

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Paraná



## Comunicaciones Móviles

*TP Integrador: Sitios y Antenas  
Celulares*

Carrera: Ingeniería Electrónica

Alumnos:

- Carnevale Yonzo Lucio Mariano  
([luciocarnevaleyonzo@alu.frp.utn.edu.ar](mailto:luciocarnevaleyonzo@alu.frp.utn.edu.ar) -  
Legajo 14610)
- Sanchez Joaquin Omar  
([joaquinsanchez@alu.frp.utn.edu.ar](mailto:joaquinsanchez@alu.frp.utn.edu.ar) – Legajo  
15179)

Profesores: Ferreras Daniel – Giannini Roberto

29/01/2024

# Resumen

Este trabajo práctico, con características de informe técnico/teórico, se enfoca en la planificación y proyección de la instalación de una estación base y su torre con tecnologías para comunicaciones móviles (2G, 3G, 4G, entre otras) en la zona de La Picada, localidad de 700 habitantes ubicada a 20 Km al este de Paraná, junto a la ruta nacional 12. Se comienza con la selección de un grupo de posibles áreas para la estación base y la argumentación de porque fueron seleccionadas, siempre apoyándonos en la legislación de la zona. Luego se realiza una comparación entre dos perfiles de enlace entre La Picada y el Acceso Norte y La Picada y La Loma y se sacan conclusiones sobre la misma. Se continua con algunas simulaciones para conocer el área cobertura de la estación base proyectada con la ayuda del software Xirio online [1] en su versión gratuita, modificando algunos parámetros como la altura y la potencia. Finalmente, se relevan las áreas de una estación base real de la empresa Claro, identificando sus partes más importantes, sus características y los equipos que utilizan.

# Abstract

This practical work, resembling a technical/theoretical report, focuses on the planning and projection of the installation of a base station and its tower with mobile communications technologies (2G, 3G, 4G, among others) in the area of La Picada, a locality with 700 inhabitants located 20 km east of Paraná, adjacent to National Route 12. It begins with the selection of a group of potential areas for the base station and the argumentation of why they were selected, always relying on the legislation of the area. Then, a comparison is made between two link profiles between La Picada and Acceso Norte, and La Picada and La Loma, drawing conclusions from it. Some simulations are then conducted to determine the coverage area of the projected base station using the Xirio online [1] software in its free version, adjusting parameters such as height and power. Finally, areas of a real base station belonging to the Claro company are surveyed, identifying its most important parts, characteristics, and the equipment it utilizes.

# Keywords

Nodo, Sitio celular, Telefonía, Torre celular, Xirio online.

# Índice

## Contenido

Resumen.....	2
Abstract .....	2
Keywords.....	2
Índice.....	3
Índice de figuras .....	4
Introducción .....	5
Consignas .....	6
Desarrollo .....	8
2) Opciones del Sitio Celular .....	8
3) Enlace y Torre.....	12
4) Cálculo de cobertura en entorno rural .....	14
5) Optimización de la cobertura.....	17
6) Relevamiento de Sitio Celular .....	18
Conclusión .....	27
Referencias.....	28

# Índice de figuras

## Contenido

Figura N°. -1	Imagen satelital de La Picada. ....	8
Figura N°. -2	Posible ubicación del sitio celular. ....	8
Figura N°. -3	Ubicaciones alternativas para el sitio.....	10
Figura N°. -4	Croquis del sitio celular. ....	10
Figura N°. -5	Perfiles de enlaces punto a punto 1 y 2. ....	12
Figura N°. -6	Configuración Xirio Online. ....	14
Figura N°. -7	Rangos de nivel de señal. ....	14
Figura N°. -8	Cobertura de la señal radioeléctrica. ....	15
Figura N°. -9	Cobertura de la señal radioeléctrica – Torre de 15M y 1W de potencia. ....	15
Figura N°. -10	Cobertura de la señal radioeléctrica – Torre de 45M y 20W de potencia. ....	16
Figura N°. -11	Cobertura de la señal radioeléctrica – Banda de 1900Mhz. ....	16
Figura N°. -12	Posición de la antena optimizada. ....	17
Figura N°. -13	Posición de la antena optimizada – Torre de 45m y 10W de potencia.....	17
Figura N°. -14	Posición de la antena optimizada – Torre de 30m y 20W de potencia.....	17
Figura N°. -15	Torre sitio Claro – foto panorámica. ....	18
Figura N°. -16	Torre sitio Claro – foto ángulo inferior.....	19
Figura N°. -17	Torre sitio Claro – Dibujo a mano. ....	20
Figura N°. -18	Torre sitio Claro – Ángulos Azimut de cada sector. ....	21
Figura N°. -19	Distancia sheltter a torre.....	21
Figura N°. -20	Sitio Celular Claro – Banco de baterías. ....	22
Figura N°. -21	Sitio Celular Claro – Placas de radiofrecuencia. ....	23
Figura N°. -22	Sitio Celular Claro – DWDM. ....	23
Figura N°. -23	Sitio Celular Claro – Placas de tráfico MPLS. ....	24
Figura N°. -24	Población de la zona en 2016.....	25
Figura N°. -25	Población de la zona en 2024.....	26
Figura N°. -26	Cobertura antena 5G.....	26

# Introducción

Los sitios celulares representan una infraestructura esencial para proporcionar servicios de telecomunicaciones móviles en áreas específicas. Su despliegue implica la consideración de una serie de variables técnicas, requisitos legales y características demográficas para garantizar una cobertura efectiva y confiable. Es aquí donde entra en juego el papel fundamental del ingeniero en electrónica, quien se enfrenta al desafío de diseñar, implementar y mantener estos sitios para satisfacer la creciente demanda de conectividad. Este ejercicio se plantea con el objetivo de enriquecer el expertise del ingeniero en electrónica, permitiéndole abordar de manera eficiente y efectiva los complejos requerimientos asociados con la expansión y optimización de la red celular.

# Consignas

## **2. Enunciado del problema y Opciones de sitio**

Imagine que Ud. ha sido contratado por una empresa de telefonía celular que necesita brindar cobertura en la localidad de La Picada (Entre Ríos) y le ha encomendado la tarea de hallar un sitio en un anillo de búsqueda de 1 Km de radio, centrado en la intersección de las rutas 10 y 12:

**2.1-** Evalúe opciones y justifique dónde sería conveniente ubicar el sitio (defina las coordenadas geográficas). Para complementar su justificación puede investigar sobre las leyes y ordenanzas que regulan las instalaciones celulares en la zona, tener presente la necesidad o no de mejorar o realizar accesos viales al sitio, el tipo de servicio eléctrico requerido y obras complementarias para su conexión.

**2.2-** Diagrame un croquis con el layout del sitio, tenga en cuenta el tipo de obra civil necesaria para instalar los equipos, ubicación y tipo de torre a instalar, tipo de seguridad perimetral requerida y demás observaciones y detalles que le parezcan importantes agregar. Para completar el trabajo puede valerse de una planilla de relevamiento tal como la sugerida en el Anexo I

## **3. Enlace y torre**

En el Anexo II se observan dos posibles enlaces para el vínculo de transmisión del sitio y sus respectivos perfiles.

**3.1-** Según lo observado, cuál sería la torre estándar con altura mínima que sería requerida para el sitio (ver tipos de torres en el Anexo III)

**3.2-** Teniendo en cuenta la torre elegida en el punto anterior: ¿a qué altura colocaría las antenas celulares del sitio?

**3.3-** Teniendo en cuenta los gráficos de los perfiles de enlaces y los datos de los sitios hacia los cuales se podría realizar el vínculo de transmisión: ¿cuál de las opciones resultaría más conveniente? Justifique

**3.4-** ¿Por qué motivo es necesario realizar el vínculo de transmisión?

## **4. Cálculo de cobertura en entorno rural**

Realizar un estudio de cobertura de una hipotética estación base situada en el entorno rural mencionado en el punto anterior.

