

I

Concepto Técnico a petición de WOM al  
proyecto  
regulatorio 2000-41-7-0 de la CRC

“Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles”

**VERSIÓN PÚBLICA**



Documento preparado por New-Era para la empresa WOM Colombia.

Santiago de Chile, enero de 2026

## Resumen ejecutivo

Este documento técnico y regulatorio, presenta los comentarios de la firma New Era, y de su consultor líder Juan Perez Retamales, al proyecto regulatorio 2000-41-7-9 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) sobre esquemas de remuneración mayorista de redes móviles ([CRC, 2025c](#)), elaborados a petición de Partners Telecom Colombia S.A.S (en adelante WOM). El propósito de este informe es aportar elementos técnicos y económicos que fortalezcan la consistencia del modelo de costos mayoristas móviles utilizado por la CRC y, en particular, que aseguren que el esquema de remuneración del Roaming Automático Nacional (RAN) contribuya a los objetivos de promoción y garantía de competencia y eficiencia dinámica en un mercado caracterizado por asimetrías relevantes de escala y cobertura entre operadores.

La propuesta de la CRC incluye, entre otros elementos, (i) topes aplicables a la remuneración mayorista de OMV, y (ii) topes y reglas para la remuneración del RAN, con una segmentación municipal por zonas y con una tarifa nacional temporal aplicable a operadores que obtengan por primera vez permisos para utilizar bandas IMT ([CRC, 2025a](#); [CRC, 2025b](#)).

WOM participa como operador de menor escala (operador desafiante). En este contexto, las condiciones mayoristas de acceso al RAN y los topes de la remuneración mayorista inciden directamente en la posibilidad de sostener continuidad de servicio y, simultáneamente, de financiar inversiones adicionales de densificación y mejora de cobertura. Por ello, estos comentarios se plantean en tono propositivo de colaboración con la CRC, buscando aportar al expediente elementos de juicio y análisis técnicos y económicos, que influyan en la decisión regulatoria, y anticipar discusiones que previsiblemente se presentarán por parte de otros agentes. A continuación, presentamos las observaciones y recomendaciones:

- 1) Costos unitarios, parámetros de diseño y evidencia adicional: El manual del modelo indica que los precios unitarios corresponden al año 2024 y que no se considera erosión de precios de equipos durante el horizonte de modelación, adicionalmente se exponen listas de precios unitarios que exceden largamente en nivel a aquellos que WOM accede con sus propios proveedores, como muestra representativa de los precios reales de los elementos de red considerados en el modelo. Con lo anterior, nos permitimos recomendar que CRC reconsidere los datos; así como el ajuste de parámetros de holgura, mantención, a modo de no presentar duplicidades, y que tome en consideración esto en esquema de coexistencia de múltiples tecnologías, evitando (anulando) incluir holguras en inversiones en tecnologías legadas.

Para fortalecer la auditabilidad y realismo del modelo, WOM Colombia recuerda que la evidencia entregada es fidedigna respecto de sus costos, puede ser auditada o requerida por la CRC y que está disponible para entregar evidencia adicional (a requerimiento de la CRC) para validar y permitir el ajuste de supuestos de CAPEX/OPEX relevantes para RAN. Adicionalmente, WOM se permite tener en consideración utilizar precios referenciales de marcas de vendors que al menos estén realmente presentes y sean utilizadas por operadores en Colombia.

La información sobre los precios y costos de WOM, que corrió sobre el modelo publicado por la CRC esta firma consultora, será entregada en el documento adjunto en formato Excel denominado "modelo\_CRC-WOM\_Final-RESERVADOt.xlsm" la cual tiene el carácter de RESERVADO, en tanto que contiene información de esa naturaleza y comercialmente sensible de esta empresa, que se encuentra protegida de acuerdo con las leyes colombianas y por normativa de la CAN, al constituir secreto industrial y comercial, y que en manos de terceros competidores e incluso de otros agentes de la cadena de valor de la industria, podría afectar decisiones competitivas y estratégicas.

- 2) Alcance geográfico y municipios de libre negociación: Se recomienda que la versión final incorpore la posibilidad de que un operador de menor escala (operador desafiante) pueda acceder a un mecanismo tarifario (tope o tarifa de referencia supletoria), también en municipios clasificados como de libre negociación, al menos de forma temporal y condicionada. Esto se justifica por (i) objetivos de inducción de competencia (no solo de cobertura), (ii) asimetrías de poder de negociación y ausencia de incentivos competitivos en el segmento mayorista, (iii) evidencia de un tráfico de RAN extremadamente bajo en la mayoría de los municipios no regulados, así como medidas alternativas que mantengan incentivos de

inversión y (iv) literatura sobre regulación mayorista bajo asimetrías y sobre diseño de esquemas de roaming ([CRC, 2025b](#); [Armstrong, 1998](#); [Stühmeier, 2013](#); [Sandbach, 2009](#); [Weedage et al., 2024](#)).

Adicionalmente, consideramos importante explicitar que, si bien la metodología de clusterización municipal utilizada por la CRC es un ejercicio estadístico razonable para caracterizar heterogeneidades, su uso regulatorio requiere una justificación adicional a la luz del principio de eficiencia dinámica. En particular, la clasificación por similitud multivariada captura condiciones observadas en un corte temporal, pero no demuestra que los clústeres representen estados diferenciados del proceso de inversión y densificación de red, ni que la exclusión de municipios de libre negociación preserve de manera robusta los incentivos intertemporales a desplegar infraestructura en un contexto de alta asimetría. En ausencia de ese vínculo explícito entre clasificación, trayectoria de inversión y objetivos de competencia, existe el riesgo de que la zonificación termine operando como una regla estática que deja sin un mecanismo supletorio precisamente a municipios con alta relevancia económica para la contestabilidad del mercado, debilitando el rol del RAN como instrumento procompetitivo y de resiliencia durante la fase de expansión de un operador desafiante.

- 3) Supuesto en el modelo de empresa eficiente sobre participación de mercado/demanda: El documento soporte señala que la empresa eficiente atiende 33% de la demanda del mercado, consistente con la existencia de tres operadores de red, y aclara que este supuesto no pretende reflejar participaciones del mercado minorista. Dada la alta asimetría de escala entre redes, se recomienda incorporar análisis de sensibilidad (y, de ser procedente, recalibración) sobre este supuesto, reportando impactos en costos unitarios y topes (CRC, 2025b). A la luz de este análisis, y además, de la evidencia académica a este respecto, se recomienda analizar la racionalidad de la curvatura de la curva de costos medios de largo plazo, y se concluya sobre la necesidad de ajuste del modelo a este respecto de participación, a modo que represente la dominancia y mayor eficiencia de operadores de mayor tamaño.
- 4) Bondades del uso del enfoque LRIC (LRIC puro) y consistencia económica: WOM Colombia considera adecuado mantener un enfoque de costos incrementales de largo plazo como referencia para topes tarifarios mayoristas, y recomienda reforzar la justificación económica, de incentivos a inversión, como también la armonización de la curvatura en escala de los costos medios de largo plazo, anticipando críticas basadas en alternativas metodológicas ([CRC, 2025b](#); [Armstrong, 1998](#)).

### **Síntesis de la propuesta tarifaria.**

En coherencia con los análisis técnicos desarrollados en este informe, y con foco en la remuneración mayorista del Roaming Automático Nacional (RAN), WOM propone incorporar un mecanismo tarifario supletorio, de carácter temporal y condicionado, aplicable a operadores de menor escala aplicables a todos los municipios, con las siguientes tarifas de referencia: \$0,46 COP/MB para RAN de Internet móvil, \$0,73 COP/min para RAN de voz y \$0,01 COP/SMS para RAN mensajería SMS.

Estas tarifas surgen de la recalibración del modelo de costos de la CRC bajo supuestos consistentes con eficiencia económica y asimetrías estructurales, y se proponen como referencia regulatoria activable únicamente ante ausencia de acuerdo en un plazo razonable y sujeta a resguardos verificables. Al final del documento se presenta un resumen de recomendaciones y la sección de referencias documentales y bibliográficas.

En síntesis, los antecedentes, análisis y recomendaciones aquí presentados se ponen a disposición de la CRC como insumo técnico para la evaluación del proyecto regulatorio 2000-41-7-9, con el fin de fortalecer la consistencia económica del modelo y su alineación con los objetivos de eficiencia dinámica y promoción de competencia.



---

Juan Eduardo Pérez Retamales  
Director New-Era Consultores

## CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SÍNTESIS DE LA PROPUESTA DE LA CRC Y DE SU SOPORTE TÉCNICO</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Componentes del paquete mayorista .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Esquema propuesto para RAN – datos: segmentación y topes.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Metodología de clusterización municipal y asignación de zonas.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>OBSERVACIONES TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Observación 1: Supuestos de costos unitarios y marcas utilizadas en Colombia.....</b>	<b>10</b>
3.1.1	A respecto de los precios unitarios en el modelo de la CRC y otros aspectos.....	10
3.1.2	Propuesta de complemento de evidencia.....	11
3.1.3	Recomendación concreta a la CRC (versión pública).....	11
<b>3.2</b>	<b>Observación 2: Alcance geográfico, clusterización y granularidad – inclusión de mecanismo tarifario para operadores de menor escala en municipios de libre negociación .....</b>	<b>12</b>
3.2.1	Punto de partida: focalización por zonas.....	12
3.2.2	Observación central y recomendación .....	12
3.2.3	Argumentos técnicos y económicos .....	13
3.2.4	Principios de ajuste regulatorio que se recomienda considerar .....	15
3.2.5	Recomendación a la CRC .....	16
<b>3.3</b>	<b>Observación 3: Supuesto de participación de mercado de la empresa eficiente .....</b>	<b>16</b>
3.3.1	Lo que plantea la CRC .....	16
3.3.2	Por qué es importante para la tarifa de RAN .....	17
3.3.3	Recomendación: análisis de sensibilidad y consideración de asimetría.....	17
3.3.4	<b>Sección Reservada (confidencial):</b> Simulación de sensibilidad realizada por WOM .....	18
3.3.5	Recomendaciones a la CRC .....	18
<b>3.4</b>	<b>Observación 4: Bondad del enfoque de costos (LRIC) y consistencia económica .....</b>	<b>18</b>
3.4.1	Reconocimiento del enfoque.....	18
3.4.2	Justificación económica.....	19
3.4.3	Argumentos previsibles de los operadores de mayor escala para defender sus rentas y posición competitiva y líneas de respuesta .....	19
3.4.4	Recomendaciones concretas a la CRC .....	20
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE ALGUNOS PRINCIPIOS REGULATORIOS QUE CONCIERNEN A ESTE PROCESO.....</b>	<b>20</b>
4.1	Principio de incentivos a la inversión y eficiencia dinámica.....	20
4.2	Principio de proporcionalidad y mitigación de riesgos de arbitraje.....	20
4.3	Principio de coherencia del criterio geográfico y de la clusterización municipal.....	21
4.4	Principio de consistencia económica del enfoque de costos .....	21
<b>5</b>	<b>COMENTARIOS DE CONSISTENCIA Y TRAZABILIDAD REGULATORIA</b>	<b>21</b>
5.1	Consistencia interna entre alternativas y valores tarifarios.....	21
5.2	Periodicidad de revisión del listado de municipios (Anexo 4.8) .....	21
5.3	Transparencia de parámetros clave para auditabilidad del modelo .....	21
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RESUMIDAS.....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>23</b>
7.1	Documentos CRC.....	23
7.2	Documentos académicos .....	23
7.3	Documentos académicos meta-análisis de costos de marcas red de acceso .....	24
	<b>ANEXO A: RESPECTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA .....</b>	<b>28</b>
	<b>ANEXO B: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO COMPARATIVO COSTOS Y DESEMPEÑO EN REDES DE ACCESO MÓVIL.....</b>	<b>29</b>
	Sumario ejecutivo del análisis bibliográfico específico .....	29
	Análisis.....	30

## 1 INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

En el marco del proyecto regulatorio 2000-41-7-9, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) somete a comentarios una propuesta orientada a actualizar las condiciones de remuneración mayorista de servicios móviles. En nuestra opinión, esta revisión no debe entenderse como un ajuste rutinario: ocurre en un contexto de transición tecnológica (modernización de redes y cambios en eficiencia de provisión) y de una fuerte reconfiguración competitiva de los mercados de telecomunicaciones en Colombia, donde las condiciones mayoristas inciden directamente en la contestabilidad del mercado y en la sostenibilidad de operadores de menor escala (o desafiantes).

La CRC estableció un periodo formal para la recepción de observaciones por parte de agentes interesados, con fecha límite definitiva el 26 de enero de 2026. En este contexto, presentamos este concepto técnico y económico con el objetivo de contribuir a que el esquema o decisión final:

- mantenga consistencia con el objetivo regulatorio de eficiencia en conjunto con los lineamientos académicos al respecto de este tipo de procesos (precios mayoristas alineados con costos eficientes), y
- fortalezca la competencia en mercados móviles minoristas mediante condiciones mayoristas que reduzcan fricciones de acceso y favorezcan el uso eficiente de infraestructura esencial. En efecto, la CRC reconoce que, tras la integración empresarial de Colombia Móvil S.A. ESP y Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP, el mercado móvil contaría con tres operadores de red efectivos, pero con grandes diferencias de escala entre el WOM y los demás, lo cual hace especialmente relevante fortalecer la competencia en los mercados mayoristas ([CRC, 2025c](#)).

