

Escuela de Derecho

Tipo de documento: Tesis de maestría



Maestría en Derecho y Economía

Desafíos y aprendizajes de las subastas 5G de América Latina

Autoría: Orteu, Marcos Martín

Año: 2024

¿Cómo citar este trabajo?

Orteu, M. (2024). "Desafíos y aprendizajes de las subastas 5G de América Latina". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13581>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



**UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA**

ESCUELA DE DERECHO

MAESTRÍA EN DERECHO Y ECONOMÍA

**DESAFÍOS Y APRENDIZAJES DE LAS SUBASTAS 5G DE
AMÉRICA LATINA**

ORTEU, MARCOS MARTÍN

LEGAJO: 15Y1679

TUTOR: CELANI, MARCELO

2024

Desafíos y Aprendizajes de las subastas 5G de América Latina

Marcos M. Orteu

Resumen

Chile (2021), República Dominicana (2021), Brasil (2022), Uruguay (2023), Argentina (2023) y Colombia (2023) han sido los primeros países de América Latina en subastar el espectro 5G, específicamente la banda 3.5 GHz. Estas cuatro experiencias ofrecen importantes aprendizajes para esta nueva generación de subastas de espectro, teniendo en cuenta los desafíos particulares que presenta el 5G. Ponemos en contexto estas cuatro experiencias regionales comparando sus resultados con otras subastas de la misma banda que se han llevado adelante en el resto del mundo.

Palabras claves: espectro, subastas, 5G, América Latina, telecomunicaciones

Tabla de Contenido

1.	Introducción	3
2.	5G: implicancias tecnológicas	4
3.	Desafíos para el despliegue de 5G en Latinoamérica	5
4.	Subastas de espectro	8
4.1.	Subastas a Sobre Cerrado de una Ronda	10
4.2.	Subastas Ascendentes Simultáneas de Múltiples Rondas (SMRA)	11
4.3.	Subastas Combinatorias de Reloj (CCA)	11
4.4.	Criterios para definir el formato de la subasta	12
5.	Casos de estudio: asignación de espectro 5G en Latinoamérica.....	13
5.1.	Chile – Primera subasta 5G de América Latina	13
5.2.	República Dominicana	15
5.3.	Brasil	17
5.4.	Uruguay	20
5.5.	Argentina	22
5.6.	Colombia	23
6.	Precio del espectro: ¿recaudación o inversión?	25
7.	Otras variables a considerar	29
8.	Conclusiones	30
9.	Bibliografía	31
10.	Normativa, fallos judiciales y anuncios oficiales por país (AAAA/MM/DD):	33

Desafíos y Aprendizajes de las subastas 5G de América Latina

Marcos M. Orteu¹

1. Introducción

El desarrollo de redes móviles de quinta generación (5G) resulta crucial para la transformación digital de la sociedad y la economía, trae aparejado crecimiento económico, mejoras en la productividad y cierre de brechas sociales. World Economic Forum (2020) estima que para el año 2035, la conectividad permitida por el 5G generará producción económica por USD 3.6 billones y 22.3 millones de trabajos solamente en la cadena de valor del 5G y esto se traducirá en valor un económico global de USD 13.2 billones.

Un insumo fundamental para que el 5G sea una realidad es el espectro radioeléctrico, un bien escaso regulado y asignado por los estados nacionales a diferentes usos (telecomunicaciones móviles, comunicación satelital, radios AM/FM, señales de televisión analógica o digitales, entre muchos otros) a operadores privados/públicos o para ser compartido libremente.

La particularidad del 5G es que requiere espectro en tres bandas diferentes, cada una con distintos objetivos. En las bandas bajas (600-700 MHz), se prioriza la cobertura. En las bandas altas (milimétricas, 23-40 GHz) se pueden transmitir grandes cantidades de información a altas velocidades, pero con una cobertura muy pequeña (estaciones de tren, estadios, oficinas) y baja penetración. Las bandas medias, particularmente la banda de 3.5 GHz (banda C), permiten equilibrar cobertura con capacidad de transmisión, requisito fundamental para el despliegue inicial de 5G en zonas urbanas y suburbanas. Por eso, a nivel mundial y en América Latina ha comenzado un proceso de asignación de más espectro para telecomunicaciones móviles, particularmente en la banda 3.5 GHz para 5G.

En este trabajo analizaremos los procesos actuales de asignación de espectro 5G en América Latina en los últimos años, particularmente los casos de Chile, República Dominicana, Brasil, Uruguay, Argentina y Colombia, en línea con Kus & Massaro (2022) y Curwen & Whalley (2023) que realizan un análisis similar para los países de Europa que tuvieron subastas en la banda 3.5 GHz, con el objeto de extraer lecciones para futura subastas de espectro de la región, tanto para otros países, o licitaciones futuras que realicen los países analizados, ya que será necesario más espectro en un futuro cercano.

¹ El autor agradece los comentarios y devoluciones de su mentor de tesis, Macerlo Celani, y los aportes y contribuciones de Eugenia Navarro Cafferata, Mateos López Contreras y Gerónimo Sambrana.

Primero realizaremos una breve descripción de las implicancias tecnológicas de 5G, luego analizaremos los principales desafíos enfrentados por los países para que la promesa de crecimiento y desarrollo económico del 5G se concrete. En tercer lugar, analizaremos los casos particulares de Chile, República Dominicana, Brasil, Uruguay, Argentina y Colombia. Por último, compararemos las experiencias regionales y resumiremos algunas lecciones.

2. 5G: implicancias tecnológicas

La quinta generación de telecomunicaciones móviles presenta importantes ventajas tecnológicas con respecto a las del 4G (ver Tabla 1), al permitir mayores velocidades (*enhanced mobile broadband, eMBB*), conectividad masiva de dispositivos (*massive machine type communications, mMTC*) y conectividad crítica (*ultra-reliable and low latency communications, URLLC*).²

Tabla 1: Mejora de capacidades del 4G (IMT-Advance) al 5G (IMT-2020)

Características	Descripción	4G	5G
Latencia	Demora en la transmisión de información en la red.	10-100 ms	<1ms
Velocidad datos máxima	Máximo teórico de datos que pueden enviarse en un segundo.	1 GB/s	20 GB/s
Velocidad experiencia usuario	Velocidad de transferencia de datos promedio que tendrá el usuario.	10 MB/s	100-1000 MB/s
Velocidad movilidad usuario	Velocidad a la que puede desplazarse el usuario o dispositivo sin perder conexión.	350 km/h	500 km/h
Densidad de dispositivos	Cantidad de dispositivos que pueden conectarse en simultáneo en una determinada área.	100.000/km ²	1.000.000/km ²
Eficiencia espectral	Cuánta información puede cargarse en la energía que luego es transmitida a los dispositivos.	x1	x3
Eficiencia energética	Costo de funcionamiento de la red para entregar la información deseada.	x1	x100

Fuente: elaboración propia sobre la base de ITU (2015) e ITU (2022)

Estas mejoras tecnológicas permitirán nuevas aplicaciones, que habilitarán mejoras de productividad, reducción de brechas digitales e innovación tecnológica (Orteu, 2022). Un ejemplo de esto es la posibilidad de ofrecer “*Fixed Wireless Access*” (FWA) a través de las redes de telefonía móvil, una solución inalámbrica de última milla en lugar de la conexión física con calidad similar (GSMA, 2021), particularmente en zonas de baja densidad poblacional -suburbios, zonas rurales- y en asentamientos informales donde resulta complejo/costoso cablear para llegar al hogar.

² Ver ITU (2017) e ITU (2022) donde se definen los escenarios de uso y los requisitos técnicos.

Otro ejemplo es la expansión del Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés), donde dispositivos que interactúan con el mundo físico de alguna forma y requieren conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas (*M2M – machine to machine communication*), ahora puedan hacerlo de forma eficiente y masiva.