Como herramienta de planificación de radio, se utilizará el programa Xirio-OnLine (<https://www.xirio-online.com/>), para ello diríjase a la página oficial y cree un usuario nuevo con la información solicitada. Siga todos los pasos mencionados en el Anexo IV

**4.1-** Observe el gráfico de cobertura obtenido y justifique su forma. ¿Existe homogeneidad de señal en todos los puntos equidistantes a la antena? Justifique

**4.2-** Mencione algunos de los parámetros más importantes a tener en cuenta para determinar la cobertura radioeléctrica del sitio ¿Qué valores de los parámetros se propone para este caso? Justifique su respuesta analizando diferentes valores posibles con la herramienta de cálculo

**4.3-** Según el gráfico obtenido en la simulación, obtenga el radio de cobertura aproximado de la celda.

**4.4-** ¿Cuáles serán las dimensiones mínimas del sitio en función de la altura y tipo de torre necesaria? (Ver tabla de Anexo III)

**4.5-** ¿Qué ocurre con la cobertura si la celda transmite en la banda de 1900 Mhz? Realice la simulación correspondiente en un canal de bajada de dicha banda.

### **5. Optimización de la cobertura**

Analice mejorar de cobertura del sitio por medio de los siguientes cambios:

a. Utilice para ello la opción optimizar posición del sector, que está en la ventana donde se definió la posición inicial del transmisor. ¿Qué fue lo que ocurrió?

b. Incrementar la altura de la antena en 15 m.

c. Incrementar la potencia a 20 W.

**5.1-** ¿Cuál de las tres opciones incrementa más la cobertura en la zona bajo estudio?

### **6. Lista de Relevamiento sitio celular.**

- Fecha.
- Denominación del sitio.
- Fotos panorámica de la Torre (Llevar una brújula para identificar el vértice que apunta al norte).
- Fotos por cada ángulo de la Torre con zoon.
- Identificar si existen espacio disponibles para coubicaciones.
- Altura de la Torre.
- Dibujo a mano de la Torre ubicando las antenas.
- Azimut de los sectores.
- Distancia cuarto de equipos a torre.
- Foto tipo ángulo de la Torre.
- Fotos cuarto de equipos.
- Tomar medidas internas cuarto de equipos.
- Fotos rack existentes (identificando cada uno de los equipos conectados).
- Consumo carga actual y rectificadores disponibles.
- Espacio disponible para nuevos equipos.
- Distancia alimentación a nuevos equipos.

**7-** Prepare una presentación (puede ser en formato Power Point) para exponer y debatir en clase el trabajo realizado

# Desarrollo

## 2) Opciones del Sitio Celular

Utilizando la herramienta Google Earth [2], identificamos el área indicada en el enunciado. La Picada se encuentra en la intersección de la ruta nacional 12 y la ruta provincial 10 como se muestra en la *figura n°1*. Es una comuna con aproximadamente 700 habitantes ubicada al Este de la ciudad de Paraná, aproximadamente a unos 25 Km de distancia.

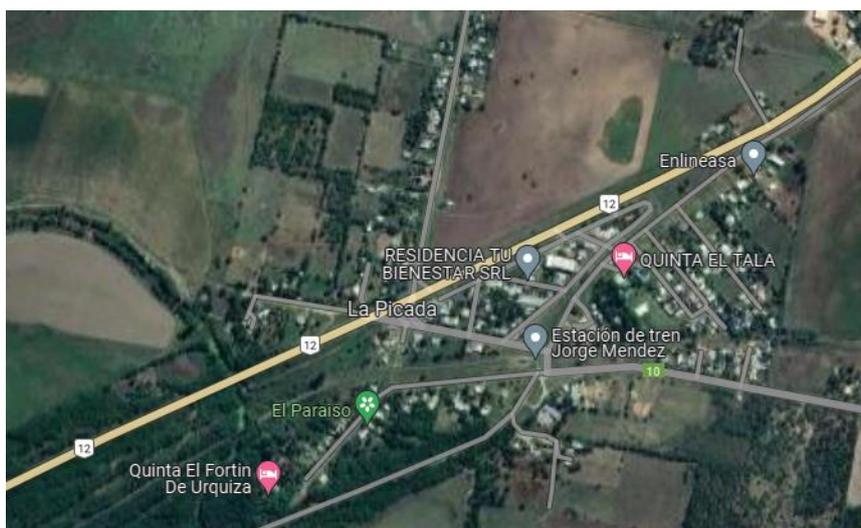


Figura N°. -1 Imagen satelital de La Picada.

Según lo indicado por el trabajo, el sitio a instalar debe ubicarse en un radio de 1 Km en torno a la intersección de las rutas 10 y 12. Por tanto, y analizando la imagen satelital de la zona, unos de los posibles lugares a utilizar es el indicado en la *figura n°2* mediante un rectángulo rojo.

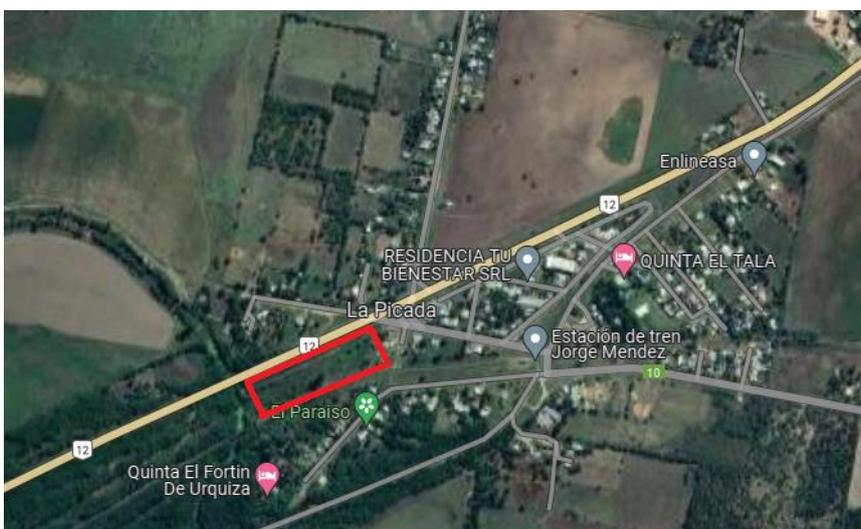


Figura N°. -2 Posible ubicación del sitio celular.

Las coordenadas geográficas del área son 31°43'33.3"S ; 60°17'57.2"W.

Según mediciones hechas en el mismo programa, la zona remarcada cuenta con 250 metros de largo por 60 de ancho. Consideramos, guiándonos con las medidas del Anexo III, que este espacio es más que suficiente para instalar el sitio celular. Además de esto, mediante las imágenes podemos decir que se trata de un terreno llano propicio para la realización de la obra civil y además tiene la ventaja de tener poca arboleda (consideremos que estas apreciaciones son hechas en base a lo que Google Earth permite). También, su cercanía a la ruta permitiría fácil acceso vehicular al sitio y favorece la conexión a la red eléctrica ya que esta misma es lindera a la ruta. Por estos y otros motivos creemos que la zona seleccionada es buena opción para el sitio.

Luego de investigar las legislaciones que regulan los aspectos técnicos y sociales relacionados a la instalación de sitios celulares, en donde podemos nombrar la ley 27.028 [3] y la ley 22.285 [4] (leyes nacionales), destacamos la ley provincial 10.383 [5] correspondiente a Entre Ríos. La misma cuenta con 42 artículos en los que se establecen las regulaciones referidas a la instalación de estructuras para soporte de sistemas de radiocomunicaciones, antenas e infraestructuras relacionadas.