El enfoque de este documento es propositivo: se busca aportar evidencia, precisar supuestos y proponer ajustes que preserven la lógica del modelo y del esquema planteado por la CRC.

Para efectos de estos comentarios, se utilizará el término operador desafiante para referirse a un proveedor móvil con menor escala relativa en términos de participación y base de usuarios, lo cual implica restricciones estructurales para:

- desplegar infraestructura tanto para cobertura como para capacidad con la misma velocidad que operadores de gran escala dominantes, y
- negociar en igualdad de condiciones el acceso mayorista a infraestructura esencial, particularmente cuando existen asimetrías persistentes.
- Obtener economías de escala en negociaciones con *vendors* y en costos de producción

Esta definición de operador desafiante es exclusivamente operativa y se usa para evitar ambigüedades terminológicas en la discusión regulatoria.

Este documento se organiza en los siguientes tópicos:

1. Introducción y contexto: presenta el marco del proyecto y el enfoque de los comentarios.
2. Síntesis técnica del proyecto CRC: resume los componentes relevantes del esquema propuesto por la CRC, con foco en los aspectos relacionados con RAN, como servicios, zonas, valores y horizontes temporales.
3. Observaciones y recomendaciones: desarrolla observaciones técnicas y económicas, incluyendo (sin limitarse a ello):
  - a. Evidencia sobre costos unitarios de los equipos, considerando marcas que son utilizadas por operadores en Colombia,
  - b. Alcance geográfico de la aplicación de tarifas, y

- c. Consistencia metodológica de cálculo tarifario y respecto de la escala.
4. Conclusiones y recomendaciones concretas: lista de recomendaciones numeradas a la CRC, con énfasis en claridad jurídica, trazabilidad técnica y mecanismos de implementación.

Finalmente, WOM entregará dos versiones del documento de manera separada; una versión confidencial de este informe, con datos confidenciales de precios unitarios reales de WOM, con resultados de simulaciones y evidencia de mercado. De forma adicional, se presenta esta versión pública, con las conclusiones y análisis no confidenciales, removiendo la información que tiene el carácter de RESERVADO.

## 2 SÍNTESIS DE LA PROPUESTA DE LA CRC Y DE SU SOPORTE TÉCNICO

### 2.1 Componentes del paquete mayorista

En el proyecto de resolución, la CRC propone actualizar y precisar topes y reglas aplicables a diversos servicios mayoristas. Entre ellos, se incluyen topes de remuneración aplicables a OMV (voz, datos y SMS) y un esquema de remuneración de RAN para el servicio de datos que incorpora segmentación geográfica ([CRC, 2025a](#)). Si bien el modelo, la metodología y el análisis pueden hacerse extensivos en cierta medida a todas las tarifas que emanan del cálculo tarifario, el sujeto y foco de este conjunto de este concepto es la tarifa de RAN para datos, voz y mensajería corta SMS.

A modo de ajustarnos a lo textual expuesto por CRC, presentamos en los valores de remuneración de RAN propuestos por CRC para la voz y SMS, en la Tabla 1; los valores de remuneración para datos correspondientes a RAN en zonas transitorias y permanentes en la Tabla 2; y el valor de remuneración de RAN de datos para proveedores de redes y servicios que sean asignatarios por primera vez de permisos para el uso y explotación del espectro radioeléctrico para la prestación de servicios móviles IMT, en la Tabla 3.

**Tabla 1: Propuesta de la CRC para la remuneración de voz y SMS en modalidad RAN**

<b>4.7.4.1.1.</b> El valor de remuneración por el uso del Roaming Automático Nacional para el servicio de voz no podrá ser superior a los valores establecidos en la siguiente tabla:			
<b>Remuneración</b>	<b>A partir del 1º de enero de 2023</b>	<b>A partir del 1º de enero de 2024</b>	<b>A partir del 1º de enero de 2025</b>
Minuto (uso)	-8,81	-5,56	-2,51
	<b>Remuneración</b>	<b>A partir del 1º de julio de 2026</b>	
	Minuto (uso)	1,14	
<b>Nota:</b> Valores expresados en pesos constantes de enero de 2022-2026. La actualización de los pesos constantes a pesos corrientes se realizará a partir del 1o. de enero de 2023 2027 de conformidad con lo establecido en el numeral 1 del Anexo 4.2 del Título de Anexos o aquella que la modifique o sustituya.			
<b>4.7.4.1.2.</b> El valor de remuneración por el uso del Roaming Automático Nacional para el servicio de SMS no podrá ser superior al valor establecido en la siguiente tabla:			
<b>Remuneración</b>	<b>A partir del 1º de enero de 2023</b>		
SMS (por unidad)	1,00		
<b>Remuneración</b>	<b>A partir del 1º de julio de 2026</b>		
SMS (por unidad)	0,03		
<b>Nota:</b> Valores expresados en pesos constantes de enero de 2022-2026. La actualización de los pesos constantes a pesos corrientes se realizará a partir del 1 de enero de 2023 2027 de conformidad con lo establecido en el numeral 1 del Anexo 4.2 del Título de Anexos o aquella que la modifique o sustituya.			

Tabla 2: Propuesta de la CRC para la remuneración de datos en RAN en zonas permanentes y transitorias

**4.7.4.2.1.** El Los valores de remuneración por el uso del Roaming Automático Nacional para el servicio de datos en los municipios que conforman la Zona transitoria y la Zona permanente de que trata el Anexo 4.8 de la presente resolución, o aquella disposición que lo adicione, modifique o sustituya, no podrán ser superiores al valor a los establecidos en la siguiente tabla:

Remuneración	A partir del 1o. de enero de 2023	A partir del 1o. de enero de 2024	A partir del 1o. de enero de 2025	A partir del 1o. de mayo de 2025
Datos (Megabyte)	9,93	6,80	4,66	3,19

Zona geográfica	Remuneración Datos (Megabyte)	Periodo de aplicación de la tarifa
Zona transitoria	\$0,93	5 años desde el 1 de abril de 2026
Zona permanente	\$0,87	Permanente

Tabla 3: Propuesta de la CRC para la remuneración de datos en RAN para asignatarios por primera vez de IMT

**4.7.4.2.2.** El valor de remuneración por el uso del Roaming Automático Nacional para el servicio de datos para los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles que sean asignatarios por primera vez de permisos para el uso y explotación del espectro radioeléctrico para la prestación de servicios móviles terrestres en bandas utilizadas en Colombia para las IMT, no podrá ser superior a ~~los valores establecidos en la siguiente tabla:~~ \$0,70 por Megabyte.

## 2.2 Esquema propuesto para RAN – datos: segmentación y topes

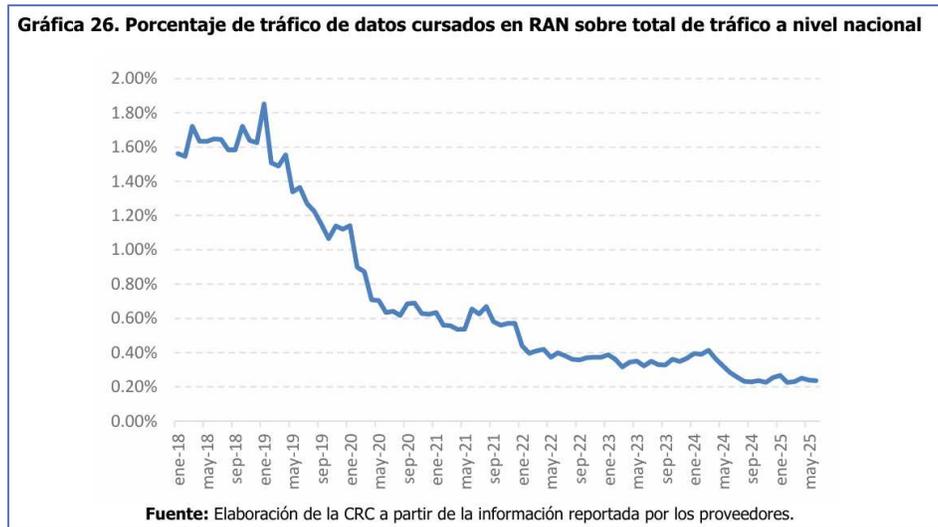
El esquema propuesto para RAN en la parte de datos móviles combina (i) una tarifa nacional temporal aplicable, por cinco años y en todo el territorio, a operadores que obtengan por primera vez permisos para utilizar bandas IMT, y (ii) topes diferenciados por zonas (transitoria y permanente) para municipios listados en el Anexo 4.8, junto con municipios en los que no aplicaría tarifa regulada (libre negociación) ([CRC, 2025a](#)).

En particular, el proyecto de resolución fija: (i) una tarifa nacional temporal de \$0,70 por MB, aplicable por cinco años desde la obtención del primer permiso IMT; (ii) un tope de \$0,93 por MB para zona transitoria aplicable por cinco años (desde el 1 de abril de 2026); y (iii) un tope de \$0,87 por MB para zona permanente (desde el 1 de abril de 2026) ([CRC, 2025a](#)).

El documento soporte reporta que, bajo el esquema vigente, el conjunto de municipios con libre negociación concentra 89,8% de la población y 91,1% de los accesos móviles, lo que da cuenta de la relevancia de dicha zona en términos de mercado ([CRC, 2025b](#)).

La CRC también reporta evidencia de que, en 2024, 94,9% de los municipios con tarifa no regulada registró un tráfico de RAN inferior a 2% del total ([CRC, 2025b](#)). En nuestra opinión, este hecho es particularmente relevante para evaluar alternativas de diseño que incorporen mecanismos tarifarios supletorios focalizados, sin generar incentivos a sobreuso generalizado del RAN, es decir, sin generar incentivos que puedan afectar la inversión del operador de red visitante, o la calidad para el operador de red visitada.

**Figura 1: Evidencia de bajo tráfico de RAN en municipios no regulados**  
(proviene directamente desde el documento de soporte de la CRC).



### 2.3 Metodología de clusterización municipal y asignación de zonas

La CRC emplea una metodología de clusterización municipal basada en variables socioeconómicas, demográficas y de estructura de mercado. Entre las variables reportadas se encuentran: índice de pobreza multidimensional municipal (IPM), población (POB), densidad poblacional (DENS), un indicador de concentración tipo HHI (considerando el número de PRSTM presentes), capacidad instalada 4G (sectores conectados) y región del municipio. Para tratar faltantes en variables relevantes, el documento soporte reporta el uso de un modelo probit ordenado, que permite imputar categorías de variables con base en información observada y controles adicionales (CRC, 2025b). Se expone en forma ilustrativa en la Figura 1, un recuadro textual de la indicación a este respecto por parte de la CRC.

**Figura 2: Modelo probit ordenado para imputación de faltantes**

Imagen del pie de página 164 del documento de soporte de la CRC (pag. 130).

<sup>164</sup> Se asignaron grupos para los municipios con información incompleta de calidad, excluidos del análisis de clústeres. Para ello, se estimó un probit ordenado con los 869 municipios, que tienen información completa, de acuerdo a la siguiente ecuación de la variable latente,  $z_i$ , asociada al municipio  $i$

$$z_i = \beta_0 + \beta_1 IPM_i + \beta_2 POB_i + \beta_3 DENS_i + \beta_4 HHI_i + \beta_5 CAP4G_i + \mu_i + \varepsilon_i,$$

donde

$IPM_i$ : índice de pobreza multidimensional del municipio

$POB_i$ : población total del municipio a 2023

$DENS_i$ : densidad poblacional

$HHI_i$ : índice Herfindahl-Hirschman de la distribución de sectores 4G

$CAP4G_i$ : Capacidad instalada 4G

$\mu_i$ : efecto fijo del departamento al que pertenece  $i$

Una vez estimados los parámetros del modelo, se emplean los datos de los 226 municipios con información suficiente para realizar una asignación de clúster *ex post* para predecir el clúster al que pertenecerían con base únicamente en las variables incluidas en la ecuación anterior. Para los 27 municipios restantes, de los 253 excluidos del análisis de clústeres, la información disponible resulta insuficiente para realizar una asignación confiable.

Adicionalmente, la CRC presenta un análisis costo-efectividad para comparar alternativas de segmentación, orientado a maximizar cobertura adicional por unidad de tráfico regulado. Dicho análisis incluye, por ejemplo, alternativas con diferente distribución de municipios entre zonas reguladas y de libre negociación, y con diferentes niveles tarifarios por zona (CRC, 2025b).

La Tabla 4 corresponde al conjunto de variables explicativas utilizadas por la CRC para la caracterización y agrupación (clustering) de municipios para RAN. En particular, sintetiza las dimensiones geográficas, de infraestructura, de mercado, de calidad del servicio y socioeconómica que alimentan el análisis multivariado. Estas variables permiten clasificar los municipios según su grado de desarrollo de red, intensidad competitiva y condiciones de demanda, y sirven como insumo técnico para definir zonas con aplicación de tarifa regulada versus zonas de negociación.

**Tabla 4: Variables de clusterización municipal**

Copia de la Tabla 8 del documento de soporte de la CRC (pag. 124).