Las aplicaciones oscilan entre el IoT masiva, donde se instalan sensores que transmiten bajo volumen de datos de forma asidua (sensores en redes eléctricas para detectar inconvenientes, instrumentos agropecuarios para medir temperatura, humedad, etc.) a aplicaciones altamente demandantes de conectividad como pueden ser la automatización de plantas industriales, el trabajo colaborativo robots-robots y robots-personas, autos autónomos, entre muchos otros.

En el corto plazo, el 5G es una evolución que implicará mayores velocidades y mejoras técnicas (eficiencia espectral, eficiencia energética, cobertura) en las telecomunicaciones móviles (Cave, 2018). En el mediano plazo, se torna un insumo para habilitar una gran variedad de nuevos servicios y usos que revolucionarán la vida de las personas (Rao & Prasad, 2018).

3. Desafíos para el despliegue de 5G en Latinoamérica

El despliegue del 5G en general, pero particularmente en América Latina, presenta grandes desafíos para todos los actores del ecosistema de la conectividad que requerirá de un importante esfuerzo privado y público coordinado, para llevar adelante las inversiones necesarias y desplegar todo el potencial de esta nueva generación de telecomunicaciones móviles. Consideramos que los principales desafíos serán:

1. **Grandes inversiones de capital.** El despliegue de infraestructura precisa de importantes inversiones de capital para adquirir espectro, desplegar fibra óptica, antenas y equipos necesarios en un mundo de mayor costo de capital (tasas de interés más altas) y volatilidad macroeconómica. Por ejemplo, Katz y Caballero (2019) (basado en la metodología de Oughton y Frias, 2017) estiman que los operadores de Argentina deberían incrementar el CAPEX anual en un 32-46% para lograr niveles de cobertura y calidad razonables.³
2. **Infraestructura.** El despliegue de esta infraestructura para 5G, que a futuro implicará una antena en cada cuadra (*small cells*) conectadas con fibra óptica, es un desafío para operadores móviles, empresas de infraestructura fija, las *towercos* (empresas de

³ Katz y Cabello (2019) presentan cuatro posibles escenarios de cobertura, desde cobertura urbana a cobertura rural plena con banda ancha móvil simétrico de 50 Mbps. Los números presentados para Argentina refieren al caso base (áreas metropolitanas de primer y segundo nivel con velocidades de descarga uniformes de 50 Mbps) al caso de cobertura nacional con velocidad de descarga de 50 Mbps en zonas urbanas y 10 Mbps en zonas rurales. Realizan este ejercicio de evaluación de CAPEX para Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú.

arrendamiento de infraestructura pasiva móvil), las *fibercos* (empresas de infraestructura pasiva fija) y los reguladores. Esto acarreará un mayor nivel de coordinación público-privada, cooperación horizontal (entre competidores) y cooperación vertical (entre diferentes eslabones de la cadena) tratando de preservar la competencia e innovación.

3. **Marcos regulatorios y normativos.** Afrontar el desafío de la infraestructura implica una necesidad de nuevos y mejores marcos regulatorios-normativos que faciliten la compartición de infraestructura pasiva, activa y de espectro, el despliegue de infraestructura, tanto de radiobases como de fibra, el desarrollo de nuevos usos y aplicaciones de la conectividad móvil (industrial, autos autónomos, etc.), y la innovación en nuevos modelos de negocios.
4. **Modelos de negocio.** Al día de la fecha, no hay un modelo de negocios claro para el 5G (Orteu et al. 2023), particularmente para los operadores móviles, impulsores de las generaciones previas (3G, 4G). De hecho, existen tres segmentos de mercado para los cuales esta tecnología podría ser valiosa, pero ninguno de ellos los operadores móviles parecen tener una clara estrategia para rentabilizar las inversiones que serán necesarias para el despliegue de las redes y la tecnología.
 - *Segmento de consumo masivo:* los consumidores no parecen requerir mayores velocidades -dado que sus necesidades son cubiertas satisfactoriamente con 4/4.5G- y, menos aún, pagar más por ella.
 - *Segmento industrial y redes privadas:* no resulta claro que los operadores móviles puedan capitalizar plenamente las oportunidades del 5G industrial. Los operadores móviles disponen de espectro, conocimiento y experiencia para proveer este tipo de servicios, pero debido a la escala de estos proyectos (nivel industrial, corporativo o local), empresas más pequeñas-especializadas que brindan servicios más personalizados también serían competitivas, como así también tecnologías alternativas como WiFi 6/6E (Lehr et al. 2021).⁴
 - *Nuevos usos y aplicaciones:* la adopción masiva de autos autónomos, VR/AR, IoT masivo crítico, entre otras nuevas tecnologías que demandan 5G, todavía son muy lejanas, y sus implicancias financieras (para justificar las inversiones) son aún inciertas.
5. **Geopolítica.** Debido a la importancia de la conectividad en la actualidad, las redes y servicios digitales se han vuelto un elemento central en las discusiones de seguridad

⁴ En proyectos de gran escala y/o que requieren cobertura muy amplia, los operadores móviles tienen una ventaja competitiva, pero las primeras aplicaciones de 5G industrial probablemente sean a una escala menor. Sin embargo, en sectores como el agribusiness, oil & gas, minería, sigue siendo fundamental la extensa cobertura geográfica.

nacional, relaciones internacionales y de agenda industrial. El conflicto geopolítico termina derivando en mayores costos, inversiones duplicadas y/o conflictos regulatorios que desvían el foco del despliegue de las redes y desarrollo de nuevos modelos de negocios.

6. **Espectro.** Uno de los factores cruciales para el despliegue de la tecnología es el acceso al espectro por parte de los operadores. El 5G requiere de más espectro radioeléctrico en múltiples bandas diferentes, en bajas (600-700 MHz) para cobertura, en intermedias (3.5 GHz) para lograr un mix eficiente entre cobertura y potencia, y en bandas milimétricas, para ofrecer conectividad de manera eficiente según las necesidades de los usuarios. No obstante, la asignación del espectro para el 5G presenta algunos desafíos:

- *Bandas disponibles:* las bandas necesarias para 5G suelen estar ocupadas al haber sido asignadas a otros usos. Reasignar usos a nuevas frecuencias y liberar las bandas es un proceso costoso y complejo, en particular, porque suele haber oposición por parte de los licenciatarios beneficiados por el statu quo (buscan extraer rentas adicionales a partir de la licencia previamente otorgada, que en la actualidad tiene un valor mayor).
- *Asignación de espectro:* las subastas y concursos para asignar el espectro son complejos (Pratt & Vallentti, 2001), dado que múltiples objetivos simultáneos -y muchas veces opuestos- están en juego al momento de definir las reglas para asignar este recurso escaso. El regulador debe definir cuánto espectro se pone a disposición, precios de reservas, quiénes pueden competir (si habilitan nuevos entrantes), entre muchas otras variables, sujeto a las condiciones del mercado (ARPU, demanda) y los incentivos de los operadores.
- *Maximizar recaudación o eficiencia:* al definir las reglas para asignar el espectro, implícitamente el regulador está definiendo si prioriza una asignación eficiente (asignarlo al que más valor puede generar con ese recurso) y equitativa (priorizar el despliegue, cobertura o utilización) del recurso escaso, o la recaudación fiscal que consigue el Tesoro al asignar este recurso público.

A continuación presentamos, las diferentes formas de asignar espectro, para luego analizar cómo los diferentes países de América Latina que han tenido subastas 5G enfrentaron el desafío de asignar espectro, particularmente en la codiciada banda media de 3.5 GHz, y los aprendizajes que podemos extraer de esas experiencias. En particular, analizaremos los casos de Chile -primera subasta 5G de la región-, Brasil, República Dominicana, Uruguay, Argentina y Colombia, haciendo hincapié tanto en los aciertos como en algunos errores para extraer aprendizajes positivos para el resto de los países de la región.