El artículo 4 de dicha ley dice: **Autorízase el emplazamiento de ESTRUCTURAS SOPORTE DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES, ANTENAS Y SUS INFRAESTRUCTURAS RELACIONADAS según criterios que se establecen en el Anexo I de la presente.** [5]

Si nos remitimos al Anexo I encontraremos siete puntos que dan algunas especificaciones y/o consideraciones que deberá cumplir el sitio a instalar. Además también brinda información sobre lo que está permitido y prohibido al momento de edificar el sitio y la torre.

Más allá de esta ley provincial, no pudimos encontrar información sobre alguna legislación específica de la comuna de La Picada, así que continuaremos el análisis del trabajo considerando que la ley 10.383 y otras leyes nacionales son las únicas legislaciones que considerar.

Con el fin de brindar más alternativas de sitios hemos seleccionado otros dos terrenos teniendo en consideración los puntos anteriormente mencionados.



Figura N°. -3 Ubicaciones alternativas para el sitio.

### Croquis del sitio celular

A continuación, mostramos el croquis del sitio celular indicando las partes fundamentales que no pueden faltar en el mismo. La disposición de las mismas puede variar pero deben estar presentes sin falta.



Figura N°. -4 Croquis del sitio celular.

Los elementos que consideramos fundamentales se encuentran nombrados en la figura n°3 y representados por un rectángulo rojo. El rectángulo negro indica el cerco perimetral, con su respectiva puerta de acceso y camino vehicular. Resaltamos que utilizamos como referencia para este croquis los elementos que pudimos identificar en un sitio celular real, como el visitado de la compañía Claro.

Los elementos del sitio serían los siguientes:

1. Torre: Puede ser de tipo Arriostrada o Autosoportada/Monoposte. En nuestro caso se podría utilizar una torre Arriostrada de como máximo 60 metros de altura (considerando las dimensiones físicas del espacio geográfico seleccionado). Para las autosoportadas/monoposte no hay restricción en este aspecto. Si hablamos de diferencias en relación a los recursos necesarios para su instalación, las torres arriostradas ocupan más espacio físico que las Auto./Mono. y requieren de columnas u otra obra civil especial como punto de sujeción de los cables que la sostienen. En comparación, las Auto/Mono no requieren cables pero si necesitan cimientos mucho más reforzados ya que todo el peso de la torre recaerá sobre ellos y son mucho más pesadas que las Arriostradas.
2. Shelter equipos radioenlace: Cuando decimos Shelter nos referimos a por ejemplo un contenedor cerrado como los utilizados en embarcaciones. El Shelter de equipos de radioenlace contendrá las placas dedicadas a trabajar en conjunto con las antenas de la torre. A estas placas las podemos diferenciar entre aquellas utilizadas para la red de acceso y aquellas utilizadas para la red de transporte de los datos. Además de esto, en este shelter también se encontrará un banco de baterías utilizado para alimentar todo el sistema en caso de fallas en la red eléctrica, alarmas indicadoras de eventos que requieren ser atendidos con urgencia, etc. Para destacar también, las placas las podemos diferenciar en base al tipo de servicio/tecnología que brindan, es decir 2G, 3G, 4G, 5G... entre otros.
3. Shelter servicios especiales: En este contenedor de dimensiones reducidas se encontraran las mismas clases de placas que en el shelter de equipos de radioenlace, con la diferencia que estas son contratadas por empresas particulares para asegurarse un servicio diferenciado dentro de la red. Por lo general, con un gabinete tipo rack que esté completamente protegido del ambiente exterior es suficiente.
4. Equipo generador: Por lo general el equipo generador se trata de un motor a combustión, de grandes dimensiones, que provee autonomía energética por algunas horas. Es un equipo que requiere mantenimiento y debe ubicarse estratégicamente para que no represente ningún peligro o molestia para las personas.
5. Puerta/Tranquera de acceso: Lugar por donde ingresan al sitio personas ya sea a pie o en vehículos. El tamaño debe ser el suficiente para permitir cualquiera de ambas.
6. Camino: Necesario para la adecuada circulación de vehículos al sitio, pudiendo ser de material o no (dependerá del porte de los vehículos que por lo general transitan).

7. Tejido perimetral: El tejido perimetral debe cumplir la función de delimitar físicamente la zona propia del sitio celular y también de protección frente a posible vandalismo/robo de los equipos. Por tanto, siempre será recomendable que su material de construcción sea acero de buen grosor, con postes de cemento o acero, de altura mayor o igual a 2 metros, y en lo preferente con una protección anti saltos como puede ser un alambre de púas o boyero eléctrico.

### 3) Enlace y Torre

Para el siguiente análisis, el Anexo II del trabajo nos presenta dos enlaces punto a punto. Uno entre la localidad La Picada y el Acceso Norte de la ciudad de Paraná y otro entre La Picada y La Loma. Las simulaciones de los estudios de los enlaces se observan en la figura n°4, siendo el de la izquierda correspondiente al enlace Acceso Norte – La Picada (Enlace 1) y el de la derecha al enlace La Loma – La Picada (Enlace 2).

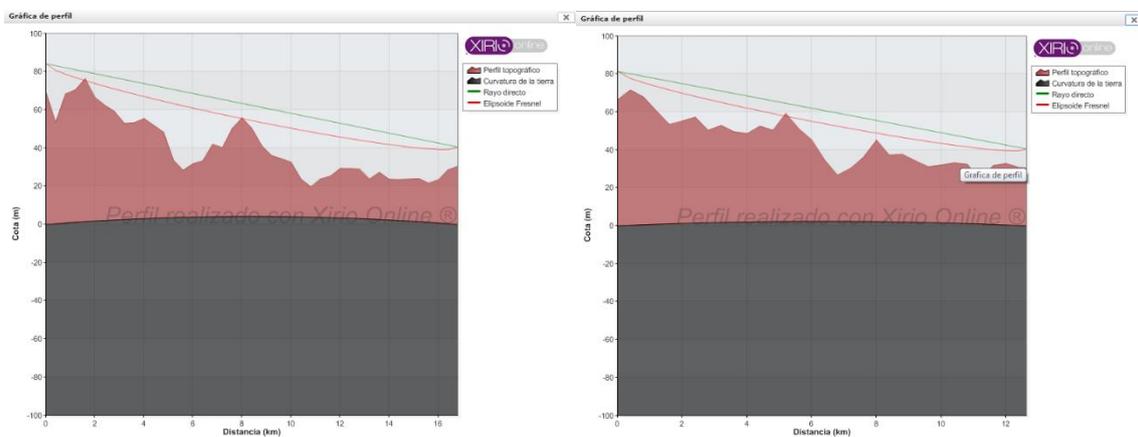


Figura N°. -5 Perfiles de enlaces punto a punto 1 y 2.

Las simulaciones arrojadas por Xirio nos muestran en gris la curvatura de la tierra, siendo esta la referencia del nivel del mar (cero metros), en marrón el perfil geográfico indicador de la altura real del terreno en donde se emplazaría la torre y también de las posibles obstrucciones en el camino de la señal, siendo verde la señal directa entre los puntos enlazados y naranja la parte inferior de la elipsoide de Fresnel. Aclaremos que la elipsoide de Fresnel es una zona de forma elipsoidal en donde no debe idealmente haber ninguna obstrucción a la señal compartida entre dos puntos transmisores/receptores. De haberlo, generaría importantes pérdidas en la potencia de debido a difracciones e interferencias destructivas.

