

Beamforming

¿Qué es Beamforming?

Beamforming es una técnica de procesamiento de señales que permite enviar o recibir señales de manera direccional, utilizando múltiples elementos de una antena para amplificar ciertas direcciones y atenuar otras.



Principales Tipos de Beamforming

TIPO	CARACTERÍSTICAS	USO IDEAL
✓ Analógico	- Una sola dirección activa por símbolo - Ajuste de fase en RF - Menor costo y complejidad	mmWave (>20 GHz) y cobertura
✓ Digital	- Múltiples haces simultáneos - Procesamiento a nivel digital antes del DAC/ADC - Alta flexibilidad	Sub-6 GHz, alta capacidad
✓ Híbrido	Combina lo mejor de ambos: menos costoso que el digital puro, pero más flexible que el analógico.	Grandes arrays y escenarios dinámicos

Beamforming en 5G



- Utiliza antenas mMIMO (Massive MIMO).
- Mejora eficiencia espectral, cobertura y capacidad de la red.
- Fundamental en frecuencias > 3.5 GHz y mmWave.
- Permite reutilizar recursos de tiempo y frecuencia para múltiples usuarios (MU-MIMO).



Beneficios Clave



Mayor eficiencia energética

1–2 mW/bit



Mejor cobertura

800–1500 m



Menos interferencia

BAJA



Mayor capacidad

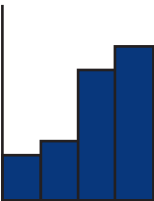
~1000 usuarios



Alta precisión en la dirección de transmisión/recepción

Haz enfocado

Indicadores de Rendimiento Clave (KPIs)



Cambios de haces por usuario (tracking & switching)



22–27

Promedio MCS con 256QAM

1–3/minuto (proactivo y adaptativo)
Histogramas de recuperación de haces



800 Mbps – 2 Gbps

Throughput en DL/UL con PDCP SDU