4. Subastas de espectro

Con la llegada y luego masividad de las comunicaciones móviles la importancia del espectro ha crecido sustancialmente, dándole mayor importancia a la asignación y administración eficiente de este recurso escaso.

El espectro como bien es similar a la tierra ya que es un recurso finito, que no puede almacenarse para su consumo futuro (si no se utiliza por un período de tiempo, la oportunidad de utilizarlo jamás se puede recuperar), no puede agotarse y no es transportable (no hay importaciones/exportaciones). Su ubicación y área están dados, pero su productividad depende de la tecnología con la que se utiliza. La productividad del espectro se puede aumentar de forma “extensiva” -utilizándose nuevas frecuencias previamente no utilizadas- o “intensiva” -utilización más eficiente a través de mejores técnicas de compresión-. A su vez, las diferentes frecuencias son heterogéneas en sus usos, implicando que diferentes bandas suelen tener diferentes usos, siendo sustitutos imperfectos entre ellas.

La asignación de espectro implica importantes desafíos que deben tenerse en cuenta al momento de definir sus usos y su proceso de asignación:

- **Interferencia:** es fundamental proteger a un usuario del uso de otros usuarios hagan del espectro dado que lo afecta de forma negativa (problemas de calidad). En términos económicos, la utilización por parte de un usuario implica una externalidad negativa a otro usuario, usualmente llamado interferencia.
- **Usos conocidos y usos desconocidos:** debido a que el espectro suele asignarse por largos períodos de tiempo, al momento de asignarse debe considerarse si hay usos desconocidos que requieren espectro que serán más valiosos en el futuro cercano. Incluso es difícil la asignación eficiente (el beneficio marginal de cada uso es igual) con las tecnologías y usos conocidos.⁵
- **Múltiples bandas, múltiples acuerdos regulatorios:** los diferentes usos suelen asignarse en diferentes bandas según acuerdos y convenciones regulatorias nacionales, regionales y globales.

⁵ Las curvas de beneficio marginal no son conocidas y cambian con el tiempo al desarrollarse innovaciones y nuevos usos. Adicionalmente, el grado de sustituibilidad entre los diferentes usos y factores de producción cambia en el tiempo y entre país. Por ejemplo, una estrategia más capital intensiva (celdas más pequeñas con más antenas) puede tener sentido en un país con bajo costo de capital comparado con un país con alto costo de capital donde sería más eficiente asignar más espectro a las telecomunicaciones móviles.

- **Sustitución imperfecta:** múltiples usos pueden realizarse en la misma frecuencia, teniendo que elegir cuál se prioriza para cada banda, y múltiples frecuencias pueden utilizarse para un mismo uso, con ciertas concesiones mutuas (trade offs).

Históricamente, el acceso al espectro solía ser muy claro y sencillo, donde el estado asignaba licencias a espectro por largos períodos de tiempo (incluso de forma ilimitada) para un uso en particular. Sin embargo, a medida que aumento la escasez (económica) del espectro, se desarrollaron diferentes sistemas de asignación de espectro. Por un lado, los sistemas centralizados de comando y control donde el regulador asigna el espectro a diferentes actores (algunas veces según reglas específicas), y por el otro lado, sistemas descentralizados de asignación basados en mecanismos de mercado (subastas, mercados secundarios).

Los sistemas de comando y control buscaban minimizar los problemas de interferencia en un contexto de amplia disponibilidad de espectro, teniendo en cuenta la naturaleza técnica de este tipo de tecnologías y la importancia del espectro para cuestiones de seguridad nacional (comunicaciones militares, radares, etc.). La creciente demanda de espectro por parte de las telecomunicaciones móviles, primero voz y luego datos, y la creciente necesidad de flexibilidad en el uso del espectro ha impulsado al desarrollo de mecanismos de mercado para la asignación de espectro (particularmente por Demsetz (1968) y Coase (1959) advocaban por sistemas competitivos de asignación).

Este proceso puede apreciarse en cuatro diferentes dimensiones:

- **Mecanismos competitivos:** particularmente la utilización de subastas (ver próxima sección para mayor detalle), pero también “concursos de belleza”.⁶
- **Liberalización de usos:** mayor discreción en cómo se utiliza el espectro, en particular la neutralidad tecnológica (se define el servicio, pero no la tecnología que se utiliza).⁷

⁶ Los concursos de belleza son una herramienta utilizada en varios contextos, particularmente cuando difieren las propuestas y su calidad. Los concursos como herramienta para asignar espectro suelen implicar que el ganador captura toda la renta del valor del espectro, que hay incentivos a sobreprometer para ganar (y luego no poder cumplir), y es un mecanismo mucho más sensible a la corrupción. Para algunas consideraciones sobre como diseñar concursos para asignar espectro, ver:

- Prat, A., & Valletti, T. M. (2001). Spectrum auctions versus beauty contests: Costs and benefits. *Rivista di politica economica*, 91(4/5), 59-110.

- Dykstra, M., & van der Windt, N. (2004). Beauty contest design. *Auctioning Public Assets Analysis and Alternatives*, 85.

⁷ En algunas bandas se ha permitido la neutralidad de servicio, es decir, que dicho espectro se puede utilizar para cualquier tipo de uso, pero tiene limitaciones, dado que el cambio de uso puede afectar a bandas cercanas generando interferencia. De ser así, se requiere un sistema muy robusto de administración de interferencia (no suele ser el caso en la mayoría de las locaciones), caso contrario, se implementan procesos administrativos de reasignación del espectro (refarming) para permitir la transferencia a un uso más valioso (eficiencia alocativa) y capturar el cambio de valor del espectro. Un ejemplo de esto fue la “Incentive Auction” realizada por la FCC en 2017. Ver “*How It Works: The Incentive Auction Explained*”, FCC, 03/02/2017, link: <https://www.fcc.gov/about-fcc/fcc-initiatives/incentive-auctions/how-it-works>.

- **Mercados secundarios:** permitir el intercambio y comercialización de espectro facilitando la transferencia de este a actores que lo valoran más (en general, dándole el mismo uso al espectro).⁸
- **Precio administrativo del espectro:** imponer tasas al espectro asignado a través de mecanismos de comando y control, dándole un incentivo a las partes a economizar su utilización de espectro.⁹

Debido a las ventajas de los sistemas competitivos sobre los sistemas administrativos, las subastas se transformaron en la principal forma de asignar espectro a nivel internacional. En particular, se utilizan tres mecanismos: las subastas a sobre cerrado de una sola ronda, en su modalidad de primer o segundo precio; las subastas ascendentes simultáneas de múltiples rondas (SMRA por su sigla en inglés), donde se realizan ofertas individuales con primer precio y, por último, las subastas combinatorias de reloj (CCA por sus siglas en inglés), que implican ofertas por paquetes y múltiples rondas, seguidas de una fase a sobre cerrado con segundo precio.

4.1. Subastas a Sobre Cerrado de una Ronda

Las subastas a sobre cerrado de una ronda, tanto de primer precio como de segundo precio, se caracterizan por su diseño extremadamente sencillo, lo cual es particularmente importante para participantes poco experimentados, ya que fomenta la participación y, por ende, la competencia en el proceso de asignación.

Sin embargo, su simplicidad implica que no existe un proceso de revelación de información para los participantes, lo que reduce la probabilidad de que los ganadores paguen montos excesivos por el espectro (conocido comúnmente como la “maldición del ganador”). Además, debido a la sustitubilidad y complementariedad entre diferentes porciones del espectro, este

⁸ Es fundamental que haya claras reglas para evitar interferencia y la monopolización del espectro. Para mayor detalle sobre las ventajas y desventajas de un mercado secundario, ver:

- Xavier, P., & Ypsilanti, D. (2006). Policy issues in spectrum trading. *info*, 8(2), 34-61.
- Crocioni, P. (2009). Is allowing trading enough? Making secondary markets in spectrum work. *Telecommunications Policy*, 33(8), 451-468.
- Lehr, W. (2020). Economics of spectrum sharing, valuation, and secondary markets. *Spectrum Sharing: The Next Frontier in Wireless Networks*, 361-388.