La altura mínima que debe tener la torre tendrá que ser la necesaria para que la elipsoide de Fresnel se encuentre libre de toda obstrucción en su interior. Es necesario por lo tanto para conocer la altura mínima de la torre y saber también cual es la altura que tienen las zonas en donde se ubicara la torre transmisora y la torre receptora en base a su perfil geográfico. Analizando los perfiles de enlace de la figura 4 arrojados por el software Xirio, pudimos determinar que:

- La Picada tiene una altura de 30 metros sobre el nivel del mar (MSNM).
- El Acceso Norte tiene altura de 70 metros MSNM.
- La Loma tiene altura de 65 metros SNDM.

Sabiendo esto podemos determinar que para el caso del enlace 1, en donde el perfil geográfico alcanza obstrucciones de hasta 80 metros (observando la figura 4), podemos determinar que la torre ubicada en el Acceso Norte deberá superar esta marca. Teniendo en cuenta los 70 MSNM iniciales del área, y tomando como referencia las alturas estándares de torres del Anexo III, podemos decir:

- Para torre Arriostrada: 30 metros.
- Para torre Autosoportada/Monoposte: 45 metros.

Ahora bien, la torre del área La Picada, cuya altura base es de 30 MSNM, no está tan comprometida con el perfil geográfico, ya que viendo la figura 4 podemos decir que las obstrucciones no superan los 30 metros. Por lo tanto, con torres de alturas mínimas tanto arriostrada como auto/mono estaríamos en buenas condiciones.

Para el caso del Enlace 2, la altura del perfil geográfico del area correspondiente a La Loma se puede aproximar en 65 MSNM. Por tanto, con las mismas especificaciones de torres que para el enlace 1 debería ser suficiente.

Como conclusión, tomando en cuenta lo dicho anteriormente y también considerando la suposición de que las torres, tanto en el Acceso Norte como en La Loma, serian emplazadas en terrenos llanos, y sabiendo que las torres auto/mono ocupan menos espacio geográfico que las arriostradas, la elección que nosotros haríamos para cualquiera de las tres áreas es utilizar torres tipo autosoportadas/monoposte de una altura de 45 metros, asegurando que la señal viaje sin obstáculos en su camino hasta su destino.

Con respecto a lo relacionado con la altura de las antenas celulares en las torres, ubicaríamos estas por debajo de las antenas de enlace punto a punto de microondas que unen los sitios entre si. Estas (de forma de tambor) se ubicarían en la parte mas alta de las torres para asegurar la buena calidad de la señal, mientras que las de celular (de tipo panel) estarían por debajo de las primeras, lo más alto posible.

Por último, para poder determinar cuál de los dos enlaces, el 1 o el 2, es más conveniente para lograr una conexión final con la central celular (entendemos que este es el objetivo final, ya que no está especificado en el trabajo), creemos que el enlace 1 (Acceso Norte – La Picada) es más conveniente para el objetivo. Si bien el perfil geográfico del enlace 2 es ligeramente mejor que el 1, la diferencia es casi mínima y podrían tomarse como iguales. Descartando esto, el sitio del Acceso Norte cuenta con un generador cosa que en La Loma no se encuentra, por lo que es más fiable en caso de fallas eléctricas. También, el Acceso Norte se conecta directamente con fibra óptica a la central celular, lo cual representa una gran capacidad de velocidad en la transmisión de datos. Por esto, concluimos que el Enlace 1 es superior al Enlace 2.

#### 4) Cálculo de cobertura en entorno rural

Se realizó la configuración detallada en el anexo IV:

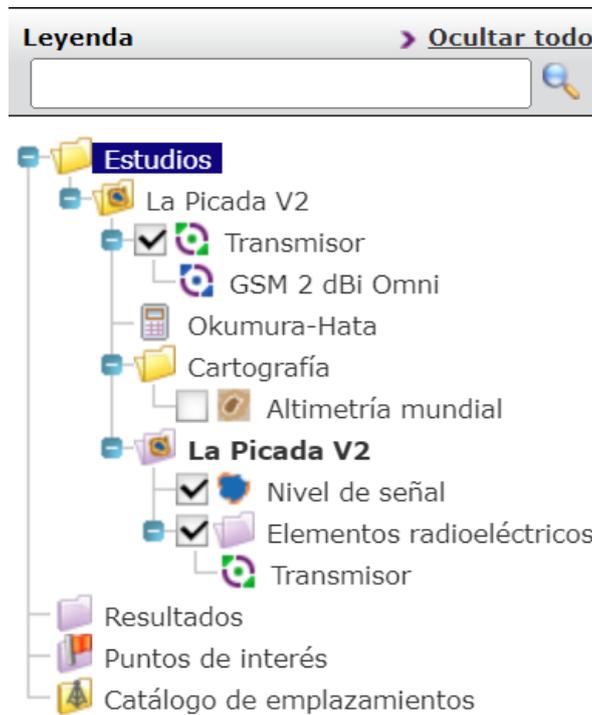


Figura N°. -6 Configuración Xirio Online.

Claramente no existe homogeneidad de la señal en toda el área de interés. Esto se puede explicar debido a la atenuación de la señal la cual podemos identificar por colores, siendo esta atenuación la siguiente según cada color:



Figura N°. -7 Rangos de nivel de señal.

Pero si existe homogeneidad en los puntos equidistantes del centro, ya que la cobertura de la señal es omnidireccional por tanto ignorando diferencias geográficas, la señal presente 100 metro en dirección sur es la misma que 100 metros en dirección norte.

El resultado de la simulación y su respectiva radiación radioeléctrica de señal es la siguiente:

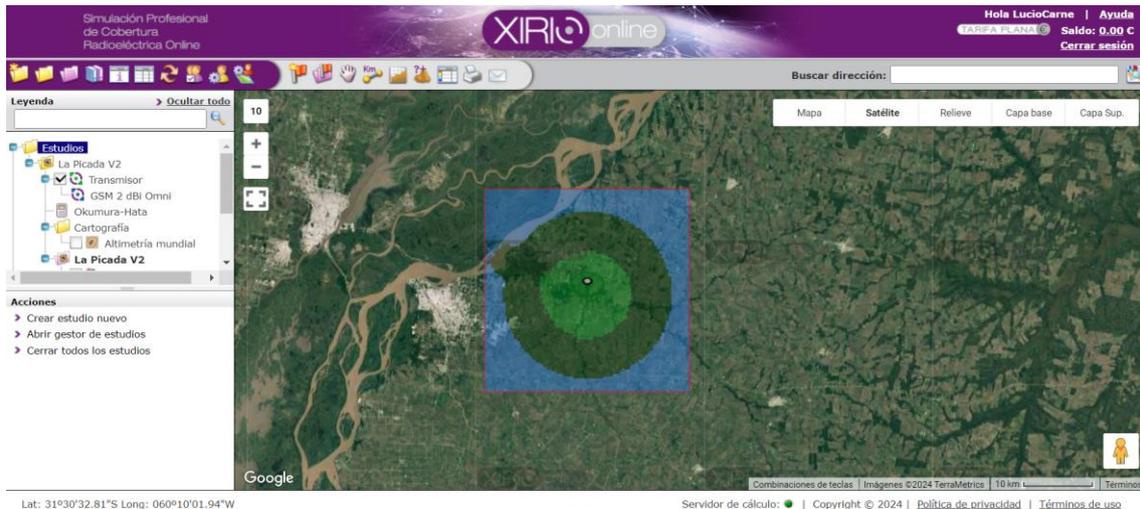


Figura N°. -8 Cobertura de la señal radioeléctrica.

Algunos de los parámetros más importantes a tener en cuenta para determinar la cobertura radioeléctrica son:

- Altura de la antena.
- Potencia.

Los parámetros implementados en esta simulación fueron:

- Altura de la antena: 30 metros.
- Potencia: 10W.

Para justificar esta respuesta disminuiré e incrementaré en 15 metros la antena y disminuiré e incrementaré en 10W la potencia.