Dimensión	Variable	Descripción	Fuente (Temporalidad)
Geográfica	Distancia a la Capital	Distancia en km a la capital del departamento.	DANE
	Densidad poblacional	Habitantes por km2 en el municipio	DANE - CNPV (2018)
	% de Población Rural	Población rural como proporción de población total del municipio	DANE - CNPV (2018)
Infraestructura de red	Capacidad agregada per cápita por municipio de infraestructura 4G	Capacidad técnica por habitante de los sectores 4G en el municipio <sup>159</sup> .	Construcción propia a partir de información de CRC (2024-4T)
	Intensidad del despliegue 4G	Cambio bienal en despliegue de sectores de 4G en el municipio	Construcción propia a partir de Formato 3 de la Resolución MinTIC 175 de 2021 (2022-4T a 2024-4T)
Mercado	Número de proveedores	Cantidad de proveedores con infraestructura móvil instalada en el municipio	Construcción propia a partir de información de CRC (2024-4T)
	Índice de concentración de despliegue 4G	Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) sobre la distribución de sectores 4G entre proveedores en el municipio.	Construcción propia a partir de Formato 3 de la Resolución MinTIC 175 de 2021 (2024-4T)
	Índice de cobertura 4G agregada en zonas urbanas	Suma del porcentaje de cobertura de cada operador móvil de red en la zona urbana por municipio <sup>160</sup> .	Construcción propia a partir del reporte de mapas de cobertura por parte de los PRSTM (2024-4T)
Calidad del servicio	Velocidad de descarga	Promedio trimestral móvil simple de descarga medida como megabits por segundo (Mbps) con dos cifras decimales.	Información reportada por Medux a la CRC a partir de mediciones crowdsourcing (2024-01 a 2024-12)
	Velocidad de carga	Promedio trimestral móvil simple de carga medida como megabits por segundo (Mbps) con dos cifras decimales.	Información reportada por Medux a la CRC a partir de mediciones crowdsourcing (2024-01 a 2024-12)
	Latencia	Promedio trimestral móvil simple de latencia medida en milisegundos con dos cifras decimales.	Información reportada por Medux a la CRC a partir de mediciones crowdsourcing (2024-01 a 2024-12)
	Fluctuación de fase - Jitter	Promedio trimestral móvil simple de fluctuación de fase medida en milisegundos con dos cifras decimales.	Información reportada por Medux a la CRC a partir de mediciones crowdsourcing (2024-01 a 2024-12)
	Pérdida de paquetes	Promedio trimestral móvil simple medido en porcentaje de pérdidas de paquetes. Datos en un rango de cero (0) y (1).	Información reportada por Medux a la CRC a partir de mediciones crowdsourcing (2024-01 a 2024-12)
Economía	IPM	Índice de Pobreza Multidimensional del municipio	DANE (2018)

### 3 OBSERVACIONES TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Observación 1: Supuestos de costos unitarios y marcas utilizadas en Colombia

##### 3.1.1 A respecto de los precios unitarios en el modelo de la CRC y otros aspectos

###### 3.1.1.1 Sección pública

Existen al menos los siguientes aspectos a considerar a este mismo tema: la erosión de precios con respecto a la fecha en la que se indica se los obtuvo, y el muy elevado nivel de los costos unitarios de los equipos (todos, pero en particular en el radio y el core) que exhibe el modelo, el que se encuentra fuertemente enlazado con la marca que se declara haber desplegado en el desarrollo del modelo. Adicionalmente, y en esta misma línea, es importante considerar un ajuste en parámetros como porcentajes de mantenimiento ya que, en línea con los precios de los equipos, la consideración de otra marca de menor valor también implica menores costos de mantención. Finalmente, nos parece CRC pudiera considerar que la inclusión de holguras en diseños de red con base en tecnologías legadas o que se prevea su sustitución va en contra del criterio de eficiencia de este tipo de modelos.

Respecto de la fecha de referencia y la erosión de precios de los equipos: El desarrollo de la tecnología y despliegue de redes de telecomunicaciones a nivel mundial hace que el nivel de precios baje rápidamente al poco pasar de los meses, no sólo mejoran los precios, sino que también las prestaciones. El manual del modelo indica que los precios unitarios utilizados corresponden al año 2024 y que no se incorpora erosión en precios de equipos durante el horizonte de modelación. Este supuesto afecta fuertemente el nivel de costos unitarios proyectados, especialmente en componentes con trayectorias de reducción de precios por avances tecnológicos. Es plausible pensar que los precios a que pueden acceder operadores dominantes, en consideración a su escala, hoy por hoy son mucho más bajo que aquellos que tuvo a la vista en la fecha de referencia que se declara por parte de la CRC. Es importante mencionar en forma complementaria, que la herramienta de la CRC cuenta con la capacidad de considerar el aspecto de la erosión de forma apropiada, y además a través de las múltiples regulaciones ya se tiene evidencia empírica de los procesos de erosión de precios de tecnologías legadas ([CRC, 2025e](#)). Por demás, actores de mercado como WOM están disponibles para exponer evidencia a este respecto.

Respecto del nivel de precios unitarios de los equipos y de la marca declarada en el modelo (radio): Es importante resaltar que el nivel de costos unitarios presentado en el modelo de la CRC exhibe valores mucho mayores a los que una empresa de menor tamaño como WOM accede por parte de sus proveedores; esto además implica que son aún más altos que aquellos que empresas dominantes o con un tamaño considerable de mercado podrían obtener de negociaciones con sus propios proveedores en consideración a la escala. Es importante mencionar que WOM ya entregó la evidencia de sus precios unitarios de equipos acorde a lo solicitado por la CRC. El mero ejercicio de incorporar estos valores dentro del modelo de la CRC implica importantes bajas en el nivel tarifario que entrega el modelo.

Otro aspecto relevante a este respecto es la marca de los equipos, o *vendor*, que se declara está siendo utilizada en el modelo para representar los costos eficientes en Colombia. Llama la atención que dicha marca (Ericsson a nivel de la red de acceso) no responda a marcas utilizadas masivamente por operadores en Colombia, además es ampliamente conocido es que los niveles de precio de este proveedor suelen estar muy por encima de los valores que se pueden obtener con proveedores de China, por ejemplo: ZTE o Huawei<sup>1</sup>. WOM ya proveyó su lista de precios a la CRC, y está en disposición de proveer actualizaciones en la medida que la CRC así lo considere.

Respecto de los costos de mantención: En línea con lo anterior, los costos de mantención no sólo bajan por efecto de que las piezas y partes son de menor costo que aquellas de marcas más costosas, y no presentes en

---

<sup>1</sup> Ver Anexo B del presente concepto.

Colombia, sino que además los contratos de mantención que se pueden obtener con proveedores que ofrecen menores precios, también presentan mejores condiciones en el global. Así, se recomienda reducir a un valor porcentual representativo a lo que se pueden obtener con proveedores de equipos presentes en Colombia.

Respecto de la consideración de holgura en tecnologías que serán sustituidas: Es natural y bien pensado incluir holguras en diseño de redes de telecomunicaciones, sobre todo cuando se toma el paradigma de empresa eficiente, sin embargo, cuando la CRC se aleja de ese supuesto, reconociendo tecnologías legadas, el inducir holguras en el diseño de tecnologías que se tiene planificado que queden paulatinamente con menor nivel de utilización constituye una doble consideración, y que va en contra de la eficiencia y competitividad del sistema; por definición las holguras se deben considerar cuando las restricciones de capacidad estén activas. A este respecto se recomienda no considerar, holguras, o considerar menores holguras en diseño de red en el contexto tecnológico propuesto por la CRC.

### 3.1.1.2 **Sección confidencial – implementación en el modelo**

#### 3.1.2 Propuesta de complemento de evidencia

WOM ya había aportado la evidencia para validar y ajustar supuestos de costos unitarios (CAPEX y OPEX) relevantes para RAN, mediante cotizaciones de proveedores, contratos y/o benchmarks auditables y que respetan evidencia real de Colombia al respecto de valores de precios que se puedan refrendar. Simplemente en esta oportunidad se ha provisto una forma simple, auditable, que no interfiere sobre el diseño de la CRC, pero que permite considerar el nivel de costo de una marca que realmente se utiliza por parte de los operadores en Colombia. El detalle de la implementación se entrega en la versión reservada del informe y en su anexo, que constituye el archivo en Excel **confidencial**.

#### 3.1.3 Recomendación concreta a la CRC (versión pública)

Se recomienda a la CRC considerar información real de una empresa que incluso siendo de menor tamaño que las incumbentes, presenta menores precios unitarios de equipos que aquellos propuestos por CRC. El considerar los niveles de precios que llevan a los niveles tarifarios propuestos por CRC, perjudican el adecuado desarrollo de la competencia (y, por ende, de WOM), no representan precios de operadores en Colombia, y que son de marcas que tampoco son utilizadas por operadores en Colombia.

El resultado de la aplicación sucesiva de estos cambios en el propio modelo de la CRC se muestra, para cada una de las tarifas, en el contexto RAN, en las siguientes Figuras:

**Figura 3:** Detalle del impacto de cada uno de los cambios propuestos dentro del modelo en los niveles tarifarios – Caso RAN Internet Móvil

**Figura 4:** Detalle del impacto de cada uno de los cambios propuestos dentro del modelo en los niveles tarifarios – Caso RAN Minutos

**Figura 5:** Detalle del impacto de cada uno de los cambios propuestos dentro del modelo en los niveles tarifarios – Caso RAN SMS

### 3.2 Observación 2: Alcance geográfico, clusterización y granularidad – inclusión de mecanismo tarifario para operadores de menor escala en municipios de libre negociación

#### 3.2.1 Punto de partida: focalización por zonas

La propuesta de la CRC diferencia municipios con tarifa regulada (permanente o transitoria) y municipios con libre negociación, que son aquellos que concentran la gran mayoría del tráfico, con el objetivo de focalizar la regulación en zonas con menor densidad de tráfico y/o con brechas de cobertura. Este enfoque busca, en principio, evitar efectos adversos sobre incentivos de inversión en zonas donde existiría competencia infraestructural más intensa ([CRC, 2025b](#); [CRC, 2025a](#)).

#### 3.2.2 Observación central y recomendación

Consideramos que es necesario que el esquema incorpore explícitamente la posibilidad de que un operador de menor escala (operador desafiante) pueda acceder a una referencia tarifaria (tope o tarifa supletoria) también en municipios clasificados como de libre negociación, bajo condiciones objetivas, por un periodo acotado y con salvaguardas verificables. Esta misma regla deberá aplicar a eventuales operadores entrantes. En un mercado con alta asimetría, con fallas de mercado, la libre negociación no garantiza necesariamente resultados competitivos: el poder de negociación del operador anfitrión puede traducirse en precios o condiciones mayoristas que restrinjan la competencia minorista y limiten la capacidad de inversión del operador desafiante. Estos mismos resultados nocivos son un riesgo evidente ante la ausencia de incentivos y presiones competitivas en el segmento mayorista, como ha sido advertido por la misma CRC en observancia de los cambios en la estructura del mercado colombiano.

Tal como se observa incluso por la misma CRC en los antecedentes de este proyecto, con la unión de Tigo y Movistar, ya no existe una competencia real en este segmento, y el resultado que se prevé en forma clara por parte de WOM, es que no logrará acuerdos en precios razonables, y por ende no existirán simplemente dichos acuerdos de roaming.

Debemos destacar que la cantidad de tráfico que cursa WOM por su propia infraestructura en estas zonas representa aproximadamente el 96% de su tráfico total, lo que evidencia que la empresa opera mayoritariamente sobre red propia y que el uso de RAN cumple un rol claramente complementario. Esta situación es coherente con la información técnica disponible, que muestra un despliegue significativo de sitios por municipio, así como un volumen relevante de tráfico total cursado directamente por WOM en dichas áreas, mientras que el tráfico en RAN se concentra en una fracción acotada del total.

#### **Tabla 5: Consumo de tráfico en RAN por WOM aplicado a la clusterización propuesta por CRC (RESERVADA)**

En este contexto, la propuesta de la CRC orientada a promover un esquema de participación simétrica del tipo “1/3 – 1/3 – 1/3” no garantiza, en la práctica, un desarrollo dinámico de la competencia, en la medida en que no reconoce las diferencias efectivas en despliegue, uso de red y patrones reales de tráfico entre operadores. En particular, la ausencia de una consideración explícita de la eficiencia dinámica, entendida como los incentivos a invertir y a expandir infraestructura propia en el tiempo, constituye el principal problema de la propuesta desde nuestra perspectiva.

Incluso, si la CRC pretende evitar la generación de desincentivos a la inversión en red propia de los operadores de menor escala, en adición a la delimitación temporal de la regulación tarifaria, bien podría establecer para las actuales “zonas de libre negociación”, la aplicación de una tarifa regulada pero solamente para el tráfico que represente menos del 10% de la capacidad de la red visitada.