⁹ Existen dos mecanismos para definir el costo administrativo del espectro: basado en el costo de oportunidad que tiene dicho espectro para el adquiriente (que inversión debería realizar el beneficiario para ofrecer el mismo servicio a través de medios alternativos) y basado en el modelo de negocios (que beneficio deriva la firma a partir de la utilización del poder de mercado que deriva de la utilización del espectro). Para más información ver, Cave M, Webb W. Spectrum pricing and valuation. In: *Spectrum Management: Using the Airwaves for Maximum Social and Economic Benefit*. Cambridge University Press; 2015:128-146.

formato genera un “problema de exposición”, en el que un participante puede terminar adquiriendo solo una licencia cuando obtener dos en conjunto podría ser mucho más valioso.

4.2. Subastas Ascendentes Simultáneas de Múltiples Rondas (SMRA)

En este tipo de subastas, los participantes emiten ofertas ronda por ronda, aumentando sucesivamente el valor más alto hasta que no se presenten nuevas ofertas. Generalmente, el subastador estipula un incremento mínimo en las sucesivas ofertas y requiere que los participantes solo puedan continuar si son considerados “activos”.¹⁰ Al haber múltiples rondas, se permite un proceso de descubrimiento de precios, lo que disminuye la incertidumbre y la exposición a la “maldición del ganador”. Además, las múltiples rondas simultáneas facilitan la subasta de múltiples lotes de espectro.¹¹

Sin embargo, este proceso de descubrimiento conjunto de información tiene una desventaja. Al estar cada participante mejor informado sobre cómo los demás valoran el espectro, se facilita la colusión, lo cual puede perjudicar el bienestar social cuando la competencia es baja. En esencia, la información actúa como un “punto focal” para la coordinación, ya que todos los oferentes tendrán una idea clara del valor que los otros participantes asignan al espectro.

Además, al ser las ofertas de tipo individual y no por paquetes, no se pueden reflejar las sinergias existentes entre las distintas frecuencias del espectro en las ofertas. En otras palabras, los participantes no pueden mostrar que valoran más dos licencias en conjunto que por separado, ya que deben ofertar por cada licencia de manera individual.

4.3. Subastas Combinatorias de Reloj (CCA)

Este formato se utiliza cuando se subasta espectro en múltiples bandas diferentes y varios participantes potenciales tienen distintas posibilidades de sustituir una banda por otra. El subastador adopta esta metodología para permitir a los participantes realizar ofertas para combinaciones de espectro, bajo la premisa de que se les otorgará el paquete completo o nada.

Sin embargo, la complejidad de calcular ofertas para diferentes combinaciones de espectro representa un reto para la implementación de este tipo de subastas, desincentivando la entrada de participantes y reduciendo la competencia (y posiblemente los precios). Además, es difícil

¹⁰ Esto hace referencia a que la elegibilidad de un participante en futuras rondas queda sujeta a su nivel de actividad en la ronda actual. Si este último no alcanza para ser considerado “activo”, se pierde la elegibilidad y, por ende, la capacidad de ganar. En la literatura esto es conocido como la “*Milgrom-Wilson activity rule*”. Ver Milgrom, P. R. (2004). *Putting auction theory to work*. Cambridge University Press.

¹¹ Esto porque el proceso permite realizar la subasta de varios lotes en simultáneo en un mismo proceso. Un participante interesado en varios, al final de cada ronda, pueden reevaluar sus estrategias, dadas las ofertas de los demás en cada lote.

de implementar para los reguladores, ya que se requiere un gran nivel de entendimiento del mercado para determinar qué paquetes son los más deseables, y es complicado de entender para los observadores externos (y por ende, pudiendo afectar la legitimidad del proceso de asignación).

Entre sus ventajas más importantes está la clara reducción del “riesgo agregado”, ya que su modalidad de oferta por paquetes permite reflejar de manera más adecuada el valor de la suma de las partes en comparación con cada una de ellas por separado. También es muy útil para subastas con una cantidad reducida de licencias complementarias.

4.4. Criterios para definir el formato de la subasta

En resumen, las subastas de sobre cerrado (particularmente las de primer precio) se caracterizan por su simpleza, pero limitan el proceso de revelación de información fundamental para evitar la maldición del ganador en subastas con valuaciones comunes. Las SMRA permiten este proceso de revelación de información, pero están expuestas a los riesgos agregados que no permiten internalizar las relaciones de sustitución y complementariedad entre diferentes bandas disponibles. La CCA permite internalizar estas relaciones sobre la base de ofertas a paquetes de espectro, sin embargo, su complejidad para implementar y participar en este tipo de subastas se torna un desafío importante.

Dependiendo del espectro a subastarse, las condiciones de mercado y los objetivos del regulador, se utilizarán diferentes métodos de subasta (ver Tabla 2 con resumen de las características de cada método de subasta).

Tabla 2: Fortalezas, debilidades y limitaciones de las diferentes metodologías de subasta

Riesgos	SMRA	CCA	Sobre Cerrado (1er precio)
<i>Preocupaciones acerca de cómo se determina el resultado</i>			
Precios Diferenciados	Fortaleza	Limitación	Limitación
Maldición del Ganador	Fortaleza	Limitación	Debilidad
Mecanismos Complicados	Fortaleza	Debilidad	Fortaleza
<i>Falta de Información durante la Subasta</i>			
Revelación de Información	Fortaleza	Fortaleza	Debilidad
Descubrimiento de Paquetes	Limitación	Limitación	Limitación
Manejo de Restricciones Presupuestarias	Fortaleza	Limitación	Fortaleza
<i>Imposibilidad de Ofertar Valor Intrínseco</i>			
Riesgo Agregado	Limitación	Fortaleza	Fortaleza

Fuente: Elaboración propia en base a Myers (2023)

Las subastas de espectro 5G suelen caracterizarse por la falta de información de los operadores sobre el valor del espectro a subastarse dado que se trata de una nueva generación móvil con incertidumbre sobre su modelo de negocios y rentabilidad (ver sección 5, numeral 4 de la numeración). Por ende, se torna fundamental que haya revelación de información a lo largo de la subasta.

Adicionalmente, en estas subastas no ha habido especial énfasis en incentivar la entrada de nuevos competidores o proveer espectro múltiples bandas, por ende, las subastas SMRA han sido las más ampliamente adoptadas (salvo en Dinamarca 2011, donde se utilizó CCA).

5. Casos de estudio: asignación de espectro 5G en Latinoamérica

5.1. Chile – Primera subasta 5G de América Latina

Chile es el primer país de Latinoamérica que subastó espectro para el despliegue de 5G. En febrero de 2021, mediante la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (SUBTEL), otorgó un total 1.400 MHz en las bandas 700 MHz, AWS, 3.5 GHz y 26 GHz que permitieron recaudar un total de USD 453,5 millones.

Metodología de asignación

La asignación de espectro en las cuatro bandas se realizó a través de un proceso de dos pasos: en primer lugar, concursos de belleza independientes y simultáneos para cada banda¹², y en caso de empate técnico entre las postulaciones, una subasta para definir el ganador.¹³

En todas las bandas, se impusieron condiciones de calidad y cobertura para los ganadores. Por un lado, se exigió velocidades mínimas de subida y bajada específicas para cada una de las bandas. Por otra parte, en las bandas 700 MHz, AWS y 3.5 GHz, se impusieron requerimientos mínimos de cobertura comunal (consistentes en brindar servicio a capitales regionales, capitales provinciales, en inmuebles públicos como hospitales, ministerios, intendencias, y cobertura complementaria en polígonos georreferenciados definidos por el regulador). En la

¹² Ver Escobar et al. (2023) para un análisis sobre la decisión del regulador para elegir esta metodología que intentaba capturar las ventajas de un concurso y de una subasta en simultáneo.