Resultado con antena de 15 metros y 1W (la app no permite potencia 0):

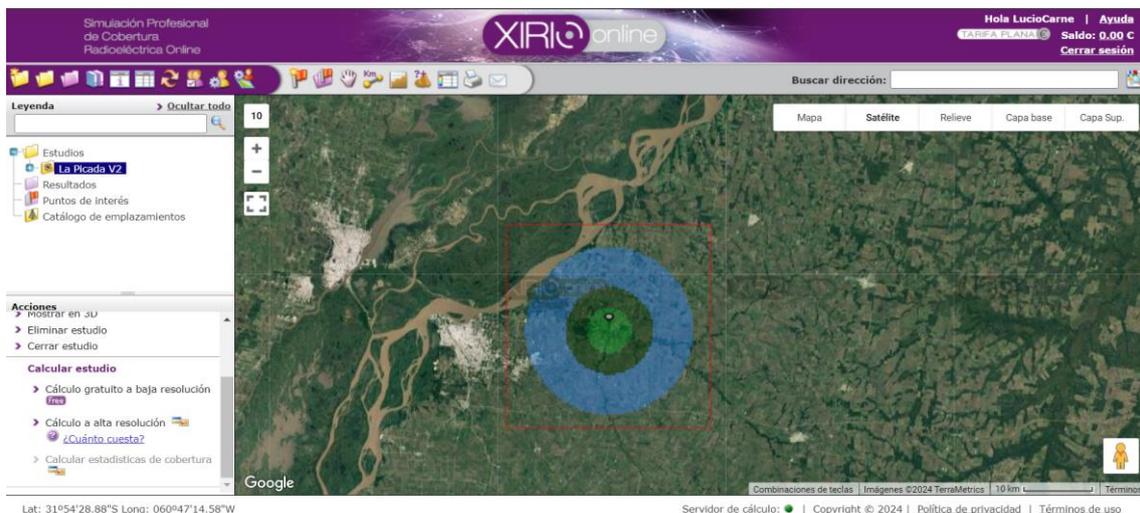


Figura N°. -9 Cobertura de la señal radioeléctrica – Torre de 15M y 1W de potencia.

Resultado con antena de 45 metros y 20W:



Figura N°. -10 Cobertura de la señal radioeléctrica – Torre de 45M y 20W de potencia.

Los radios de cobertura de la celda según la calidad de la señal son:

- Señal excelente: 6.75 Km
- Señal muy buena: 12.25 Km
- Señal regular: distancias superiores a 12.25 Km de distancia respecto a la antena.

Para una torre autoportada/monoposte de 45 metros de alto requeriremos de un sitio de 10m de frente por 25 metros de fondo el cual nuestro sitio es notoriamente mayor, ya que como mencionamos anteriormente contamos con 250 metros de frente por 60 metros de fondo.

Cambiamos la frecuencia de la antena a 1900mhz y visualmente se notó que la cobertura se redujo a casi la mitad:

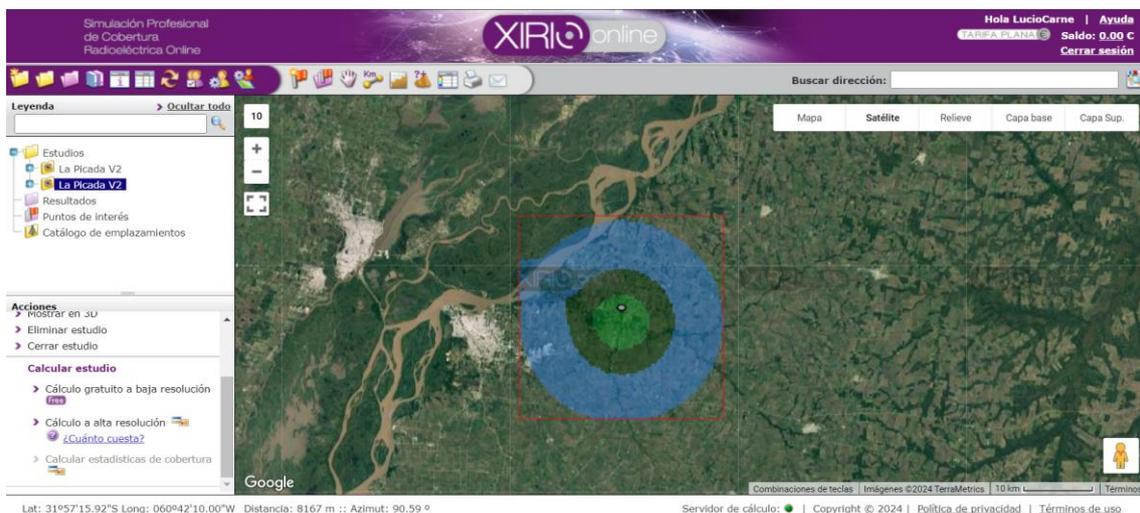


Figura N°. -11 Cobertura de la señal radioeléctrica – Banda de 1900Mhz.

## 5) Optimización de la cobertura

Se ejecutó la función “Optimizar posición del sector” y el programa desplazo la antena a otra zona, posiblemente a la de mayor altura en el área de interés, como se aprecia en la siguiente imagen:

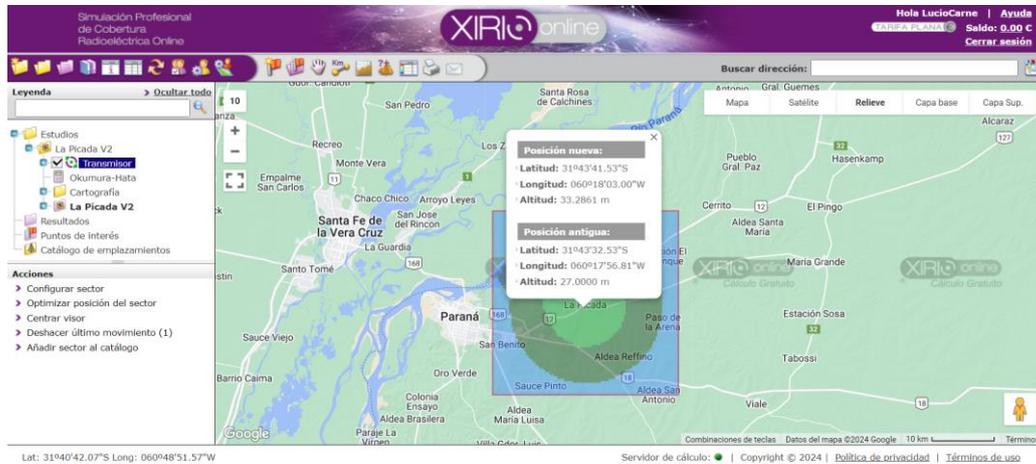


Figura N°. -12 Posición de la antena optimizada.

Con una antena de 45 metros y 10 W:



Figura N°. -13 Posición de la antena optimizada – Torre de 45m y 10W de potencia.

Con una antena de 30 metros y 20 W:



Figura N°. -14 Posición de la antena optimizada – Torre de 30m y 20W de potencia.

Claramente como se aprecia en las imágenes superiores, el caso que más cobertura brinda es cuando se dota de mayor potencia a la antena.

## 6) Relevamiento de Sitio Celular

A continuación detallaremos los datos relevados en la visita al Nodo de la empresa Claro, realizada en conjunto con los profesores de la cátedra.

### **Fecha**

El sitio celular en cuestión fue visitado el día Lunes 4 de Septiembre del 2023, por la tarde.

### **Denominación del sitio**

El sitio celular es parte de la red de acceso de los usuarios. Cuenta con antenas que dan cobertura a las estaciones móviles de la zona y cuenta con radioenlaces punto a punto que le permiten comunicarse con otras radio bases. Cuenta también con conexión alámbrica mediante fibra óptica hacia otros nodos de la red.