### 3.2.3 Argumentos técnicos y económicos

- a) RAN como instrumento de resiliencia y competencia en calidad: Inclusive en municipios de alto desempeño, la heterogeneidad intraurbana del tráfico y episodios de congestión pueden generar brechas puntuales de servicio que afectan la percepción de calidad; lo que es consistente con evidencia empírica que muestra distribuciones altamente no homogéneas del tráfico móvil al interior de áreas urbanas, incluso dentro de municipios de alta densidad y cobertura ([Wang et al., 2018](#); [Nan et al., 2013](#)). En este contexto, el RAN no solo cumple un rol de extensión de cobertura en zonas desatendidas; también actúa como un mecanismo de continuidad y resiliencia que habilita competencia efectiva en calidad, especialmente para un operador de menor escala durante su fase de densificación. Esta función de resiliencia y continuidad del servicio asociada al roaming nacional ha sido documentada en la literatura técnica reciente, que muestra que el acceso a redes alternativas permite mitigar fallas locales, congestión y brechas puntuales de calidad sin sustituir el despliegue de infraestructura propia ([Weedage et al., 2024](#)).
- b) Inducción de competencia (no solo cobertura): El objetivo regulatorio no se limita a cerrar brechas de cobertura en zonas desatendidas; también incluye fortalecer la competencia y la eficiencia dinámica, lo cual es propio y esperado de un regulador. El acceso a RAN en municipios de alta demanda incide directamente en la posibilidad de competir en calidad (cobertura, capacidad) y, por esa vía, en los incentivos a invertir para densificar y sostener mejoras. Es la misma CRC la que plantea este objetivo de inducción de competencia ([CRC, 2025c](#)), pero no lo plasma dentro de su propuesta, y sólo se enfoca en cobertura. La literatura económica sobre roaming y acceso mayorista ha enfatizado que estos esquemas cumplen un rol competitivo incluso en zonas con cobertura existente, particularmente cuando existen asimetrías estructurales entre operadores ([Sandbach, 2009](#); [Armstrong, 1998](#)).
- c) Asimetrías estructurales en zonas de alta demanda: En municipios de mayor demanda, las diferencias de cobertura y capacidad entre redes tienden a reflejarse en indicadores de calidad percibida por el usuario. La ausencia de un mecanismo supletorio puede derivar en precios mayoristas que no reflejen costos eficientes y/o en condiciones contractuales (por ejemplo, plazos, restricciones técnicas) que, en conjunto, limiten la capacidad competitiva del operador desafiante. Este tipo de asimetría ha sido ampliamente discutido en la literatura sobre acceso mayorista, donde se reconoce que la libre negociación entre agentes estructuralmente desiguales no garantiza resultados competitivos ([Stühmeier, 2013](#); [Goral & Karacaer, 2011](#)).
- d) Evidencia de bajo tráfico de RAN en municipios no regulados: La CRC reporta que, en 2024, 94,9% de los municipios con tarifa no regulada registró un tráfico de RAN inferior a 2% del total ([CRC, 2025b](#)). Este hallazgo permite concluir que un mecanismo supletorio, focalizado y temporal, podría tener impacto limitado sobre los incentivos globales de inversión, mientras habilita competencia y continuidad del servicio para un operador de menor escala. En la misma línea, como ya se indicó, dentro de las zonas que CRC definiría como de libre negociación WOM atiende con su infraestructura cerca del 97% de su tráfico, es decir, evidencia empíricamente su apuesta por invertir. Sin embargo, en un esquema dinámico, que permita sostener esta inversión en el tiempo, WOM tiene un alto grado de certeza que simplemente no logrará establecer contratos de roaming en condiciones técnica y económicamente razonables en dicha zonas, en cuanto a que la fusión de Tigo y Movistar simplemente hizo desaparecer la competencia en ese segmento, lo cual a pesar de haber sido reconocido por la CRC en múltiples documentos, no tiene una consecuencia o una visión evidente que se plasme en la propuesta regulatoria. Este patrón es consistente con evidencia internacional que muestra que, aun bajo esquemas de acceso y regulación de roaming, el tráfico cursado suele representar una fracción acotada del tráfico total, sin inducir sustitución sistemática del despliegue propio ([Mandalari et al., 2018](#); [Mandalari et al., 2022](#)).
- e) Magnitud de la zona de libre negociación: El documento soporte también indica que los municipios de libre negociación concentran 89,8% de la población y 91,1% de los accesos móviles ([CRC, 2025b](#)). Desde la perspectiva de competencia, excluir completamente esta zona de cualquier referencia tarifaria para operadores de menor escala puede dejar sin remedio regulatorio precisamente los municipios con mayor relevancia económica para competir en el mercado minorista, haciendo mella en la eficacia de la intervención regulatoria.

- f) Evidencia académica y empírica: La literatura económica sobre interconexión y acceso mayorista resalta que, cuando existen asimetrías de escala y poder de mercado, los esquemas de precios mayoristas pueden requerir tratamientos diferenciados para promover competencia efectiva y mitigar rentas derivadas de cuellos de botella ([Armstrong, 1998](#); [Stühmeier, 2013](#); [Goral & Karacaer, 2011](#)).

En el ámbito de roaming, existe evidencia y discusión sobre el diseño de reglas de precios y salvaguardas para equilibrar objetivos de competencia con preservación de incentivos a inversión. En particular, trabajos sobre fijación de precios de roaming y efectos de regulación de precios subrayan la importancia de reglas transparentes y de mecanismos que eviten resultados de negociación distorsionados por poder de mercado ([Sandbach, 2009](#); [Herrmann et al., 2014](#); [Muñoz-Acevedo & Grzybowski, 2023](#); [Canzian et al., 2025](#); [Weedage et al., 2024](#)).

En efecto, tal como se indica en estudios publicados en el sitio de la CRC<sup>2</sup>, como una de las principales conclusiones que:

*“De conformidad con los resultados, se puede afirmar que la Resolución CRC 6298 de 2021 generó incentivos para la reasignación de la inversión hacia los mercados con mayor desarrollo en competencia. En términos relativos a la superficie per cápita, se encuentra evidencia de un aumento del 46.8% en la densidad de sitios 4G y del 57.6% en los sectores de esta tecnología en municipios con tarifa negociada, donde el costo de oportunidad del uso del RAN es mayor, reflejando un comportamiento competitivo entre PRSTM (Briglaue, 2014). En contraste, en municipios con tarifa regulada, el tráfico per cápita de datos móviles en RAN aumentó un 7.8% dos años después de la implementación de la resolución, lo cual indica un fortalecimiento de la competencia en la provisión de servicios en estas zonas (Cave, 2006).”*

Es importante mencionar que, en términos empíricos, WOM puede mostrar que, en escenarios previos a la integración entre Tigo y Movistar, pagó tarifas de roaming a nivel nacional mediante esquemas negociados y, en promedio, inferiores a la tarifa regulada vigente. Este antecedente refuerza la evidencia de que el uso del RAN, cuando se enmarca en condiciones de negociación efectivas y con precios que reflejan costos y escasez relativa de capacidad, no sólo no inhibe la inversión en red propia, sino que puede coexistir con estrategias de despliegue intensivo de infraestructura. En consecuencia, la experiencia observada sugiere que el desafío regulatorio no reside en la existencia del RAN como instalación esencial, sino en el diseño de reglas de precios y salvaguardas que eviten su utilización como sustituto permanente de inversión, preservando así los incentivos a la eficiencia dinámica y al desarrollo sostenible de la competencia.

Resumiendo, y poniendo el principio de eficiencia dinámica sobre la discusión, creemos relevante dejar claro que bajo, la metodología de clusterización municipal propuesta por la CRC (si bien es técnicamente consistente como ejercicio de similitud estadística multivariada) resulta insuficiente como fundamento regulatorio por sí misma, en la medida en que no demuestra que los clústeres obtenidos correspondan a “estados dinámicos” diferenciados del proceso de inversión y despliegue de red, ni que la consecuencia regulatoria asociada (tarifa tope versus libre negociación) preserve los incentivos intertemporales a densificación, modernización tecnológica y expansión competitiva. En modelos de Empresa Eficiente, la remuneración mayorista debe equilibrar eficiencia estática (precios alineados con costos eficientes) con señales de inversión de largo plazo, considerando irreversibilidades, ciclos tecnológicos y asimetrías estructurales de escala y poder de negociación. Sin embargo, el esquema basado en clústeres opera como una fotografía estática de condiciones municipales en un corte temporal, y no explicita mecanismos que eviten los riesgos regulatorios que de acá se derivan (imposibilidad empírica práctica y tangible de poder establecer contratos de RAN en el futuro), tampoco vincula la clasificación con trayectorias de demanda, cobertura y capacidad que justifiquen la intensidad regulatoria a lo largo del tiempo. En ese sentido, aun aceptando la validez estadística del clustering propuesto por la CRC, su uso normativo requiere una justificación adicional explícita bajo el principio de

<sup>2</sup> [https://www.crc.com.gov.co/sites/default/files/transparencia/contenido\\_multimedia/Eval-Imp-Res-CRC-6298-2021.pdf#:~:text=Remuneraci%C3%B3n%20del%20Roaming%20Autom%C3%A1tico%20Nacional%22%20de%20la,variables%20asociadas%20a%20dimensiones%20relacionadas%20con%20la](https://www.crc.com.gov.co/sites/default/files/transparencia/contenido_multimedia/Eval-Imp-Res-CRC-6298-2021.pdf#:~:text=Remuneraci%C3%B3n%20del%20Roaming%20Autom%C3%A1tico%20Nacional%22%20de%20la,variables%20asociadas%20a%20dimensiones%20relacionadas%20con%20la)

eficiencia dinámica, especialmente cuando la zona de libre negociación concentra la mayor parte de la población y accesos móviles, cuando los problemas de competencia de los mercados móviles son nacionales, y cuando el objetivo declarado del proyecto incluye fortalecer la competencia mayorista en un contexto de alta asimetría (Wang et al., 2018; Sandbach, 2009; Weedage et al., 2024).

### 3.2.4 Principios de ajuste regulatorio que se recomienda considerar

A continuación, se proponen principios de diseño simples y proporcionales: mantener la libre negociación como regla general, incorporando una tarifa de referencia supletoria aplicable únicamente si las partes no alcanzan un acuerdo en un plazo definido y bajo condiciones objetivas asociadas al solicitante (operador de menor escala) y a salvaguardas verificables, o la aplicación de una tarifa regulada solamente para un porcentaje predefinido del tráfico a cursar sobre la red visitada, determinado por su capacidad de red. Este diseño preserva incentivos de negociación, mantiene un enfoque de complementariedad del RAN evitando presuntos desincentivos a las inversiones en red propia y, a la vez, evita que asimetrías de poder de mercado se traduzcan en precios o condiciones mayoristas prohibitivas. Enunciamos estos principios no excluyentes (de hecho, la idea es combinarlos) a continuación:

- Principio de negociación en igualdad de condiciones - tarifa supletoria en libre negociación para operadores de menor escala: Se recomienda mantener la libre negociación como regla general, pero incorporar una tarifa de referencia supletoria aplicable únicamente cuando el solicitante sea un operador de menor escala (operador desafiante) y se cumplan condiciones objetivas, como por ejemplo: umbral de participación minorista nacional, umbral de concentración, o ausencia de acuerdo en un plazo razonable.
- Principio de extensión de la tarifa regulada pero limitada a un 10% de la capacidad de la red visitada: Con el fin de garantizar condiciones de acceso mayorista que promuevan la competencia efectiva, sin comprometer la calidad del servicio ni los incentivos de inversión del operador de red origen, se propone que la aplicación de la tarifa regulada de acceso se encuentre sujeta a un límite máximo expresado como proporción de la capacidad efectiva de la red.

Este enfoque busca compatibilizar dos objetivos regulatorios: por una parte, permitir el uso eficiente de capacidad disponible que, en ausencia de acceso mayorista, podría permanecer subutilizada; y por otra, resguardar la operación normal de la red visitada, asegurando márgenes razonables de holgura operativa para absorber variaciones temporales de demanda, crecimiento orgánico y eventos extraordinarios.

En este contexto, se propone que la aplicación de la tarifa regulada se limite a un máximo equivalente al 10 % de la capacidad instalada de la red visitada, medida conforme a los criterios técnicos definidos a continuación. Este umbral constituye un límite prudencial de referencia, orientado a preservar la estabilidad operativa de la red, y no implica, en ningún caso, la asignación automática ni garantizada de dicha capacidad.

El detalle de la definición matemática de la capacidad instalada se define en los anexos del presente documento.

- Principio de extensión de la lógica del tratamiento nacional temporal a un esquema basado en KPIs: El proyecto contempla una tarifa nacional temporal aplicable por cinco años a operadores que obtienen por primera vez permisos IMT. Se propone evaluar extender una lógica análoga (en términos de acceso a una referencia tarifaria nacional) a operadores desafiantes o de menor escala que, aun no siendo nuevos en permisos, enfrentan asimetrías estructurales de escala, especialmente mientras completan procesos de densificación y expansión, en un mercado con riesgos de duopolio como el colombiano. Lo anterior, con un enfoque basado en indicadores medibles y refrendables; y en la medida que se cumplan, entonces regirán las condiciones tarifarias.
- Principio de mejoras respecto de la granularidad: Existen dos caminos, o reconocer que no se representa de buena manera con este método el espíritu de mejora en la competencia, y ahondar en perfeccionar este esquema, renunciando a atender esa necesidad y finalidad regulatoria, o bien simplemente reconocer que

no se hace carga de la eficiencia dinámica, y hacer extensiva las condiciones a todas las zonas, eliminando la zona de libre negociación.

