

ESTUDIO DE DIMENSIONAMIENTO DE RF

Link Budget, Radio de Célula y Plan de Frecuencias

Proyecto: Instalación de Antena Tubular 60 m — Orange (3G/4G/5G)

Fecha: Julio 2026 · Versión: 1.0 (preliminar)

Elaborado por: Enrique Calabozo Orea – Administrador de Sistemas TIC / Project Manager

1. Objeto y Alcance

Este estudio estima, de forma preliminar, el radio de célula alcanzable en enlace descendente para cada banda y tecnología del emplazamiento, mediante un cálculo de balance de enlace (link budget) y un modelo de propagación simplificado. **No sustituye a un estudio de cobertura realizado con herramienta de planificación radioeléctrica especializada** (p. ej. Atoll, Ranplan o similar) sobre cartografía real del entorno, que deberá completarse antes del diseño de RF definitivo.

2. Metodología

El alcance máximo se obtiene calculando la **máxima pérdida de propagación admisible** (MAPL) del enlace y despejando la distancia mediante un modelo de propagación:

$$MAPL\ (dB) = EIRP\ (dBm) - Sensibilidad\ del\ receptor\ (dBm) - Margen\ de\ desvanecimiento\ (dB)$$

La distancia correspondiente a esa pérdida se estima con el modelo de **Okumura-Hata (entorno urbano)**, adoptando una altura de antena de 58 m (plataforma superior de la torre) y una altura de terminal de 1,5 m. Para las bandas por encima de 2 GHz este modelo es una aproximación conservadora orientativa; el diseño definitivo debería emplear un modelo 3GPP UMa/UMi validado para esas frecuencias.

3. Parámetros de Enlace (Link Budget) por Banda

Banda / Tecnología	EIRP	Sensibilidad Rx	Margen desv.	MAPL	Radio de célula estimado
3G — UMTS 900 MHz	55 dBm	-105 dBm	10 dB	150 dB	≈ 6,7 km
3G — UMTS 2100 MHz	55 dBm	-105 dBm	10 dB	150 dB	≈ 3,5 km
4G — LTE 800 MHz (B20)	56 dBm	-100 dBm	10 dB	146 dB	≈ 5,6 km
4G — LTE 1800 MHz (B3)	58 dBm	-100 dBm	10 dB	148 dB	≈ 3,4 km
4G — LTE 2600 MHz (B7)	58 dBm	-100 dBm	10 dB	148 dB	≈ 2,6 km
5G — NR 700 MHz (n28)	57 dBm	-95 dBm	10 dB	142 dB	≈ 4,7 km
5G — NR 3500 MHz (n78, mMIMO)	65 dBm	-90 dBm	10 dB	145 dB	≈ 1,6 km

Como es previsible, las bandas bajas (700/800/900 MHz) alcanzan el mayor radio de célula y son las más adecuadas para cobertura extensa, mientras que las bandas altas (2600 MHz y especialmente 3500 MHz) ofrecen mayor capacidad y velocidad pero un alcance sensiblemente menor, por lo que la densificación de la red en esas bandas dependerá de emplazamientos adicionales en despliegues futuros.

4. Consideraciones sobre el Modelo

- El modelo asume entorno urbano estándar; en entorno suburbano o rural los radios de célula reales serían mayores, y en entorno urbano denso, menores.

- No se ha considerado el downtilt aplicado a las antenas, que reduce el alcance teórico en favor de una mejor relación señal/interferencia en el área de cobertura objetivo.
- La banda 3500 MHz con Massive MIMO puede alcanzar radios mayores en la práctica gracias al beamforming dirigido a cada usuario; el valor de esta tabla es una estimación conservadora en modo de cobertura amplia (broadcast/control).
- El balance de enlace en sentido ascendente (uplink), habitualmente más limitante que el descendente, no se ha calculado en este estudio preliminar y debe incluirse en el diseño de RF definitivo.

5. Plan de Frecuencias y Portadoras

Los tres sectores (azimuts 0°, 120° y 240°, ver Anexo 1) reutilizan las mismas bandas y portadoras (factor de reutilización 1), práctica habitual en redes móviles modernas, ya que la propia sectorización direccional de las antenas proporciona el aislamiento necesario entre sectores del mismo emplazamiento.

Banda / Tecnología	Ancho de banda por portadora	Portadoras por sector	Modo dúplex
3G — UMTS 900 MHz	5 MHz	1	FDD
3G — UMTS 2100 MHz	5 MHz	1	FDD
4G — LTE 800 MHz (B20)	10 MHz	1	FDD
4G — LTE 1800 MHz (B3)	20 MHz	2	FDD
4G — LTE 2600 MHz (B7)	20 MHz	1	FDD
5G — NR 700 MHz (n28)	10 MHz	1	FDD
5G — NR 3500 MHz (n78)	100 MHz	1	TDD

La asignación exacta de canales/ARFCN dentro de cada banda debe coordinarse con la planificación nacional de frecuencias de Orange para evitar interferencias con emplazamientos vecinos ya desplegados, algo que queda fuera del alcance de este estudio preliminar.

6. Conclusiones y Recomendaciones

- El emplazamiento, con las bandas bajas (700/800/900 MHz), puede proporcionar cobertura de varios kilómetros, adecuada como sitio principal de cobertura de la zona.
- Las bandas altas (2600/3500 MHz) requerirán, previsiblemente, sitios adicionales de densificación a medio plazo si la demanda de capacidad en 4G/5G crece según lo previsto.
- Antes del diseño de RF definitivo, se recomienda validar estos resultados con una herramienta de planificación radioeléctrica sobre cartografía real y datos de tráfico esperado en la zona.

Nota: todos los parámetros de EIRP, sensibilidad y márgenes son valores representativos orientativos; deben sustituirse por los datos reales de las fichas técnicas de los equipos finalmente seleccionados (ver documento de Fichas Técnicas de Equipos) antes de cualquier decisión de diseño definitiva.