### **Fotos panorámicas de la torre**

Una de las mejores fotos panorámicas que pudimos obtener de la torre es la siguiente. En ella se alcanza a ver la totalidad de las antenas montadas y también dilucidar que se trata de una torre de gran altura.



Figura N°. -15 Torre sitio Claro – foto panorámica.

## Fotos por cada ángulo de la Torre con zoom



Figura N°. -16 Torre sitio Claro – foto ángulo inferior.

### **Identificar si existe espacio disponible para co-ubicaciones**

Cuando se dice que una torre celular tiene co-ubicaciones en ella, se está hablando de las distintas tecnologías de equipos que dan servicio de telefonía móvil que se encuentran funcionando en la torre. Es decir, una torre que transporta servicios 2G, 3G y 4G, por decir, es una torre con co – ubicaciones para estas tecnologías.

El caso de la torre del nodo Claro es un ejemplo de torre que podría contener co – ubicaciones debido a su gran tamaño y al espacio que todavía tiene disponible para instalar más antenas tipo panel, que precisamente son las que dan cobertura a los usuarios.

### **Altura de la torre**

La altura de la torre se puede saber mirando los colores de la misma. Por lo general siempre son dos, blanco y rojo. Si contamos la cantidad de franjas de colores es posible estimar mediante una simple multiplicación la altura de la torre.

En este caso tenemos una torre arriestrada de unos 70 metros de altura aproximadamente.

### Dibujo a mano de la torre ubicando las antenas

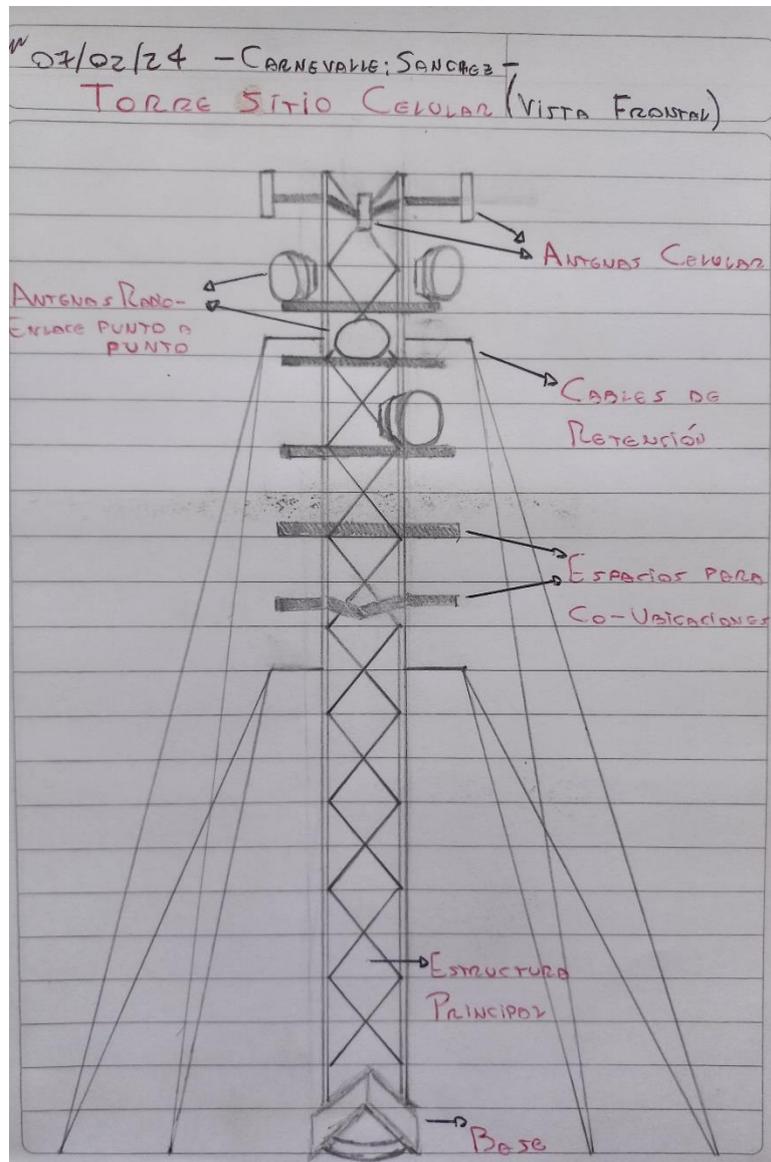


Figura N°. -17 Torre sitio Claro – Dibujo a mano.

### Azimut de los sectores

El ángulo azimut de una antena nos indica hacia qué dirección está apuntando su parte frontal con respecto al norte geográfico. En antenas direccionales, el ángulo de azimut nos dice que en esta dirección se encontrara la mayor radiación de señal. De todas formas, no hay que olvidar que la forma de la radiación de la señal siempre dependerá de las características de la antena.

Para el caso de las antenas celulares, en las imágenes se logra apreciar que hay tres de ellas, lo que representa tres sectores. Es decir, tres ángulos de Azimut. La siguiente imagen satelital permite apreciar mejor sus posiciones con respecto al norte.



Figura N°. -18 Torre sitio Claro – Ángulos Azimut de cada sector.

Tomando el norte como referencia, podemos identificar que los ángulos son los siguientes:

- Sector 1: Ángulo Azimut de 60 grados.
- Sector 2: Ángulo Azimut de 180 grados.
- Sector 3: Ángulo Azimut de 300 grados.

### **Distancia del cuarto de equipos a torre**

En este caso tenemos más de un cuarto de equipos. En la imagen satelital se aprecia que los mismos están presentes en forma de shelters o contenedores, siendo cuatro en total (uno de ellos se encuentra encima de otro).

Los más cercanos a la torre se encuentran a una distancia de entre 2 y 3 metros, mientras que los más lejanos se encuentran a una distancia similar de aproximadamente 4 metros.



Figura N°. -19 Distancia shelter a torre.

## Foto tipo ángulo de la torre

No contamos con más fotos de las ya expuestas en el presente trabajo.

## Fotos cuarto de equipos

No contamos con una foto del cuarto de equipos completo.

## Tomar medidas internas del cuarto de equipos

Si bien las medidas no fueron tomadas en el momento de la visita, mediante imágenes pudimos determinar que los shelters de la radio base eran aproximadamente todos del mismo tamaño. Se puede decir que los mismos tienen un tamaño de unos dos metros de alto por 5 metros de ancho.

## Fotos rack existentes

A continuación iremos repasando los equipos que encontramos en los shelters del sitio celular. La primera imagen muestra a la izquierda el banco de baterías principal, también llamado lado A. Las baterías propiamente dichas son las de color rojo y proveen de los -48 V de tensión continua estándar con los que funcionan todos los equipos de telecomunicaciones. Arriba de las baterías se encuentra un juego de estabilizadores y rectificadores AC-DC que cargan las baterías con la energía proveniente de la red eléctrica o del generador a combustión en caso de necesidad. Del lado derecho de la imagen se muestra el banco de baterías lado B, que esta como respaldo en caso que el A falle.



Figura N°. -20 Sitio Celular Claro – Banco de baterías.

La segunda imagen muestra un rack de equipos de radioenlace conectados a las antenas celulares tipo panel y a las antenas de enlace punto a punto tipo tambor. Estos equipos están asociados a la red de acceso de datos. No están abocados al tráfico de paquetes dentro de la red principal de la compañía. Del mismo modo que las baterías, hay equipos principales y equipos de respaldo que entran en acción solo en caso que el principal falle.



Figura N°. -21 Sitio Celular Claro – Placas de radiofrecuencia.

La tercera imagen muestra un equipo DWDM, equipo utilizado para tráfico troncal de datos dentro de la red interna de la compañía. Un DWDM es un multiplexor óptico que multiplexa grandes cantidades de haces de luz en una sola fibra troncal.