¹³ El Artículo 27- de las bases y condiciones de las diferentes bandas- estableció las condiciones técnicas para la asignación de los puntajes en cada concurso tomando en consideración los compromisos asumidos, la población cubierta y el tiempo de despliegue estipulado en los proyectos. Un mínimo de 90 sobre 100 puntos fue requerido para calificar en el concurso, dándose un empate técnico cuando dos o más operadores tenían un puntaje igual o con una diferencia menor a cuatro puntos. Por su parte, el artículo 32 estableció las condiciones para las licitaciones. En el caso de 700 MHz, AWS y 26 GHz, una licitación de primer precio a sobre cerrado sería la que definía los ganadores, mientras en la banda 3.5 GHz, una licitación combinatoria de primer precio a sobre cerrado definiría los ganadores.

banda de 26 GHz, en particular, no se demandaron obligaciones de cobertura, pero se incluyeron condiciones sobre el número de torres a instalarse en diferentes localidades.

Asignación de espectro e ingresos por licencias

En febrero de 2021, SUBTEL informó los ganadores en las cuatro bandas: 700 MHz, AWS, 3.5 GHz, y 26 GHz (ver tabla 3). Tres de los cuatro concursos fueron definidos en la segunda etapa, es decir, mediante licitaciones, mientras que para la asignación de espectro en la banda de 26 GHz no hubo licitación para dirimir el empate debido a que el espectro alcanzó para satisfacer los requerimientos de todos los concursantes.

En la banda de 700 MHz se presentaron dos concursantes: WOM y Borealnet (entrante) y en la segunda ronda WOM ganó con una oferta estimada de USD 82,5 millones. En la banda AWS, Borealnet, Claro y WOM clasificaron a la segunda ronda, y resultó ganador WOM que ofreció USD 22,3 millones. En la banda 3.5 GHz, todos los operadores presentaron proyectos y clasificaron a la segunda ronda, donde 15 bloques de 10 MHz fueron asignados a través de una subasta combinatoria de primer precio, en la cual las empresas Movistar, Entel y WOM ganaron 50 MHz cada uno, por un total de USD 163 millones, USD 139 millones y USD 45 millones, respectivamente. Por último, en la banda milimétrica (26 GHz) hubo tres empresas interesadas que presentaron sus propuestas: Entel, Claro y WOM y debido a que las tres ofertas cumplían con los requerimientos del concurso y había suficiente espectro, cada compañía recibió 400 MHz sin necesidad de realizar una subasta.

Tabla 3: Asignación Espectro por Banda

Banda	Sub-banda disponible	Espectro Asignado	Bloques	Recaudación	Concursantes	Ganadores
700 MHz	703 – 713 MHz 758 – 768 MHz	20 MHz 30 años	1 bloque, 20 MHz	USD 82,5 M	Borealnet WOM	WOM
AWS	1.755-1.770 y 2.155-2.170 MHz	30 MHz 30 años	1 bloque de 30	USD 22,3 M	Borealnet Claro WOM	WOM
3.5 GHz	3,30 – 3,40 GHz 3,60 – 3,65 GHz	150 MHz 30 años	15 bloques de 10 MHz	USD 348,7 M	Borealnet Claro Movistar Entel WOM	Entel Movistar WOM
26 GHz	25,90 – 27,50 GHz	1.200 MHz 30 años	3 bloques de 400	Asignados sin subasta (400 a c/u)	Claro Entel WOM	Claro Entel WOM

Fuente: elaboración propia en base a datos de SUBTEL (2021/02)

A través de la asignación de espectro en estos procedimientos, el gobierno chileno generó ingresos por unos USD 453,5 millones y se estima que un total de USD 83 millones (a valor presente) serán generados en los próximos 30 años en términos de comisiones por el uso de las licencias.

Reflexiones sobre el proceso

La subasta de espectro chilena, particularmente en la banda 3.5 GHz, estuvo signada por insuficiente espectro a asignarse, la incertidumbre respecto a la próxima subasta de espectro y una distribución muy desigual inicial de espectro entre los operadores móviles.¹⁴ Un total de 150 MHz para 5 empresas interesadas es muy poco espectro, particularmente cuando la industria recomienda un mínimo de 80 MHz por operador (GSMA 2020; Huawei, 2020), lo que derivó en una competencia muy agresiva y precios muy altos.

Adicionalmente, el diseño del procedimiento, un concurso de belleza combinado con licitaciones simultáneas e independientes también podría haber generado incertidumbre entre los operadores sobre la posibilidad de no conseguir un mix de espectro adecuado, forzándolos a ofrecer valores altos para asegurar su obtención (particularmente el caso de WOM).

Históricamente Chile ha tenido precios razonables de espectro, pero en esa ocasión, el formato elegido derivó en precios muy altos, recaudando 6,4 veces más que todas las licitaciones previas desde el 2001 y, al momento, tiene el precio normalizado más alto en la banda 3.5 GHz para la región (ver Tabla 10).

5.2. República Dominicana

En octubre del 2021, República Dominicana, mediante el Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (INDOTEL), asignó espectro radioeléctrico para el despliegue de tecnología 5G, al subastar 90 MHz (9 bloques de 5+5 MHz pareados) en la banda 700 MHz y 160 MHz (16 bloques de 10 MHz) en la banda 3.5 GHz para servicio de telecomunicaciones móviles. Finalmente, se asignaron únicamente 140 MHz a banda 3.5 GHz a las compañías

¹⁴ Un punto importante a tener en cuenta es el contexto en el cual Chile desarrolló este proceso. Chile cuenta con 4 operadores móviles (Claro, ENTEL, Movistar y WOM) y 5 operadores móviles virtuales (Telsur, Virgin, VTR, Netline and Simple). Un total de 24,3 millones de suscriptores se dividen entre cuatro operadores móviles que tienen una participación de mercado combinada del 97,7%. WOM, el cuarto operador en el mercado, fue un nuevo entrante en 2014 y se ha convertido en un competidor dinámico, alcanzando una participación de mercado del 20% en 2020.

La distribución del espectro en Chile es muy desigual dado que Entel tiene mucho más espectro que cualquier otro operador, incluidos Movistar y Claro. WOM ingresó al mercado recientemente, y solo lo hizo con algo de espectro en la banda AWS, por lo que carecía de espectro en el rango bajo y alto del espectro. Esta desigualdad en la distribución del espectro entre los operadores móviles ha dado lugar a nuevos topes dinámicos establecidos por SUBTEL y el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC), la agencia antimonopolio, en 2019 y validados por la Corte Suprema en 2020. Sin embargo, el conflicto sigue abierto con múltiples casos ante diferentes organismos públicos y tribunales.

Claro y Altice por un plazo de 20 y 14 años respectivamente, con una recaudación total de USD 73,7 millones.

Metodología de asignación

Los interesados debían presentar simultáneamente una oferta técnica que incluía detalles específicos sobre el despliegue de red y cumplimiento de las obligaciones, capacidad financiera para llevar adelante las inversiones y garantías, y una oferta económica especificando la disposición a pagar por los bloques deseados en las respectivas bandas. El procedimiento estipulaba que primero calificaban las ofertas técnicas, y luego se procedería a la apertura de la oferta económica, y aquel oferente que presentase el mayor valor por MHz por año sería el ganador y elegiría primero las bandas. Con respecto al pago, se estableció que debía efectuarse mediante desembolsos anuales equivalentes al 25% del valor ofrecido hasta completar el total.

Además, se impusieron obligaciones de despliegue de infraestructura, velocidades mínimas, ampliación de cobertura del servicio móvil y obligación de ofrecer *roaming* nacional automático en la banda de 700 MHz, así como obligaciones de despliegue de infraestructura con velocidades mínimas a un porcentaje de la población en la banda 3.5 GHz.

