y evolución*. México: Centro de investigación en geografía y geomática "Ing. Jorge L. Tamayo".

PARSONS J. D., GARDINER J. D. Mobile Communication Systems. Londres _ Inglaterra. Blackie and Son Limited, 1989.

PERGAMINO VIRTUAL. (19 de Noviembre de 2015). Obtenido de Pergamino Virtual: <http://www.pergaminovirtual.com.ar/definicion/WiMAX.html>

ROBLES, L. F. (19 de Noviembre de 2015). *Redes de Informática: Hermosillo II*. Obtenido de Redes de Informática: Hermosillo II: <https://sites.google.com/site/redesdeinformaticahermosilloii/medios-de-transmision/fibra-optica>

SAMETBAND, R. (13 de Mayo de 2014). *La nación*. Obtenido de La nación: <http://www.lanacion.com.ar/1690187-que-es-el-4g-y-por-que-importa-el-anuncio-de-hoy>

Sistemas de información geográfica como herramienta para la implementación estratégica de redes 4g en Manizales.

TANGARIFE, C. A., & LONDOÑO, L. (2013). MODELO BASADO EN SIG PARA EL ESTUDIO DE LA MORTALIDAD POR ENFERMEDAD CEREBRO-VASCULAR. *Ing. USBMed*, 37-46.

VILA, J., & VARGA, D. (2008). *Evaluación y prevención de riesgos ambientales en centroamérica: Los sistemas de información geográfica*. España.

ZAVIA, M. S. (22 de febrero de 2012). *Xataka*. Obtenido de Xataka: <http://www.xataka.com/moviles/que-es-lte>

4G Americas, Global 3G and 4G Deployment Status HSPA / HSPA+ / LTE / 9 April 2013, www.4gamericas.org.