Figura N°. -22 Sitio Celular Claro – DWDM.

La cuarta y última imagen muestra una sección de un rack de equipos de la marca Nokia dedicados al tráfico de paquetes en la red interna mediante MPLS.

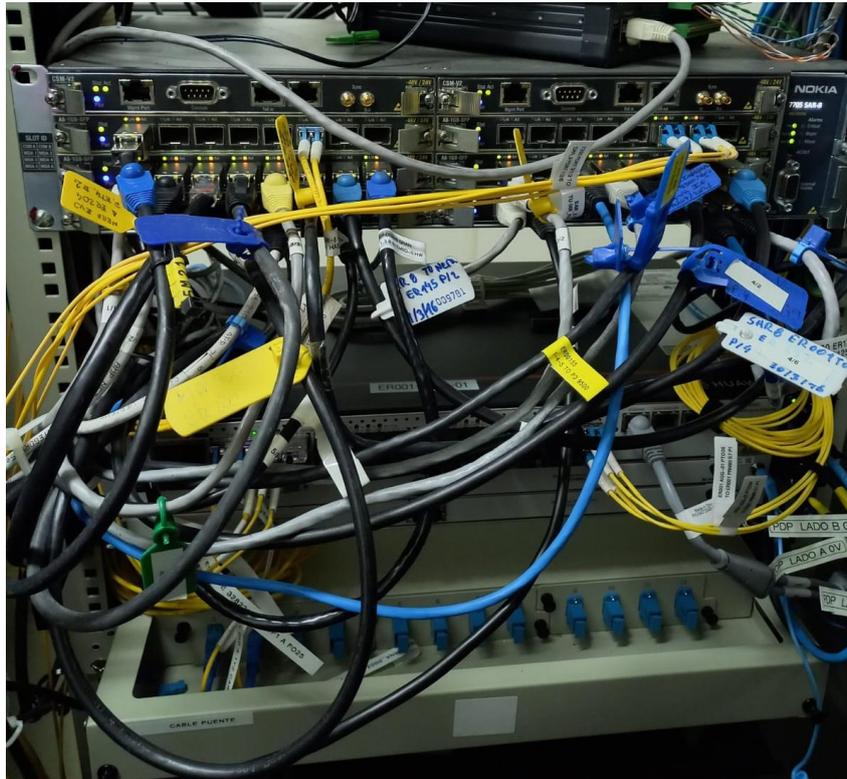


Figura N°. -23 Sitio Celular Claro – Placas de tráfico MPLS.

### **Consumo carga actual y rectificadores disponibles**

Si bien desconocemos el valor real de consumo de la radio base que estamos analizando, podemos decir que, según investigaciones, en términos generales una estación radio base celular con tecnología 4G tiene un consumo de unos 4 kW/h. Sin embargo esto dependerá mucho de aspectos como la cantidad de antenas y por ende placas en los racks de equipos, la tecnología utilizada, la densidad de tráfico de datos, etc.

Los rectificadores disponibles ya fueron mencionados en el punto anterior.

### **Espacio disponible para nuevos equipos**

Teniendo en cuenta las imágenes mostradas y algunos detalles que no se llegan a apreciar en las fotos, es seguro decir que en los shelters de la estación si hay lugar disponible para racks de equipos nuevos, ya sea de la misma tecnología 4G que está presente o de otra tecnología. En adición a esto, también se podría conseguir más espacio debido a que en el shelter están presentes racks de equipos viejos en desuso, pertenecientes a tecnologías como PDH-SDH, que podrían ser desmantelados y hacer espacio para otros nuevos.

Actualmente en lo que respecta a redes móviles, el sitio cuenta con tecnología 2G, 3G y 4G lo que nos abre la posibilidad de incorporar la tecnología 5G.

Para la incorporación de esta tecnología debemos tener en cuenta que su cobertura en función de las frecuencias es de:

Frecuencias Características	Alcance
700Mhz - 2100Mhz	5-20Km
3.5Mhz	0.5-5km
26Mhz	100-150m

El día martes 24 de octubre de 2023 ENACOM concreto la subasta de las bandas de frecuencia para el despliegue, desarrollo y prestación del servicio de 5G [6].

Se subastó un total de 250 MHz en las bandas de 3300 – 3600 MHz, en 2 Lotes de 100 MHz cada uno y uno de 50 MHz, habiéndose fijado el precio base de cada Lote en USD 350 millones de dólares.

- Lote 1 - 100 MHz (Banda 3300-3400): Claro (AMX) - USD 350.052.000
- Lote 2 - 100 Mhz (Banda 3400-3500): Telecom - USD 350.026.000
- Lote 3B - 50 Mhz (Banda 3550-3600): Telefónica - USD 175.013.000

Conociendo el alcance de las diferentes frecuencias, y considerando que estamos planteando la incorporación de esta tecnología en un sitio Claro, podemos considerar que obtendremos una cobertura muy buena en una zona muy poblada y de rápido crecimiento de la ciudad como se aprecia en la imagen siguiente:

Situación poblacional de la zona en el año 2016:

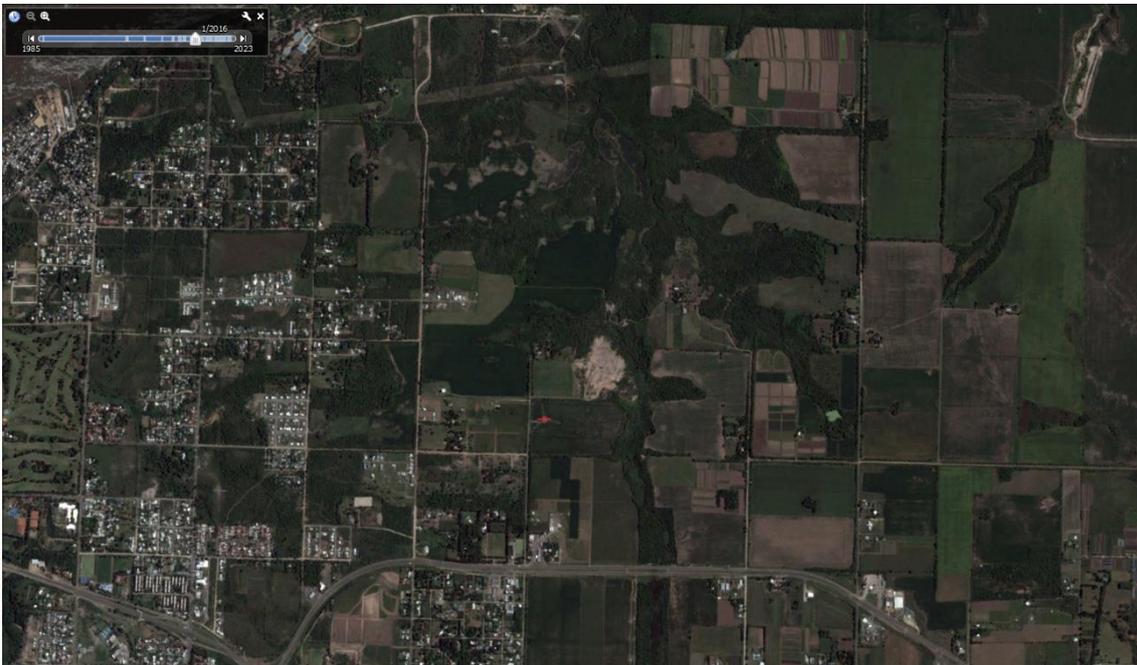


Figura N°. -24 Población de la zona en 2016.