Asignación de espectro e ingresos por licencias

Claro fue quien presentó la mayor oferta por MHz por año al ofertar un total de USD 53,1 millones por 70 MHz en la banda 3.5 GHz durante 20 años (USD 2,6 millones por año). Como Claro ya tenía asignados con anterioridad 30 MHz en dicha banda, se dispuso el reordenamiento en la banda de manera que la compañía pudiera ser titular de 100 MHz contiguos, asignándoles la banda 3.300-3.400 MHz.

Por su parte, Altice ofertó un total de USD 20,6 millones por 70 MHz por 14 años (USD 1,4 millones por año). También se reasignó espectro en la banda 3.5 GHz para que Altice pudiese tener 100 MHz continuos en banda 3.400-3.500 MHz, además de los 30 MHz que previamente le habían sido asignados en dicha banda.

Para la banda 700 MHz no se recibieron ofertas por lo que el espectro quedó sin asignar debido a que, según reconocen las autoridades de INDOTEL, habían valorizado la banda por encima de su valor de mercado. En mayo de 2023, INDOTEL declaró que nuevamente pondrían a disposición espectro en la banda 700 MHz, en la cual había trabajado para liberar frecuencias, y estimó que la asignación de licencias terminaría para el año 2024 (INDOTEL, 2023/05/23).

Tabla 4: Espectro asignado subasta 5G de República Dominicana

Banda	Sub-banda disponible	Espectro asignado	Bloques	Recaudación	Ganadores
700 MHz	698-806 MHz	No asignado	9 bloques 5 + 5 MHz pareados	-	-
3.5 GHz	3.300 – 3.600 MHz	140 MHz por máximo 20 años	16 bloques de 10 MHz	USD 73,7 M	Claro Altice

Fuente: elaboración propia en base a datos de INDOTEL (2021/10/11)

Reflexiones sobre el caso dominicano

El caso dominicano aporta dos lecciones interesantes. Primero, los operadores no estuvieron dispuestos a validar precios excesivamente altos para el espectro en la banda 700 MHz, y la no utilización de éste termina dañando a toda la ciudadanía en general, por lo cual, es importante avanzar con la asignación de dicho espectro en un futuro cercano. Segundo, el espectro es abonado en cuatro pagos anuales de 25% cada uno, haciendo progresiva la carga financiera para los operadores y, por ende, facilitando el despliegue de infraestructura.

5.3. Brasil

En noviembre de 2021, mediante la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL), Brasil otorgó licencias nacionales y regionales para más de 3.7 GHz repartidos en las bandas 700 MHz, 2.3 GHz, 3.5 GHz y 26 GHz. El valor total de la subasta ascendió a USD 8,5 mil millones incluidos los compromisos de inversiones en infraestructura (ANATEL, 2021/09/27).

Metodología de asignación

En todos los casos, el espectro fue asignado a través de subastas de primer precio en las que las partes debían presentar una oferta inicial clasificatoria. Si los operadores cumplían con los requerimientos técnicos y ofertaban un valor por encima del precio de reserva, avanzaban a la siguiente ronda (cap. 4 e incisos 8.4 y 8.5 respectivamente de ANATEL, 2021/09/27). En esa segunda etapa se hacían públicas las ofertas iniciales presentadas y se habilitaban nuevas rondas para recibir ofertas mayores hasta que hubiese un ganador para cada bloque subastado.¹⁵

¹⁵ Al comienzo de la segunda etapa se hacían públicas las ofertas y la oferta más alta era considerada la oferta líder. Aquellos postores que habían realizado una oferta igual o superior al 70% de la oferta líder, podían realizar una nueva oferta (llamada “de reposición”). Para que la misma fuera válida, debía ser como mínimo un 5% más alta que la oferta líder. Ese proceso se repetía hasta que no hubiera nuevas ofertas de reposición y la oferta líder fuera la ganadora. La subasta descrita es una subasta de primer precio ascendente, sin la posibilidad de combinar el resultado de múltiples subastas (no combinatoria).

Asignación de espectro e ingresos por licencias

En ese procedimiento, ANATEL decidió priorizar el despliegue y cobertura de la red por sobre la recaudación fiscal. Por ello, puso a disposición amplias cantidades de espectro, particularmente en la banda 3.5 GHz donde se subastaron 400 MHz.

A su vez, ANATEL decidió que la mayor parte del costo total de adquirir un lote de espectro consistiese en compromisos de inversión asumidos por el operador vencedor. Es decir, la mayor parte del valor total por banda debería ser destinada al sector en forma de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. Específicamente, el costo total de un lote de espectro estaba compuesto por el precio mínimo de reserva, una prima (diferencia entre el valor de reserva y el valor ganador) y compromisos que debía asumir el ganador (ver Tabla 5). A su vez, también se estableció que parte de la prima se reinvirtiera en compromisos adicionales definidos por el regulador. Como consecuencia, más del 90% del costo total del espectro constituían obligaciones de inversión asumidas por los operadores.

Como resultado final, el valor total de la subasta ascendió a USD 8,5 mil millones (R\$ 4,2 mil millones) para 45 lotes subastados (ver Tabla 5), y se asignaron la mayoría de los lotes (ver Tabla 6 para el detalle por banda), salvo los lotes de 40 MHz regionales en la banda AWS, lotes de 20 MHz regionales en la banda 3.5 GHz y múltiples lotes en la banda 26 GHz.

Tabla 5: Resumen de resultados de la subasta 5G (en miles de millones)

Banda Cobertura Lote	700MHz	3.5 GHz		2.3 GHz		26 GHz
	Nacional	Nacional	Regional	Regional		Nacional y Regional
				40 MHz	50 MHz	
(1) Precio reserva (R\$)	0,158	1,205	0,033	0,238	0,409	0,345
(2) Total ofertado por banda (R\$)	1,428	1,350	1,918	0,892	1,502	0,353
Prima (R\$) (2-1)	1,270	0,145	1,885	0,653	1,093	0,008
% Prima	805,8%	12,0%	5682,2%	274,3%	267,1%	2,4%
(3) Total ofertado	R\$ 7,4 MM USD 1,3 MM					
(4) Compromisos asumidos (R\$)	2,143	21,446	6,007	2,600	4,466	3,101
Total ofertado por banda+ Compromisos asumidos (R\$) (2+4)	3,571	22,796	7,925	3,492	5,968	3,454
Total ofertado +compromisos asumidos (USD)	0,645	4,115	1,431	0,630	1,077	0,623
Valor total subasta	R\$ 47,2 MM USD 8,5 MM					

Fuente: elaboración propia sobre la base de ANATEL (2021/11/23)

Tabla 6: Espectro asignado subasta 5G de Brasil

Banda	Sub-banda disponible	¿Nacional o regional?	Tamaño de los bloques	Cantidad espectro asignado total	Recaudación	Ganadores
700 MHz	708-718 y 763-773 MHz	20 MHz Nacional	10+10 o 5+5	20 MHz	USD 258 M	Winity II
2.3 GHz	2.300-2.390 MHz	90 MHz Regional	Bloques de 50 MHz	350 MHz (7 x 50 MHz)	USD 271 M	Claro Brisanet Vivo
			Bloques de 40 MHz	240 MHz (6 x 40 MHz)	USD 160,9 M	Tim Algar Vivo
3.5 GHz	3.300-3.700 MHz	300 MHz Nacional	80+20 MHz	300 MHz (3 x 100 MHz)	USD 243,7 M	Claro Vivo Tim
		100 MHz Regional	80+20 MHz	480 MHz (6 x 80 MHz)	USD 346,2 M	Brisanet Sercom Consorcio 5G Sul Cloud 2U Algar
26 GHz	24,25-27,50 GHz	Nacional	200 MHz	1200 MHz	USD 52.5 M	Claro Vivo Tim
		Regional	200 MHz	2600 MHz	USD 11,1 M	Tim Algar Fly Link Neko

Fuente: elaboración propia sobre la base de ANATEL (2021/11/23)

Adicionalmente, en las bandas de 2.3 GHz, 3.5 GHz y 26 GHz se dejó espectro libre (unos 10 MHz, 100 MHz y 400 MHz respectivamente) para uso local de redes privadas, permitiendo que las empresas que no adquirieran espectro en dicha subasta pudieran acceder a éste para ofrecer servicios de conectividad móvil.