- Respecto de la primera alternativa; si la CRC quisiera insistir en su propuesta de zonificación y de división de municipios, se requeriría ahondar en el análisis de granularidad: se propone complementar la segmentación municipal con criterios de subzonas o geotipos dentro del municipio (cuando existan datos), para evitar que los límites político-administrativos diluyan necesidades reales de refuerzo de cobertura/capacidad en áreas específicas. La evidencia empírica sobre distribución espacial de tráfico y clustering de estaciones base sugiere heterogeneidad significativa dentro de áreas urbanas, lo que refuerza la conveniencia de instrumentos más granulares cuando sea factible ([Wang et al., 2018](#)).

Esto sin embargo requiere mucha información, y complejiza mucho el instrumento regulatorio. Simplemente se pone como opción por cuanto ha habido un esfuerzo de larga data a este respecto, y podría haber requerimientos de homogeneidad de criterios u otras consideraciones, que sería positivo analizar y poner a disposición de la comunidad para su análisis.

Adicionalmente, un tema no menor, es el posible efecto que esto induce dentro del comportamiento del modelo de la CRC ante cambios de escala. Se recomienda hacer sensibilidades al respecto, y analizar la lógica de esta situación.

- Respecto de la segunda alternativa de no considerar zona de libre de negociación; esta es más limpia y simple. Al ser combinada con los otros principios, sigue promoviendo la competencia. Nótese que la medida en la forma que actualmente propone la CRC no toma en consideración el hecho que existe un nivel de tráfico de RAN muy menor, podría simplemente hacerse extensiva la definición a todas las zonas, sin existir zonas de libre negociación, así se podrá garantizar la maximización de la competencia, y permitirá a los desafiantes negociar condiciones realistas (realizables), en el intertanto que se desarrolla el despliegue de su infraestructura.
- Principio de derecho de opción con resguardos: Establecer que, durante dependiendo del cumplimiento de ciertas condiciones o KPIs, un operador desafiante pueda optar por aplicar un tope (por ejemplo, el de la zona transitoria) también en municipios de libre negociación, sujeto a: (i) límites cuantitativos de tráfico o de sitios; (ii) obligaciones verificables de despliegue/densificación; y (iii) reporte de KPIs de uso de RAN. El objetivo es que la medida funcione como un puente competitivo, no como sustituto del despliegue.

### 3.2.5 Recomendación a la CRC

Se recomienda incorporar, en la versión final, un mecanismo explícito que permita a operadores de menor escala acceder a una tarifa tope o de referencia en municipios de libre negociación, al menos de forma temporal y condicionada, y justificar su proporcionalidad con base en: (i) asimetrías estructurales y poder de negociación; y (ii) evidencia de bajo tráfico de RAN en dichos municipios; esto es, en aquella franja de tráfico que no lleguen a superar más del 10% de la capacidad de la red visitada.

## 3.3 Observación 3: Supuesto de participación de mercado de la empresa eficiente

### 3.3.1 Lo que plantea la CRC

El documento soporte indica que la empresa eficiente atiende ~33% de la demanda del mercado, considerando la existencia de tres operadores de red en el país. La CRC también aclara que este supuesto no pretende reflejar participaciones reales del mercado minorista ([CRC, 2025b](#)).

### 3.3.2 Por qué es importante para la tarifa de RAN

Aunque el supuesto de participación (33%) no busca replicar el mercado minorista, sí define la escala de referencia utilizada para dimensionar la demanda y el tráfico en el ejercicio de empresa eficiente. En presencia de economías de escala y de densidad, distintos supuestos de escala pueden asociarse a diferencias relevantes en costos unitarios, especialmente cuando el esquema regulatorio combina segmentación territorial, coexistencia de zonas con tarifa tope y zonas de libre negociación, y reglas diferenciadas en el tiempo o por tipo de operador o por condiciones técnicas a cumplir. La literatura ha documentado ampliamente que, bajo estas condiciones, los costos incrementales relevantes y las señales de precios mayoristas dependen críticamente de la escala efectiva de operación considerada en la modelación ([Stühmeier, 2013](#); [Goral & Karacaer, 2011](#)).

En este contexto, el punto central no es cuestionar la estructura del modelo de costos, sino advertir que una alta complejidad en el diseño regulatorio, al operar sobre una zonificación extensa y con supuestos promedio de participación, puede dificultar la interpretación del valor resultante como una señal clara y uniforme para el mercado mayorista. En particular, en el caso del RAN existe una asimetría estructural entre operador anfitrión y operador visitante, donde el primero concentra mayores niveles de tráfico y densidad de infraestructura. En presencia de economías de escala, esta asimetría implica que los costos incrementales unitarios eficientes del anfitrión difieren sistemáticamente de aquellos asociados a un operador “promedio”, fenómeno ampliamente analizado en el contexto del roaming nacional ([Sandbach, 2009](#)).

Desde la perspectiva del diseño regulatorio, diversos estudios sobre fijación de precios de roaming y acceso mayorista enfatizan que esquemas excesivamente diferenciados por zonas o basados en supuestos simétricos pueden introducir fricciones regulatorias, aumentar la discrecionalidad en la aplicación de topes y debilitar la trazabilidad de la señal de precios, sin necesariamente mejorar los incentivos a la competencia o a la inversión ([Sandbach, 2009](#); [Herrmann et al., 2014](#); [Muñoz-Acevedo & Grzybowski, 2023](#)). En estos casos, la complejidad regulatoria tiende a desplazar el foco desde los incentivos económicos fundamentales hacia discusiones metodológicas difíciles de resolver en la práctica.

Por ello, desde un enfoque de proporcionalidad y robustez regulatoria, resulta pertinente considerar alternativas de simplificación del esquema tarifario, tales como la adopción de un tope nacional único o una referencia nacional supletoria para la remuneración del RAN de datos, complementada con salvaguardas objetivas que eviten la sustitución permanente de inversión en red propia. Este tipo de aproximación ha sido identificado en la literatura como un mecanismo eficaz para reducir distorsiones derivadas del poder de negociación y para preservar incentivos de eficiencia dinámica en mercados con asimetrías estructurales ([Canzian et al., 2025](#); [Weedage et al., 2024](#)).

### 3.3.3 Recomendación: análisis de sensibilidad y consideración de asimetría

Se recomienda que la CRC realice un análisis de sensibilidad del costo unitario de RAN frente a supuestos alternativos de escala. En particular, además del escenario base (33%), resulta recomendable simular rangos representativos de redes anfitrionas de mayor escala (amulando a los operadores con participación significativa de mercado), y un escenario asimétrico. El objetivo es evaluar la robustez del tope frente a economías de escala no lineales y transparentar el impacto del supuesto de dimensionamiento sobre el costo incremental unitario. La sensibilidad del costo incremental a cambios en la escala y en la distribución de la demanda es un aspecto reconocido en la literatura sobre modelos LRIC, particularmente cuando se utilizan enfoques bottom-up orientados a redes eficientes ([Ioannou et al., 2021](#); [Forge & Srivastava, 2018](#)).

- a) Escenario base (33%).
- b) Escenario de escalas que emulen las participaciones de mercado de los operadores.
- c) Otros escenarios hipotéticos intermedios, simplemente para corroborar la robustez de la herramienta.

La utilidad de este ejercicio es doble: (i) permite evaluar la robustez del tope tarifario a supuestos alternativos razonables; y (ii) entrega transparencia y auditabilidad a los agentes, reduciendo la probabilidad de controversias metodológicas posteriores.

### 3.3.4 **Sección Reservada (confidencial):** Simulación de sensibilidad realizada por WOM

Ejecutamos simulaciones del modelo publicado por la CRC con la información real de WOM incorporando participaciones de mercado observadas para: (i) el operador dominante, y de mayor escala; (ii) el segundo operador en escala (considerando la operación integrada); y (iii) WOM, como el operador desafiante y de menor escala. Estas simulaciones cuantifican la sensibilidad del costo unitario al supuesto de participación y aportar evidencia numérica al expediente. Los resultados<sup>3</sup> de estas simulaciones se remiten a la CRC dentro del modelo en la hoja “Escenarios\_WOM” filas 77 y 157, que se encuentra dentro del archivo adjunto denominado “modelo\_CRC-WOM\_Final-RESERVADO.xlsm”.

**Dicha información, y en general ese archivo en formato Excel que se adjunta, tienen el carácter de RESERVADO, en tanto que contienen información de esa naturaleza y comercialmente sensible de esta empresa, que se encuentra protegida de acuerdo con las leyes colombianas y por las normas supranacionales de la CAN, al constituir secreto industrial y comercial, y que en manos de terceros competidores e incluso de otros agentes de la cadena de valor de la industria, podría afectar decisiones competitivas y estratégicas.**

### 3.3.5 Recomendaciones a la CRC

Se recomienda:

- (i) Explicitar en el documento definitivo la justificación del supuesto de participación de mercado, su rol dentro del dimensionamiento, la lógica económica del efecto de la escala dentro del modelo; analizar estos aspectos a la luz de los antecedentes que expone WOM.
- (ii) Analizar un conjunto mínimo de sensibilidades que permita mostrar la robustez del tope tarifario frente a hipótesis alternativas de escala, notar sobre el efecto de la granularidad del modelo, y concluir sobre la bondad que tendría una simplificación, que eliminara la zona de libre negociación, y simplemente tomar el valor global (que en la propuesta original de la CRC se condice con aquel que pueden obtener los operadores que por primera vez son asignatarios IMT). No sólo para hacerse cargo de lo práctico respecto de la robustez del modelo, sino que también en línea con acoger e incluir conceptos de eficiencia dinámica, tal como se argumentó en la Observación 2 en este mismo informe.
- (iii) Adoptar un esquema, que considere explícitamente el tamaño y las eficiencias económicas de los participantes del mercado, a modo de promover la competencia. En este sentido, el modelo y su escala deben representar de buena manera a los operadores que reciben el tráfico de roaming, y que tienen una escala acorde a operadores dominantes.

## 3.4 Observación 4: Bondad del enfoque de costos (LRIC) y consistencia económica

### 3.4.1 Reconocimiento del enfoque

Consideramos adecuado que la CRC utilice un enfoque de costos incrementales de largo plazo (LRIC) como referencia para topes mayoristas, en tanto esta aproximación busca alinear precios con costos eficientes de provisión incremental y limitar rentas derivadas de poder de mercado ([CRC, 2025b](#)). Creemos igualmente, que

---

<sup>3</sup> Es importante insistir sobre la confidencialidad del modelo modificado por New Era con la información de WOM, puesto contiene costos unitarios que tienen cláusulas de confidencialidad con los vendedores, e información comercial confidencial y sensible para WOM.

las ventajas de este método deben ser vistas y analizadas a la luz de la lógica económica de la escala de la empresa eficiente modelada.

### 3.4.2 Justificación económica

La literatura sobre interconexión y regulación mayorista muestra que precios basados en costos incrementales son consistentes con señales de eficiencia y pueden mejorar bienestar cuando existe poder de mercado en el acceso a redes o infraestructura esencial ([Armstrong, 1998](#)).

En contextos con asimetrías, además, la interacción entre la regla de precios y los incentivos de expansión/competencia puede justificar medidas complementarias (por ejemplo, tratamientos diferenciados o mecanismos transitorios) para evitar que el acceso mayorista se convierta en un instrumento de exclusión o de extracción de rentas ([Stühmeier, 2013](#)). Diversos autores advierten que la aplicación de modelos LRIC requiere cautela en la definición de supuestos de demanda y escala, dado que pequeñas variaciones pueden tener impactos no triviales en los resultados tarifarios ([Ioannou et al., 2021](#); [Forge & Srivastava, 2018](#)).

La lógica económica indica que, bajo el paradigma adoptado por CRC, la curva de costos totales de largo plazo reconoce las economías de escala de la empresa, y estos mismos principios se ven reflejados en un esquema LRIC. En este sentido, si bien la lógica de zonificación tiene su sustento en la diferenciación, en la práctica esas zonas no son de empresas separadas, están dentro de la misma empresa, y debieran por ende en conjunto exhibir en forma consistente economías de escala y de densidad, pedimos que la CRC analice estos aspectos.

### 3.4.3 Argumentos previsibles de los operadores de mayor escala para defender sus rentas y posición competitiva y líneas de respuesta

#### 3.4.3.1 Respecto de la recuperación de los costos

Es previsible que operadores de mayor escala argumenten que topes basados en LRIC desincentivan inversión o no permiten recuperar costos comunes. Para robustecer el expediente, se recomienda explicitar que, para efectos de topes tarifarios, LRIC puro acota remuneraciones por encima del costo incremental eficiente y evita cargar al operador visitante costos comunes que el operador anfitrión recupera a través de su operación minorista. Incorporar costos comunes vía otros esquemas en un mercado con altas asimetrías puede elevar artificialmente el piso de costos del operador desafiante y operar como barrera a la entrada y expansión. Para robustecer el expediente, se recomienda que la CRC explicita: que el objetivo del tope es limitar precios mayoristas por encima de niveles eficientes, no sustituir la competencia infraestructural y que la revisión periódica permite corregir desajustes si se observasen efectos no deseados. En este sentido, LRIC se concibe como una referencia para limitar remuneraciones excesivas, más que como un mecanismo destinado a reflejar la totalidad de los costos comunes de la red ([Westermeier, 2014](#)).