Situación poblacional de la zona en el año 2023:

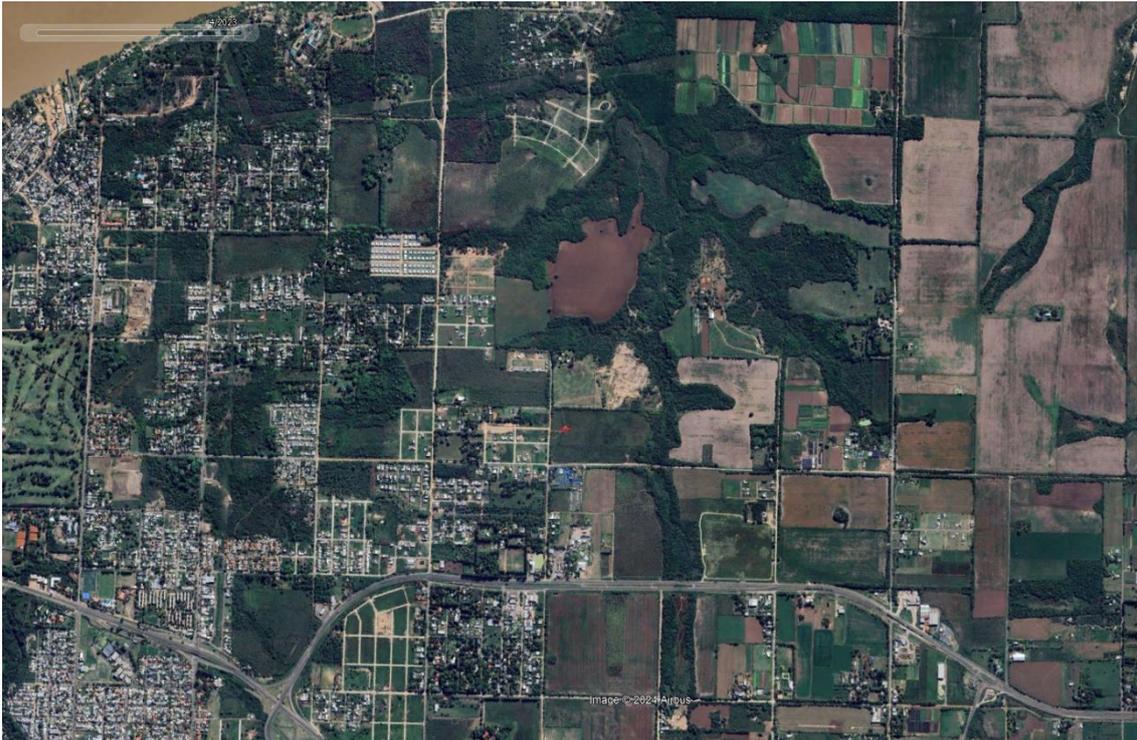


Figura N°. -25 Población de la zona en 2024.

Por tanto, un radio de 4km promedio de cobertura desde el sitio seria aproximadamente así:

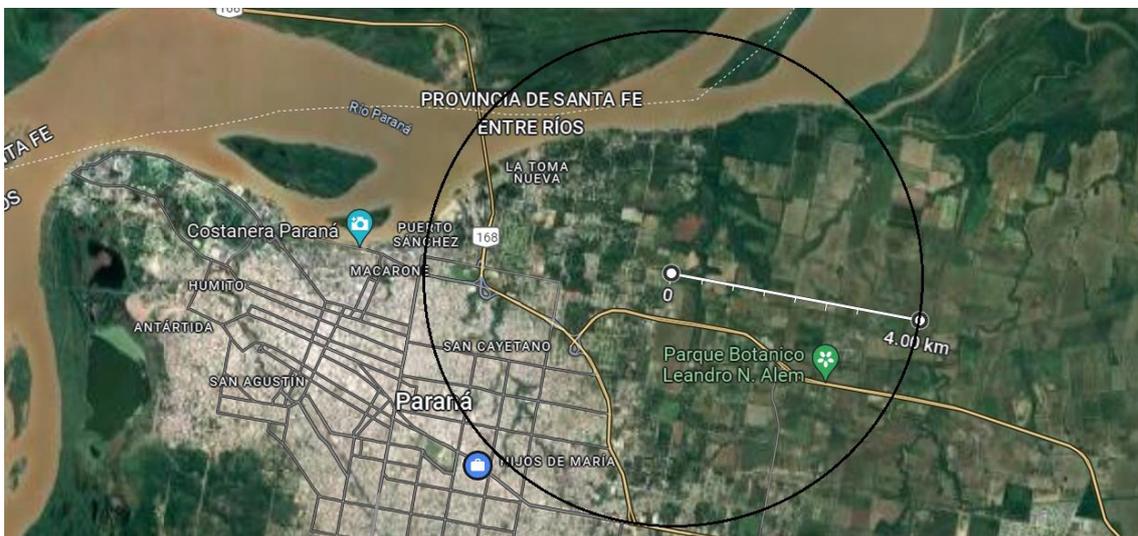


Figura N°. -26 Cobertura antena 5G.

Como se puede apreciar en la imagen superior, esta antena podría cubrir una zona muy densamente poblada de la ciudad, así como una de gran crecimiento.

# Conclusión

En el presente trabajo abordamos los conceptos y contenidos principales dictados en la cátedra, siendo estos una equilibrada combinación entre conceptos meramente teóricos y abstractos así como otros más físicos y tangibles. Es decir, no solo se pone el foco en temas relacionados a características eléctricas, normas y regulaciones, sino que también se trabaja sobre las torres como tales, los tipos de antenas, los equipos electrónicos de los shelters, etc.

A mitad del cursado de la cátedra se realizó una visita a un nodo de telefonía de la empresa Claro, dicha visita fue muy necesaria y esclarecedora a fin de entender y ubicar tanto conceptualmente como espacialmente los contenidos brindados por la cátedra.

Es importante remarcar dicha visita al nodo, ya la misma junto con la incorporación de una herramienta tan poderosa como lo es Xirio Online logramos diseñar nosotros mismos y con buena fidelidad un nodo propio considerando características geográficas, eléctricas, normativas, etc, aun con las restricciones propias de la versión gratuita del software. Mas que nada es remarcable la utilidad de Xirio para modelar como las características geográficas de la zona afectan el nivel de señal alcanzado por la torre.

Por todo dicho anteriormente, agregando el hecho de que hoy en día y en los años venideros las tecnologías móviles como el 5G o superiores serán los enfoques principales de países y sociedades en general, consideramos que este trabajo fue un excelente broche no solo para evaluarnos sino que también para continuar aprendiendo y afianzando contenidos del mundo de las telecomunicaciones móviles.

# Referencias

- [1] Xirio Online. Visitado el 21/3/2024. Disponible en: <https://www.xirio-online.com/web/home/welcome.aspx>
- [2] Google Earth. Visitado el 21/3/2024. Disponible en: <https://earth.google.com/>
- [3] Ley Nacional 27.028. Consultada el 05/02/2024. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=239856>
- [4] Ley Nacional 22.285. Consultada el 05/02/2024. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/17694/norma.htm>
- [5] Ley Provincial de Entre Ríos 10.383. Consultada el 05/02/2024. Disponible en: <https://entrieros.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/PDF/Ley%2010383%20-%20Ley%20de%20Antenas.pdf>
- [6] ENACOM. Visitado el 4/4/2024. Disponible en: [https://www.enacom.gov.ar/institucional/el-estado-argentino-licito-la-banda-5g-por-mas-de-875-millones-de-dolares\\_n4578#:~:text=Durante%20la%20jornada%20del%20martes,depositar%C3%A1%20en%20el%20Tesoro%20Nacional.](https://www.enacom.gov.ar/institucional/el-estado-argentino-licito-la-banda-5g-por-mas-de-875-millones-de-dolares_n4578#:~:text=Durante%20la%20jornada%20del%20martes,depositar%C3%A1%20en%20el%20Tesoro%20Nacional.)