Reflexiones sobre el caso brasilero

La subasta de espectro 5G realizada por ANATEL es considerada un ejemplo para la región dado que priorizó la inversión por sobre la recaudación fiscal, puso amplias cantidades de espectro a disposición de los operadores y generó un contexto verdaderamente competitivo. Más del 90% del costo total del espectro se compuso de obligaciones de cobertura, incluidos los montos ofertados por encima de los precios de reserva.

Asimismo, Brasil asignó espectro de acceso libre para redes privadas, 10 MHz en la banda AWS, 400 MHz en la banda 26 GHz y particularmente, 100 MHz en la valiosa banda 3.5 GHz. Si bien esto impulsará el desarrollo de redes privadas, resta ver si es la mejor manera de

incentivar el uso compartido de espectro o si, por el contrario, inmoviliza grandes cantidades de espectro subutilizados (GSMA, 2023).

5.4. Uruguay

En diciembre de 2022 Uruguay puso a disposición 300 MHz de la banda 3.5 GHz (URSEC, 2023/04/05). Finalmente, en mayo de 2023 se asignaron los tres bloques de 100 MHz para cada operador -Claro, Movistar y ANTEL (empresa pública)- por un plazo de 25 años recaudándose un total de USD 84,2 millones.

Metodología de asignación

El procedimiento se llevó adelante mediante una subasta de primer precio con múltiples rondas. En total se asignarían 300 MHz en la banda 3.5 MHz en tres bloques de 100 MHz fijando precios reserva de USD 28 millones por cada bloque de 100 MHz.

Únicamente dos bloques serían asignados por el proceso competitivo, debido a que los 100 MHz en el medio de la banda fueron reservados para ANTEL, que abonaría dicho espectro al precio promedio abonado en los otros dos bloques de 100 MHz subastados. Adicionalmente, la norma permitía que, si alguno de los dos bloques de 100 MHz no era adquirido, el mismo podría ser asignado directamente a ANTEL (pagando el mismo precio el bloque de 100 MHz vendido), a pesar de que la misma norma limitaba a 100 MHz lo que podía adquirir cada participante.

La subasta, a su vez, incluía obligaciones de despliegue mínimas para todos los operadores que adquirieran espectro en la banda 3.5 GHz con tecnología 4G o superior en cualquiera de las frecuencias que dispusieran los operadores.

Por último, el decreto limitó la participación a jugadores establecidos y bloqueó la participación de nuevos entrantes (no directamente, sino al imponer estándares excluyentes).¹⁶

Asignación de espectro e ingresos por licencias

El resultado de la subasta terminó otorgando un bloque de 100 MHz a cada operador privado (quienes pagaron un precio levemente por encima del precio de reserva) y 100 MHz a ANTEL, que ya tenía reservada la banda del medio y pagó el promedio entre ambas ofertas (Tabla 7).

¹⁶ Como la empresa de conectividad corporativa Dedicado que había indicado que tenía interés en adquirir espectro 5G y que ya contaba con 100 MHz en la banda 3.5 GHz (y en la banda 900 MHz y 26 GHz), pero únicamente autorizados para transmisión de datos, no para ofrecer servicios de telecomunicaciones.

Tabla 7: Resultado de la subasta en la banda 3.5 GHz Uruguay

Banda	Sub-banda disponible	Cantidad de espectro asignado	Bloques	Recaudación (USD)	Ganadores
3.5 GHz	3.300 – 3.400	300 MHz por 25 años	3 bloques de 100 MHz	28.100.000	Claro
	3.600 – 3.700			28.075.050	ANTEL (reservado)
	3.700 – 3.800			28.051.000	Movistar

Fuente: elaboración propia sobre la base a URSEC (2023/05/09)

Reflexiones sobre el caso uruguayo

El proceso de asignación uruguayo es un típico ejemplo de cómo las reglas del proceso terminan afectando el resultado de la subasta. Al asignarse únicamente espectro de una banda, y tres bloques para tres operadores, el precio final terminó siendo el precio de reserva, con muy poca competencia.

En parte, esto ocurrió porque no se permitió que ingresara la empresa Dedicado, un operador de conectividad al hogar por redes móviles que quería empezar a ofrecer conectividad móvil. No obstante, era importante analizar si era conveniente asignarle espectro en una sola banda a un jugador nuevo, asumiendo el riesgo de que el espectro termine, luego, siendo subutilizado. Por otro lado, existía una amenaza implícita para los operadores privados de que, si no adquirían espectro en esa oportunidad, el mismo se lo apropiaría ANTEL (que ya de por sí cuenta con una importante ventaja en materia de espectro -ANTEL tiene 235 MHz en las bandas 700-2600 MHz, mientras que Movistar 155 MHz y Claro 130 MHz- e infraestructura -Antel tiene el 47% del total de radiobases y el 50% de las radiobases 4G-). Esto pudo haber forzado la participación de los operadores, dado que no podían postergar la adquisición a una futura subasta confiando que el espectro estaría disponible, obligándolos a pagar al menos el precio reserva.

Esta situación de asimetría competitiva entre los operadores privados y ANTEL se extiende más allá del mercado de telecomunicaciones móviles, dado que ANTEL cuenta con el monopolio de la banda ancha fija en Uruguay, lo que facilita el despliegue de redes 5G que, como sabemos, requiere de antenas conectadas por fibra óptica. Esto a su vez impacta en el cumplimiento de las obligaciones de cobertura, dado que la red de fibra de ANTEL le permite cumplir ellas con mucha más facilidad que sus competidores. De la misma forma, la certeza sobre la banda a asignarse a ANTEL le permitía comenzar a planificar el despliegue de forma anticipada, pudiendo lanzar rápidamente al mercado este nuevo producto.

Por último, el precio de reserva, que sería muy parecido al precio final de la subasta, era considerado alto para un mercado tan chico y con regulaciones tan restrictivas.

5.5. Argentina

El 24 de octubre del 2023, el ENACOM finalizó exitosamente el proceso de subasta de 250 MHz en la banda 3.5 GHz logrando una recaudación de 875 millones de dólares. Originalmente se habían puesto a disposición 300 MHz, tres licencias de 100 MHz por un plazo de 20 años, pero uno de los operadores prefirió adquirir únicamente 50 MHz.

Metodología de asignación

El procedimiento se llevó adelante mediante una subasta de primer precio con múltiples rondas, en donde se asignarían 300 MHz en la banda 3.5 MHz en tres bloques de 100 MHz fijando precios reserva de USD 350 millones por cada bloque de 100 MHz. De quedar vacante alguna de las bandas, la misma sería subastada en dos bloques de 50 MHz.

La subasta incluía obligaciones de despliegue en 5 etapas, alcanzando en 84 meses todas las localidades de al menos 30 mil habitantes. A su vez, se limitó la participación a únicamente los operadores móviles establecidos -Personal Telecom, Claro y Movistar-, bloqueando el acceso de entrantes (cuestión que fue desafiada por la empresa Telecentro -proveedor de banda ancha fija de la Ciudad de Buenos Aires-).

Asignación de espectro e ingresos por licencias

Tanto Claro como Personal-Telecom adquirieron un total de 100 MHz a un valor levemente superior al precio de reserva, mientras que Movistar decidió adquirir únicamente 50MHz, también a un valor levemente superior al precio de reserva, quedando unos 50 MHz vacantes.