Igualmente, es previsible que los operadores de mayor escala argumenten que incluso las tarifas propuestas por la CRC no alcanzarían a cubrir sus costos. Este argumento sería infundado, los costos que arroja el modelo que ejecutamos con la información de WOM, muestran que incluso la tarifa eficiente debe fijarse muy por debajo del primer escalón tarifario contenido en la propuesta de la CRC. Luego, para el operador dominante y para Tigo/Movistar, estos costos, sin duda, son sustancialmente menores debido a su escala y a su condición de operadores multinacionales, que consiguen mejores precios en sus negociaciones debido a las negociaciones regionales que adelantan, aspecto públicamente conocido y que puede ser preguntado por la CRC.

#### 3.4.3.2 Respecto de los incentivos a la inversión

Es también previsible que los operadores de mayor escala, busquen defender su posición competitiva y de mercado, señalando que extender la aplicabilidad de la tarifa regulada de Roaming Nacional podría llevar a que WOM y cualquier otro operador de menor escala tuviera desincentivos a invertir en su propia red. El contraargumento es evidente, parte de la finalidad que la CRC ha anunciado, y que debe considerar en sus intervenciones regulatorias es promover y garantizar escenarios de libre competencia. Luego, para que esta

herramienta de intervención cumpla con ese cometido, debe extenderse su aplicación a nivel nacional, o generar las alternativas propuesta en este concepto para operadores de menor escala, siendo esas mismas alternativas las que plantean mecanismos para asegurar que no se generen los riesgos advertidos; aplicación de tarifa regulada para los municipios de alto desempeño solamente si se verifica la complementariedad en el tráfico de la red de red visitante (máximo el 10% de la capacidad de red visitada), o sujeción a indicadores de inversión.

#### 3.4.4 Recomendaciones concretas a la CRC

Se sugiere reforzar, en la motivación, la racionalidad de LRIC puro para el servicio de RAN, explicitando por qué resulta preferible frente a aproximaciones alternativas cuando el propósito es fijar topes. Asimismo, puede considerarse ahondar en la presentación de sensibilidades comparando LRIC vs. esquemas alternativos sin comprometer el enfoque base (es algo que la herramienta actual ya permite).

Se insiste en la necesidad de implementar alternativas frente a la aplicación de la tarifa regulada limitada a municipios que representan solamente el 9% de los usuarios y del tráfico, de manera tal que realmente constituya una herramienta de promoción de la competencia, y no solo de complemento geográfico de redes en municipios de poco impacto a nivel competitivo agregado. Igualmente, reiteramos las que las alternativas propuestas en este escrito para ello, de ser adoptadas por la CRC, eliminan los eventuales desincentivos para las inversiones en red propia por parte de los operadores de red de menor escala.

## 4 ANÁLISIS DE ALGUNOS PRINCIPIOS REGULATORIOS QUE CONCIERNEN A ESTE PROCESO

Esta sección no introduce nuevos antecedentes ni replica las observaciones ya desarrolladas. Su propósito es sistematizar, a nivel de principios regulatorios, los elementos del análisis realizado por nosotros, para facilitar su evaluación por parte de la CRC y reforzar la coherencia del esquema propuesto respecto de los objetivos declarados del proyecto regulatorio.

### 4.1 Principio de incentivos a la inversión y eficiencia dinámica

Un esquema de remuneración mayorista debe evaluarse no solo por su consistencia estática con costos eficientes, sino también por su capacidad de preservar incentivos intertemporales a la inversión, densificación y modernización tecnológica, especialmente en mercados con fuertes asimetrías estructurales. En este sentido, las reglas aplicables al RAN deben permitir que un operador de menor escala sostenga continuidad de servicio, pueda obtener ingresos derivados de dicho servicio, mientras despliega infraestructura propia, evitando que la ausencia de mecanismos supletorios en zonas económicamente relevantes derive en restricciones prácticas a la competencia y, en última instancia, en una menor presión competitiva sobre los operadores de mayor escala.

### 4.2 Principio de proporcionalidad y mitigación de riesgos de arbitraje

Las posibles preocupaciones respecto de hipotéticos incentivos al sobreuso del RAN o a arbitraje regulatorio deben abordarse mediante diseño proporcional del instrumento, y no mediante su exclusión total en amplias zonas del territorio. La evidencia presentada por la propia CRC sobre el bajo tráfico de RAN en municipios no regulados sugiere que mecanismos temporales, condicionados y con resguardos verificables (límites de tráfico, obligaciones de despliegue, reporte de KPIs) permiten mitigar dichos riesgos sin bloquear un instrumento necesario para corregir asimetrías de poder de negociación.

#### 4.3 Principio de coherencia del criterio geográfico y de la clusterización municipal

La metodología de clusterización municipal utilizada por la CRC es un ejercicio estadístico razonable para caracterizar heterogeneidades territoriales. Sin embargo, desde una perspectiva regulatoria, su aplicación debe ser consistente con los objetivos de competencia y eficiencia dinámica. En particular, la agregación a nivel municipal puede ocultar heterogeneidades relevantes al interior de zonas urbanas de alta demanda y, al mismo tiempo, generar efectos de exclusión regulatoria en municipios con alta relevancia económica. En ese contexto, resulta necesario evaluar si el esquema actual de zonas reguladas versus libre negociación representa adecuadamente la dinámica competitiva del mercado o si, alternativamente, un diseño más simple; que extienda referencias tarifarias de manera general, bajo condiciones; resulta más coherente y robusto.

#### 4.4 Principio de consistencia económica del enfoque de costos

El uso de LRIC puro como referencia para topes tarifarios mayoristas es conceptualmente adecuado cuando el objetivo es acotar precios por encima del costo incremental eficiente y limitar rentas derivadas de cuellos de botella. Sin embargo, su aplicación debe ser coherente con los supuestos de escala, con la granularidad territorial del modelo y con la lógica económica subyacente a la Empresa Eficiente. En particular, cuando el esquema introduce segmentaciones geográficas y supuestos de simetría que no reflejan la estructura real del mercado, resulta indispensable complementar el análisis con sensibilidades y verificaciones de robustez, de modo de asegurar que los valores resultantes no generen distorsiones ni barreras a la competencia.

### 5 COMENTARIOS DE CONSISTENCIA Y TRAZABILIDAD REGULATORIA

#### 5.1 Consistencia interna entre alternativas y valores tarifarios

Se sugiere verificar y armonizar, en el documento definitivo, la referencia explícita a la alternativa seleccionada para segmentación municipal de RAN (por ejemplo, alternativa 3A vs. 3B en el documento soporte) y los valores tarifarios asociados (0,93; 0,87; 0,91 pesos/MB), para evitar ambigüedades entre el documento soporte y el articulado del proyecto de resolución ([CRC, 2025b](#); [CRC, 2025a](#)).

#### 5.2 Periodicidad de revisión del listado de municipios (Anexo 4.8)

Se recomienda explicitar la periodicidad y el procedimiento de actualización del listado de municipios por zona (Anexo 4.8 ([CRC, 2025a](#))), idealmente mediante una revisión periódica predefinida (por ejemplo, bienal), incluyendo calendario, fuente de datos, criterios de transición y reglas de entrada en vigencia de cambios, para evitar ambigüedades interpretativas y preservar estabilidad regulatoria.

#### 5.3 Transparencia de parámetros clave para auditabilidad del modelo

Se recomienda reforzar la auditabilidad del modelo mediante la publicación de los anexos técnicos completos y de los insumos necesarios para replicar resultados clave (por ejemplo, parámetros, supuestos y bases utilizadas en la segmentación municipal). En particular, se recomienda que la CRC habilite trazabilidad suficiente para que los agentes puedan reproducir la clasificación y verificar la consistencia entre el articulado, el documento soporte y los resultados del modelo, reduciendo la probabilidad de controversias metodológicas posteriores.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RESUMIDAS

En síntesis, de acuerdo con nuestros análisis recomendamos a la CRC considerar ajustes que refuercen la coherencia entre objetivos de competencia y el diseño del esquema de RAN, especialmente bajo condiciones de excesivas diferencias en las participaciones de mercado de las empresas. En particular:

- i. Considerar costos unitarios realistas para el caso colombiano, que incluso siendo de una empresa de menor tamaño, permite obtener mejores eficiencias que aquellas que presenta el modelo actual: Considerar la evidencia ya provista por WOM, para validar y/o recalibrar supuestos de costos unitarios.
- ii. Reconsiderar la decisión sobre la inclusión de zonas de libre negociación en consideración a competencia: Incluir un mecanismo tarifario supletorio (tope o tarifa de referencia), temporal y condicionado, que permita a operadores de menor escala acceder a condiciones mayoristas predecibles también en municipios actualmente clasificados como de libre negociación.
- iii. Considerar que la escala de los proveedores que darán los servicios de roaming: incorporar análisis de sensibilidad (y recalibración) del supuesto de participación utilizado en el Modelo de Empresa Eficiente,
  - a. Reconocer el tamaño de quien ofrece el servicio, recordar iniciativa de Chile.
  - b. Advertirles que analicen y reporten la respuesta del modelo a cambios de escala.
- iv. Respaldar la bondad de LRIC puro: Reforzar la defensa del enfoque LRIC como referencia para topes, anticipando controversias y explicando el balance entre competencia, cobertura e incentivos.

### **Propuesta tarifaria concreta para RAN (datos, voz y SMS).**

Recomendamos que la CRC incorpore explícitamente, como mecanismo supletorio para operadores de menor escala en todos municipios, un esquema de tarifas de referencia para RAN, aplicable de manera temporal y condicionada, consistente en:

- RAN de Internet móvil: \$0,46 COP/MB
- RAN de minutos de voz: \$0,73 COP/min
- RAN de mensajería SMA: \$0,01 COP/SMS

Estas tarifas se proponen como referencia regulatoria activable únicamente en caso de no alcanzarse acuerdo entre las partes en un plazo razonable, y su aplicación debería estar sujeta a resguardos verificables, tales como límites cuantitativos de tráfico o capacidad derivada de la red visitante, obligaciones de despliegue y reporte periódico de KPIs de uso de RAN.

New Era reitera su disposición a colaborar con la CRC en instancias técnicas y a entregar información complementaria que contribuya a un marco regulatorio proporcional, auditable y promotor de competencia sostenible.

## 7 REFERENCIAS

### 7.1 Documentos CRC

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Proyecto de resolución del proyecto regulatorio 2000-41-7-9: Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Documento de consulta pública.

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Documento soporte: Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Documento de consulta pública.

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Resumen ejecutivo: Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Documento de consulta pública.

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Anexo 1: Estimación del WACC – Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Anexo técnico (consulta pública).

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Anexo 2: Manual del modelo de costos – Empresa Eficiente Móvil – Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Manual técnico (consulta pública).

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2025). Anexo 3: Modelo de costos – Empresa Eficiente Móvil – Esquemas de remuneración mayorista de redes móviles. Modelo en Excel.

### 7.2 Documentos académicos

Armstrong, M. (1998). Network interconnection in telecommunications. *Economic Journal*, 108(448), 545 – 564. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00304>

Canzian, G., Mazzarella, G., Ronchail, L., Verboven, F., & Verzillo, S. (2025). Evaluating the impact of price caps - Evidence from the European roam-like-at-home regulation. *International Journal of Industrial Organization*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2024.103115>

Forge, S. & Srivastava, L. (2018). ITU cost model and methodology to assist national regulatory authorities to engage with international mobile roaming. *Digital Policy, Regulation and Governance*, 20(2), 125 – 148. <https://doi.org/10.1108/DPRG-06-2017-0033>

Goral, F. & Karacaer, S. (2011). Determination of asymmetric wholesale access prices: Case of turkish mobile communications market. *International Business Management*, 5(1), 19 – 26. <https://doi.org/10.3923/ibm.2011.19.26>

Herrmann, P., Kundisch, D., Nicolau, V., & Zimmermann, S. (2014). Competition at last? An economic analysis of current mobile data roaming regulations in Europe. *ECIS 2014 Proceedings - 22nd European Conference on Information Systems*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84905862587&partnerID=40&md5=d9a071a8ee370cd98e9c7b8b3669edf5>

Ioannou, N., Logothetis, V., Petre, K., Tselekounis, M., Chipouras, A., Katsianis, D., & Varoutas, D. (2021). Network modeling approaches for calculating wholesale NGA prices: A full comparison based on the Greek fixed broadband market. *Telecommunications Policy*, 45(9). <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102184>

Mandalari, A. M., Lutu, A., Custura, A., Khatouni, A. S., Alay, Z., Bagnulo, M., Bajpai, V., Brunstrom, A., Ott, J., Mellia, M., & Fairhurst, G. (2018). Experience: Implications of roaming in Europe. *Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM*, 179 – 189. <https://doi.org/10.1145/3241539.3241577>

Mandalari, A. M., Lutu, A., Custura, A., Khatouni, A. S., Alay, Z., Bagnulo, M., Bajpai, V., Brunstrom, A., Ott, J., Trevisan, M., Mellia, M., & Fairhurst, G. (2022). Measuring Roaming in Europe: Infrastructure and Implications on Users' QoE. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 21(10), 3687 – 3699. <https://doi.org/10.1109/TMC.2021.3058787>

Muñoz-Acevedo, Á. & Grzybowski, L. (2023). Impact of roaming regulation on revenues and prices of mobile operators in the EU. *International Journal of Industrial Organization*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2023.102927>

Nan, E., Chu, X., Guo, W., & Zhang, J. (2013). User data traffic analysis for 3G cellular networks. 2013 8th International ICST Conference on Communications and Networking in China, CHINACOM 2013 - Proceedings, 468 – 472. <https://doi.org/10.1109/ChinaCom.2013.6694641>

Sandbach, J. (2009). National roaming pricing in mobile networks. *Contributions to Economics*, 249 – 264. [https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2082-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2082-9_15)

Stühmeier, T. (2013). Access regulation with asymmetric termination costs. *Journal of Regulatory Economics*, 43(1), 60 – 89. <https://doi.org/10.1007/s11149-012-9192-5>

Wang, T., Zhang, X., & Wang, W. (2018). Spatial-temporal distribution of mobile traffic and base station clustering based on urban function in cellular networks. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 230, 300 – 312. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90802-1\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90802-1_26)

Weedage, L., Magalhaes, S. R. C., Stegehuis, C., & Bayhan, S. (2024). On the Resilience of Cellular Networks: How Can National Roaming Help?. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 21(2), 1702 – 1714. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2024.3352168>

Westermeier, A. (2014). Pricing of mobile termination rates; [Terminierungsentgelte im Mobilfunkmarkt]. *Wirtschaftsdienst*, 94(4), 275 – 280. <https://doi.org/10.1007/s10273-014-1667-9>

### 7.3 Documentos académicos meta-análisis de costos de marcas red de acceso

Amogh, P. C., Vignesh, N., Yiyang, P., Venkatarayalu, N., Rezende, P. H. A., Mahato, S. B., & Sun, S. (2025). FCT O-RAN: Design and Deployment of a Multi-Vendor End-to-End Private 5G Testbed. *IEEE Conference on Computer Communications Workshops, INFOCOM WKSHPs 2025*. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMWKSHPs65812.2025.11152797>

Angelou, G. N., & Economides, A. A. (2008). A decision analysis framework for prioritizing a portfolio of ICT infrastructure projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(3), 479 – 495. <https://doi.org/10.1109/TEM.2008.922649>

Angelou, G. N., & Economides, A. A. (2009). Telecommunication Investments Analysis: A Multi-Criteria Model. *Handbook of Research on Telecommunications Planning and Management for Business*, 414 – 432. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-194-0.ch026>

Auer, G., Giannini, V., Olsson, M., Gonzalez, M. J., & Desset, C. (2011). Framework for energy efficiency analysis of wireless networks. 2011 2nd International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace and Electronic Systems Technology, *Wireless VITAE 2011*. <https://doi.org/10.1109/WIRELESSVITAE.2011.5940861>

- Bianzino, A. P., Raju, A. K., & Rossi, D. (2010). Apples-to-apples: A framework analysis for energy-efficiency in networks. *Performance Evaluation Review*, 38(3), 81 – 85. <https://doi.org/10.1145/1925019.1925036>
- Brandt, L., & Rawski, T. G. (2019). Policy, regulation, and innovation in china's electricity and telecom industries. *Policy, Regulation and Innovation in China's Electricity and Telecom Industries*, 1 – 51. <https://doi.org/10.1017/9781108645997.001>
- Chen, X., Du, J., Li, Y., & Zhao, Z. (2024). Research on the characteristics and influencing factors of Huawei's mobile phone production network from GPN. *Dili Yanjiu*, 43(1), 51 – 65. <https://doi.org/10.11821/dlyj020220643>
- Delgado-Ferro, F., Ramirez-Arroyo, A., Navarro-Ortiz, J., & Valenzuela-Valdes, J. F. (2025). Experimental 5G Network Performance Analysis in a Semi-Anechoic and Semi-Reverberation Chamber. *IEEE Access*, 13, 79678 – 79693. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3566446>
- Dezhina, I., Nafikova, T., Gareev, T., & Ponomarev, A. (2020). Tax incentives for supporting competitiveness of telecommunication manufacturers. *Foresight and STI Governance*, 14(2), 51 – 62. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.2.51.62>
- Foukas, X., & Radunovic, B. (2021). Concordia: Teaching the 5G vRAN to share compute. *SIGCOMM 2021 - Proceedings of the ACM SIGCOMM 2021 Conference*, 580 – 596. <https://doi.org/10.1145/3452296.3472894>
- Franco, S. F., Graña, J. M., Flacher, D., & Rikap, C. (2023). Producing and using artificial intelligence: What can Europe learn from Siemens's experience?. *Competition and Change*, 27(2), 302 – 331. <https://doi.org/10.1177/10245294221097066>
- Frank, H., Colman-Meixner, C., Assis, K. D. R., Yan, S., & Simeonidou, D. (2022). Techno-Economic Analysis of 5G Non-Public Network Architectures. *IEEE Access*, 10, 70204 – 70218. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187727>
- Galeano-Brajones, J., Villacres, G., Rattaro, C., Carmona-Murillo, J., & Chidean, M. I. (2025). Leveraging L-Moments to Characterize Traffic Behavior in 4G and 5G Networks. *2025 IEEE International Mediterranean Conference on Communications and Networking, MeditCom 2025*. <https://doi.org/10.1109/MeditCom64437.2025.11104433>
- Gkonis, P. K., Trakadas, P. T., & Kaklamani, D. I. (2020). A comprehensive study on simulation techniques for 5G networks: State of the art results, analysis, and future challenges. *Electronics (Switzerland)*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/electronics9030468>
- Grohmann, I., Seidel, M., Itting, S. A. W., Cheng, R.-G., Reisslein, M., & Fitzek, F. H. P. (2025). Multi-UE 5G RAN Measurements: A Gamut of Architectural Options. *IEEE Access*, 13, 1846 – 1866. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3523467>
- Jolly, D. (2022). *The Iconic Case of Telecommunications*. Palgrave Macmillan Asian Business Series, 59 – 73. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08690-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08690-8_4)
- Kalil, M., Al-Dweik, A., Abu Sharkh, M. F., Shami, A., & Refaey, A. (2017). A Framework for Joint Wireless Network Virtualization and Cloud Radio Access Networks for Next Generation Wireless Networks. *IEEE Access*, 5, 20814 – 20827. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2746666>
- Kar, S., Mishra, P., & Wang, K.-C. (2023). Dynamic packet duplication for reliable low latency communication under mobility in 5G NR-DC networks. *Computer Networks*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.109923>

- Kim, D., Kim, S., & Zo, H. (2018). Analyzing the Economic Effects of Past Mobile Network Sharing Deals for Future Network Deployment. *ETRI Journal*, 40(3), 355 – 365. <https://doi.org/10.4218/etrij.2017-0175>
- Koudouridis, G. P., He, Q., & Dán, G. (2022). An architecture and performance evaluation framework for artificial intelligence solutions in beyond 5G radio access networks. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2022(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-022-02164-w>
- Koutroumpis, P., Castells, P., & Bahia, K. (2023). To share or not to share? The impact of mobile network sharing for consumers and operators. *Information Economics and Policy*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2023.101061>
- Liu, D., Chen, T., Liu, X., & Yu, Y. (2019). Do more subsidies promote greater innovation? Evidence from the Chinese electronic manufacturing industry. *Economic Modelling*, 80, 441 – 452. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.027>
- Liu, Z., & Zhou, X. (2023). Can Direct Subsidies or Tax Incentives Improve the R&D Efficiency of the Manufacturing Industry in China?. *Processes*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/pr11010181>
- Liu, Z., & Zhang, Y. (2025). Research on the Impact of Science and Technology Innovation Policies on the Innovation Performance of Intelligent Manufacturing Enterprises - An Exploration Based on the Dynamic QCA Approach. *Proceedings of the 2nd Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area International Conference on Digital Economy and Artificial Intelligence, DEAI 2025*, 1063 – 1070. <https://doi.org/10.1145/3745238.3745405>
- Lum, E. (2024). The RF Connector Opportunity in Base Stations. *Microwave Journal*, 67(3), 74–76 and 78. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105018719453>
- Ma, Y., Li, T., Du, Y., Dustdar, S., Wang, Z., & Li, Y. (2024). Sustainable Connections: Exploring Energy Efficiency in 5G Networks. *CoNEXT 2024 - Proceedings of the 20th International Conference on Emerging Networking EXperiments*, 33 – 40. <https://doi.org/10.1145/3680121.3697806>
- Maternia, M., Monserrat, J. F., Martín-Sacristán, D., Wu, Y., Yang, C., Boldi, M., Bao, Y., Pujol, F., Piro, G., Boggia, G., Grassi, A., Scheck, H.-O., Belikaidis, I.-P., Georgakopoulos, A., Demesticha, K., & Demestichas, P. (2018). Performance, Energy Efficiency and Techno-Economic Assessment. *5G System Design: Architectural and Functional Considerations and Long-Term Research*, 453 – 481. <https://doi.org/10.1002/9781119425144.ch15>
- Matharou, G. S., Kaur, S., & Gupta, P. (2023). Analysis of marketing strategy & customer satisfaction over select mobile service providers. *Emerging Trends and Innovations in Industries of the Developing World: A Multidisciplinary Approach*, 98 – 105. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85174187762>
- Mo, L., Cheng, W., & Contreras, L. M. (2019). ZTE 5G Transport Solution and Joint Field Trials with Global Operators. *2019 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition, OFC 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1364/ofc.2019.m1g.2>
- Nandan, R. K., & Adhikari, N. B. (2021). A Multi-connectivity Framework and Simulation Analysis of Ultra-Reliable Low Latency Communication (URLLC) in 5G Network. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series B*, 102(5), 895 – 902. <https://doi.org/10.1007/s40031-021-00600-x>
- Nikolikj, V., & Janevski, T. (2014). Cost modeling of advanced heterogeneous wireless networks under excessive user demand. *Lecture Notes in Computer Science*, 8458, 68 – 81. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13174-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13174-0_6)

Paulo, R. R., & Velez, F. J. (2022). Impact of the Two-Slope Path Loss Model in the Service Quality of 4G and 5G Small Cells. 2022 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking, CSCN 2022, 1 – 6. <https://doi.org/10.1109/CSCN57023.2022.10050959>

Raghunandan, K. (2022). Engineering Economics. Textbooks in Telecommunications Engineering, 137 – 149. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92188-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92188-0_8)

Ribqi, N., & Mazri, T. (2026). 5G Networks: A Comparative Analysis of Nokia and Huawei Equipment. Lecture Notes in Networks and Systems, 1584 LNNS, 280 – 285. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-01536-5\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-032-01536-5_43)

Roy, N. C., Kumar, D., & Zulkifli, N. (2026). An empirical study on customer satisfaction in the telecommunication industry. International Journal of Business and Emerging Markets, 18(1), 87 – 104. <https://doi.org/10.1504/IJBEM.2026.150246>

Schulze, H., & Peters, E. (2011). Intellectual property infringement and indigenous innovation in China. Intellectual Property Infringement and Indigenous Innovation in China, 1 – 454. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946743498>

Shashika Manosha, K. B., Hiltunen, K., Matinmikko-Blue, M., & Latva-Aho, M. (2019). On the performance of aLTErnative 5G micro-operator deployments in 3.6 GHz and 26 GHz bands. Proceedings of the International Symposium on Wireless Communication Systems, 2019-August, 244 – 249. <https://doi.org/10.1109/ISWCS.2019.8877139>

Singh, R., Jadaan, D., Ghimire, D., Berger, M., Skavhaug, A., & Dittmann, L. (2024). Evaluating Energy Efficiency: A Comparative Study of LTE, 5G-NSA, 5G-SA, and Private 5G Networks. Proceedings - 7th International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking, CommNet 2024. <https://doi.org/10.1109/CommNet63022.2024.10793350>

Sun, J., Zhang, Y., Liu, F., Wang, H., Xu, X., & Li, Y. (2022). A survey on the placement of virtual network functions. Journal of Network and Computer Applications, 202. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2022.103361>

Wang, T., & Liu, G. (2021). Software Defined Virtualized Access Network Supporting Network Slicing and Green Communication; Jisuanji Yanjiu yu Fazhan/Computer Research and Development, 58(6), 1291 – 1306. <https://doi.org/10.7544/issn1000-1239.2021.20201079>

Wei, C., Kak, A., Choi, N., & Wood, T. (2022). 5GPerf: Profiling Open Source 5G RAN Components Under Different Architectural Deployments. 5G-MeMU 2022 - Proceedings of the ACM SIGCOMM 2022 Workshop on 5G and Beyond Network Measurements, Modeling, and Use Cases - Part of SIGCOMM 2022, 43 – 49. <https://doi.org/10.1145/3538394.3546044>

Xi, W. (2021). Analysis of Huawei's International Marketing Strategy Based on the SWOT Analysis. Proceedings - 2nd International Conference on E-Commerce and Internet Technology, ECIT 2021, 151 – 154. <https://doi.org/10.1109/ECIT52743.2021.00041>

Zhang, H., Zhang, X., Tan, H., & Tu, Y. (2024). Government subsidies, market competition and firms' technological innovation efficiency. International Review of Economics and Finance, 96. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103567>

Zhang, K., Zhang, J., & Guo, J. (2025). Heterogeneous effects of government subsidies on innovation strategies: A policy-driven moderation perspective. Finance Research Letters, 86. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.108673>

## ANEXO A: RESPECTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA

Para efectos de la aplicación del límite anterior, la capacidad instalada se define como la máxima cantidad de tráfico de datos móviles, medida en megabytes (MB), que puede ser cursada durante un período mensual utilizando la infraestructura de red de acceso radioeléctrico efectivamente desplegada.

La infraestructura considerada para este cálculo incluye, entre otros elementos, estaciones base, celdas, espectro radioeléctrico en uso, sistemas de antenas activas y las tecnologías de acceso radioeléctrico habilitadas (2G, 3G, 4G y 5G).

La capacidad instalada mensual se calcula a partir del tráfico cursado y del nivel de utilización de la red en la hora de mayor carga del sistema, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Capacidad Instalada}_{(MB)} = \sum_{n=1}^N \left( \sum_{i=1}^I \frac{\text{Tráfico}_{n,i}}{\text{Uso}_{n,i}} \right)$$

donde:

- $n$ : corresponde al fabricante o proveedor tecnológico de la red de acceso.
- $i$ : corresponde a la tecnología específica de acceso radioeléctrico (por ejemplo, 3G, 4G o 5G).
- $\text{Tráfico}_{n,i}$  representa el tráfico efectivamente cursado, medido en MB, durante el período de referencia.
- $\text{Uso}_{n,i}$  corresponde al factor de utilización de la red, definido como un valor adimensional entre 0 y 1, medido en la hora pico del sistema para cada tecnología y proveedor.

Respecto de la medición del factor de utilización de la red, para las tecnologías 4G y 5G, el factor de utilización se define como:

$$\text{Uso} = \frac{\text{Downlink Physical Resource Blocks utilizados}}{\text{Downlink Physical Resource Blocks totales}}$$

En el caso de la tecnología 3G, el factor de utilización se define como:

$$\text{Uso} = \frac{\text{Mean TCP}}{\text{Max Tx Power}}$$

Estas métricas corresponden a indicadores técnicos estándar, utilizados de forma habitual para evaluar la carga efectiva de la red en condiciones de máxima demanda, y permiten una estimación consistente y verificable de la capacidad instalada disponible.

## ANEXO B: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO COMPARATIVO COSTOS Y DESEMPEÑO EN REDES DE ACCESO MÓVIL

### Sumario ejecutivo del análisis bibliográfico específico

En resumen, el análisis que se muestra a continuación concluye que Huawei ofrece, en general, las soluciones más económicas para los componentes activos de la red de acceso móvil, gracias a menores costos en I+D, producción e instalación. Los estudios comparativos sugieren que su desempeño (disponibilidad de red, throughput) es mayormente comparable al de Ericsson, Nokia y ZTE en escenarios de despliegue similares.

Marca	Costos Relativos	Prestaciones (Desempeño)	Ventajas Clave	Limitaciones / Trade-offs
<b>Huawei</b>	Más bajos	Comparables a Nokia/Ericsson	Escala, subsidios, innovación, liderazgo en 5G	Dependencia de semiconductores externos, preocupaciones regulatorias
<b>ZTE</b>	Bajos	Comparables, menos documentado	Apoyo estatal, diversificación	Menor presencia global, menos benchmarks
<b>Ericsson</b>	Medios-altos	Altos, estandarizados	Experiencia, calidad, seguridad	Costos más altos, menor apoyo estatal
<b>Nokia</b>	Medios-altos	Altos, estandarizados	Innovación, calidad, presencia europea	Costos más altos, ajustes estratégicos recientes

#### Características de la búsqueda:

- Periodo: 2018–2024.
- Disciplinas: Ingeniería de telecomunicaciones, economía industrial, políticas públicas.
- Métodos: meta-análisis de literatura académica, estudios de caso, evaluaciones techno-económicas, revisiones de políticas de innovación.
- Se realizó la búsqueda con las características antes indicadas en la base de datos de Scopus, y se seleccionó los artículos con base a su relevancia para este tópico.

#### Supuestos y limitaciones:

- No existen desgloses públicos detallados de costos por componente y marca (listas de precios unitarios), pero sí existen a nivel agregado.
- Los benchmarks de desempeño suelen ser a nivel de capa de red, no de componente, este estudio se enfoca en la red de acceso.
- Las comparaciones dependen de escenarios de despliegue y configuración de red, sin embargo, la mayoría son a nivel nacional y regional.
- El impacto de subsidios y políticas varía según contexto nacional y regulatorio.

## Análisis

El mercado global de equipos de telecomunicaciones está dominado por un grupo de fabricantes: Huawei, Ericsson, Nokia y ZTE. La expansión de redes móviles, especialmente con la llegada de 5G, ha intensificado la necesidad de analizar los costos de los componentes activos (antenas, radios, módulos de procesamiento) y comparar el desempeño entre marcas líderes. La presión por reducir CAPEX y OPEX, junto con la competencia internacional y las políticas de innovación, hacen que la comparación de costos y prestaciones sea crítica para operadores y reguladores (Xi, 2021).

**Tabla 5:** Comparación de costos por marca

Marca	I+D	Producción	Instalación	Mantenimiento	Postventa
Huawei	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
ZTE	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Ericsson	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Nokia	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

---

Este análisis se centra en los componentes activos de la red de acceso móvil, comparando los costos y el desempeño de Huawei, Ericsson, Nokia y ZTE. Se abordan diferencias entre fabricantes chinos y europeos, el impacto de políticas públicas, y los retos metodológicos en la comparación multi-vendor (Xi, 2021).

Entre los principales componentes de costo asociados a los equipos activos de la red de acceso se incluyen (Xi, 2021):

- I+D: Desarrollo de tecnologías propietarias, chips, antenas.
- Producción: Fabricación, ensamblaje, adquisición de componentes (semiconductores, RF).
- Instalación: Despliegue físico, integración con la red existente.
- Mantenimiento: Actualizaciones, soporte técnico, reemplazo de partes.
- Servicios postventa: Garantías, soporte al cliente.

La literatura destaca que Huawei y ZTE logran menores costos en todos estos rubros, apoyados por economías de escala y subsidios estatales.

Se observa que:

- Huawei/ZTE: Costos significativamente menores, facilitados por subsidios, gran mercado interno y políticas de innovación (Xi, 2021).
- Ericsson/Nokia: Costos más altos, menor apoyo estatal, mayor carga fiscal (Franco et al., 2023).

Las estrategias de compartición y virtualización han tenido un impacto en los costos:

- Compartición de red (RAN sharing): Reduce CAPEX y OPEX entre 5.2% y 15.5% en estudios europeos y latinoamericanos (Kim et al., 2018; Sun et al., 2022; Kalil et al., 2017; Frank et al., 2022).
- Virtualización (NFV, vRAN, O-RAN): Permite ahorro de hasta 53% en TCO, mejora eficiencia energética y flexibilidad operativa (Sun et al., 2022; Frank et al., 2022; Foukas & Radunovic, 2021).
- Adopción por marcas: Huawei y ZTE lideran en despliegue de arquitecturas virtualizadas, aunque Ericsson y Nokia también avanzan en soluciones SDN/NFV (Kalil et al., 2017; Frank et al., 2022).

En síntesis: La ventaja de costos de los fabricantes chinos se amplifica con la adopción de estrategias de compartición y virtualización, aunque los beneficios dependen del contexto regulatorio y de despliegue.

Por otra parte, es importante también poner en relieve el desempeño. Respecto de esto, en el contexto de 4G y 5G, las principales métricas incluyen:

- Throughput (Mbps): Velocidad de transmisión de datos (Delgado-Ferro et al., 2025; Galeano-Brajones et al., 2025).
- Latencia (ms): Tiempo de respuesta de la red (Galeano-Brajones et al., 2025; Paulo & Velez, 2022).
- Disponibilidad: Porcentaje de tiempo en que la red está operativa (Delgado-Ferro et al., 2025; Galeano-Brajones et al., 2025).
- Eficiencia energética: Consumo por bit transmitido (Ma et al., 2024; Singh et al., 2024).

Específicamente, respecto de las comparaciones empíricas entre marcas, se puede apreciar que:

- Huawei vs. Nokia: Estudios muestran disponibilidad y throughput comparables en 5G, con diferencias contextuales según configuración y entorno (Ribqi & Mazri, 2026).
- Ericsson/Nokia: Desempeño alto y estandarizado, pero con costos superiores (Ribqi & Mazri, 2026).
- ZTE: Menos datos disponibles, pero se reporta desempeño competitivo en pruebas de campo (Mo et al., 2019).

Es importante mencionar que los estudios se refieren a análisis de a pares. Es decir, no hay comparaciones de tres o más *vendors* respecto a su desempeño en forma simultánea en condiciones controladas (Xi, 2021; Ribqi & Mazri, 2026).

Es importante mencionar la influencia del entorno y la configuración de red, a este respecto los autores mencionan:

- Despliegue urbano/rural: La densidad de estaciones base y el tipo de frecuencia (mid-band, mmWave) afectan throughput y latencia (Amogh et al., 2025; Shashika Manosha et al., 2019).
- Configuración de red: Multi-conectividad, packet duplication y beamforming mejoran desempeño, pero requieren optimización específica por entorno (Kar et al., 2023; Nandan & Adhikari, 2021).
- Interoperabilidad multi-vendor: La integración de equipos de diferentes marcas puede afectar la eficiencia y la experiencia de usuario (Gkonis et al., 2020).

Es decir, para poder afirmar sobre el desempeño relativo entre marcas, es necesario considerar que este depende fuertemente del entorno de despliegue y la configuración de red, lo que dificulta comparaciones directas.

Otro aspecto relevante es aquel que se relaciona con factores políticos y económicos en la competitividad de las marcas.

- Subsidios y políticas de innovación en China:
  - Subsidios estatales: Mejoran la eficiencia de innovación y reducen costos de I+D y producción, especialmente en empresas privadas (Zhang et al., 2025; Zhang et al., 2024; Brandt & Rawski, 2019).
  - Incentivos fiscales: Más estables que los subsidios directos, promueven la inversión en I+D (Liu & Zhou, 2023; Liu & Zhang, 2025).
  - Efectos colaterales: Exceso de subsidios puede inhibir la innovación y distorsionar el mercado (Brandt & Rawski, 2019; Liu et al., 2019).
- Comparación con el entorno europeo
  - Menor apoyo estatal: Ericsson y Nokia enfrentan mayores cargas fiscales y menos incentivos directos (Dezhina et al., 2020; Franco et al., 2023).
  - Políticas de innovación: Europa prioriza apertura de mercado y competencia, mientras China canaliza recursos a empresas estratégicas (Liu & Zhang, 2025; Schulze & Peters, 2011).
  - Impacto en costos: Los costos unitarios de componentes y la escala de producción en China explican gran parte de la diferencia de precios (Dezhina et al., 2020).
- Implicaciones para la competencia global
  - Ventaja china: Subsidios y escala permiten precios más bajos y rápida expansión global (Jolly, 2022; Schulze & Peters, 2011).
  - Preocupaciones regulatorias: Riesgos de dependencia tecnológica y distorsión de competencia (Brandt & Rawski, 2019; Chen et al., 2024).

Así, las políticas estatales en China han sido determinantes en la competitividad de Huawei y ZTE, mientras que los fabricantes europeos operan en entornos más orientados al mercado.

Otro aspecto relevante es ver desde la perspectiva de la costo-efectividad y los trade-offs del desempeño por marca.

- Evidencia de costo-efectividad en despliegues 5G
  - Huawei: Identificada como la opción más costo-efectiva en múltiples estudios, con costos totales de propiedad (TCO) inferiores y desempeño comparable (Xi, 2021; Lum, 2024).
  - Ericsson/Nokia: Ofrecen alta calidad y seguridad, pero a costos superiores (Xi, 2021).
  - ZTE: Competitiva en costo, menos documentada en estudios internacionales (Lum, 2024).
- Trade-offs de desempeño y experiencia de usuario
  - Desempeño comparable: Huawei y Nokia muestran diferencias mínimas en disponibilidad y throughput en 5G, aunque la experiencia de usuario puede variar según despliegue (Galeano-Brajones et al., 2025; Paulo & Velez, 2022; Ribqi & Mazri, 2026).
  - Eficiencia energética: 5G puede ser menos eficiente que 4G en cargas bajas, pero supera a 4G en eficiencia a altos volúmenes de datos (Ma et al., 2024; Singh et al., 2024).
  - Virtualización y compartición: Mejoran la costo-efectividad y permiten flexibilidad operativa (Kim et al., 2018; Kalil et al., 2017; Frank et al., 2022).
- Impacto de la compartición y virtualización en la costo-efectividad
  - Reducción de CAPEX/OPEX: Estrategias de compartición y virtualización pueden reducir TCO hasta en 53% (Frank et al., 2022).
  - Liderazgo en adopción: Huawei y ZTE destacan en la implementación de arquitecturas virtualizadas (Kalil et al., 2017).

En suma, la relación costo-beneficio favorece a Huawei y ZTE, especialmente en despliegues que aprovechan virtualización y compartición de red.

Síntesis global de hallazgos de este estudio bibliográfico específico

- Huawei y ZTE ofrecen soluciones más económicas en componentes activos de redes móviles, con desempeño comparable a Ericsson y Nokia en la mayoría de los escenarios.
- Prestaciones comparables: Las diferencias de desempeño son mínimas y dependen del entorno y configuración de red.
- Ventaja china: Apoyada por subsidios, escala y políticas de innovación, aunque con riesgos regulatorios y de dependencia tecnológica.
- Implicaciones para operadores y reguladores: La selección de proveedores, es decir, la evidencia empírica favorece a Huawei y ZTE en costo-efectividad.