Tabla 8: Resultado de la subasta en la banda 3.5 GHz Argentina

Banda	Sub-banda disponible	Ronda	Ganador	Recaudación (USD)
3.5 GHz	3.300 – 3.400	1era	Claro (AMX)	350.052.000
	3.400 – 3.500	1era	Personal Telecom	350.026.000
	3.500 – 3.600	1era	Vacante	-
	3.500-3.500	2da	Movistar	175.013.000
	3.550-3.600	2da	Vacante	-

Fuente: elaboración propia sobre la base a ENACOM (2023/10/24)

Reflexiones sobre el caso argentino

La subasta argentina de la banda 3.5 GHz comenzó teniendo un claro objetivo recaudador, al punto tal que el primer anuncio sobre ésta fue realizado durante la presentación inicial del presupuesto para el año 2023 en septiembre del 2022, dado que se había incorporado un ingreso extraordinario de USD 1.400 millones de dólares al presupuesto que se obtendrían por dicha subasta, sin ningún tipo de consulta previa oficial con el regulador o las empresas del sector.

La subasta fue poco competitiva dado que se subastaban tres bloques para tres jugadores -por más que se consideró la posibilidad de darle acceso a nuevos entrantes en la subasta-, por ende, el valor de reserva definido por las autoridades tuvo un rol fundamental (igual al caso de Uruguay). Las empresas de telecomunicaciones aclararon que los valores originalmente definidos por el gobierno eran inaccesibles debido a la incertidumbre de esta nueva tecnología y se abrió un largo período de negociación entre las empresas del sector y el regulador (Orteu, 2023) que terminó demorando el proceso licitatorio planeado para marzo 2023 hasta octubre de dicho año.

Finalmente se definió un precio de reserva de USD 350 millones por cada bloque de 100 MHz. Sin embargo, se permitió que el pago se efectúe en pesos argentinos al tipo de cambio oficial, permitiendo que las empresas del sector realicen un arbitraje entre el tipo de cambio de financiero y el tipo de cambio oficial (para la fecha de la subasta, el tipo de cambio financiero era aproximadamente 130% más alto que el tipo de cambio oficial), implicando que el costo para las empresas sea sustancialmente menor.¹⁷ Se estima que los USD 875 millones recaudados en realidad implicaron un costo entre USD 350 y 400 millones para las empresas del sector (Catalano, 2023).

5.6. Colombia

La subasta de espectro 5G realizada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) comenzó en diciembre del 2022 con un llamado abierto a los actores del sector a declarar su interés en participar del procedimiento, para luego elaborar el reglamento respectivo, durante los primeros 9 meses del 2023. El 20 de diciembre de dicho año

¹⁷ El 24 de octubre del 2023, el día que se realizó la subasta el tipo de cambio oficial peso argentino dólar era de \$365,5, mientras que el “contado con liquidación” (CCL) -la variante considerada como el tipo de cambio financiero en un sistema de múltiples tipos de cambio como el argentino- era de \$869,5. Es decir, una brecha cambiaria de 137%, implicando que las empresas pagaron un monto sustancialmente menor por el espectro.

se realizó la subasta de espectro para múltiples bandas, entre ella la 3.5 GHz y se recaudó USD 379 millones.

Metodología de asignación

MinTIC decidió realizar una subasta que involucrara múltiples bandas -700 MHz (10MHz), 1.900 MHz (10 MHz), AWS extendida (30 MHz), 2.500 MHz (30 MHz) y 3.500 MHz (320 MHz)- de forma simultánea. El espectro en las bandas medias y altas sería asignado a través de una subasta de múltiples rondas ascendentes, mientras que el único bloque en la banda baja sería asignado por una subasta de reloj ascendente simple. Asimismo, cada banda contaba con un precio de reserva y con múltiples obligaciones de cobertura.

En la banda de 3.5 GHz se subastaron cuatro bloques de 80 MHz de alcance nacional y con una duración de 20 años, y en caso de quedar algún bloque vacante, el mismo sería fraccionado en 8 bloques de 10 MHz. Los interesados harían ofertas por un bloque genérico, y luego el mayor postor sería el primero en elegir el bloque específico y así sucesivamente, salvo que un jugador sea considerado dominante (Claro, con una participación de mercado superior a 45%), el cual elegiría último independientemente del ranking de su oferta.

En materia de obligaciones de cobertura, el regulador definió un listado específico para cada bloque y les asignó un costo monetario, que el mismo se descontaría del valor total a pagar una vez que se alcance cierto umbral de cumplimiento. Adicionalmente, las ofertas ganadoras se pagarían en cuotas anuales, no al contado.

Asignación de espectro e ingresos por licencias

La subasta en la banda 3.5 GHz fue exitosa, asignándose los cuatro bloques de 80 MHz a los principales operadores del país: Claro, WOM y Telecall de forma independiente, y Movistar y Tigo de forma conjunta, siendo Telecall un nuevo entrante en el mercado colombiano.

Tabla 9: Resultado de la subasta 3.5 GHz Colombia

Empresa(s)	Oferta (USD M)	Orden Elección	Frecuencia Elegida	Obligaciones (USD M)
Claro	102,85	4	3.300 – 3.380	17,28
WOM	79,59	1	3.460 – 3.540	23,50
Telecall	79,58	2	3.380 – 3.460	24,28
Tigo-Movistar	79,57	3	3.540 – 3.620	24,66

Fuente: elaboración propia sobre MinTIC (2023/12/20) y MinTIC (2023/10/23)

En cambio, en el resto de las bandas subastadas hubo muy poco interés, dado que una sola empresa ofertó por uno de los 8 bloques de espectro disponibles en múltiples bandas.

Claro adquirió por USD 39,3 millones la licencia para un bloque de 10 MHz en la banda de 2.500 MHz, por lo que quedaron vacantes un bloque en la banda 700 MHz, 3 bloques en la banda 2.500 MHz y 4 bloques en la banda AWS extendida.

Reflexiones sobre el caso colombiano

La subasta de espectro en la banda 3.5 GHz tuvo cierto nivel competitivo entre los operadores existentes en la industria, incluyendo un nuevo entrante -Telecall-. Sin embargo, la vacancia de oferta en múltiples bloques y la oferta conjunta entre Tigo-Movistar refleja los bajos retornos de la actividad en dicho país, teniendo uno de los ingresos promedios por usuario (ARPU por sus siglas en inglés) más bajos de la región (ver Tabla 11). La intensa competencia del sector y los resultados pobres de las empresas de telecomunicaciones móviles (BRC Ratings, 2024) ponen en duda la sostenibilidad de mediano-largo plazo del sector y las inversiones necesarias para despliegues de las redes 5G.

A diferencia de otros países, el proceso de subasta se llevó delante de forma ordenada, sin mayores demoras y con un contexto de cooperación entre los operadores y el regulador.

6. Precio del espectro: ¿recaudación o inversión?

En toda subasta el organizador elige si prioriza la recaudación o la asignación eficiente, que en muchas ocasiones pueden ser objetivos contrapuestos. Idealmente, el Estado tiene que velar por la asignación del espectro a aquellos que más valor pueden crear con dicha herramienta, pero siendo correctamente compensados, ya que es un recurso escaso muy valioso.

La implementación de 5G requiere una densificación significativa de antenas (a futuro, se prevé una antena por cuadra) y de fibra óptica (con todas las antenas interconectadas). Esto significa inversiones millonarias en un contexto macroeconómico complejo (con aumento de tasas de interés) y en la región de América Latina, donde existen importantes restricciones de capital. Al establecer precios muy altos por el espectro y priorizar la recaudación por encima de la asignación eficiente del recurso, podría darse un efecto de desplazamiento (*crowding out*) de la inversión en infraestructura. Esto ralentizaría el despliegue de esta nueva generación de telecomunicaciones móviles y sus efectos positivos.

Los precios normalizados del espectro en la región (según MHz subastados y población de los países, ver Tabla 10) fueron 0,123 USD/MHz/100 personas en Chile, 0,064 en Brasil, 0,047 en República Dominicana, 0,076 en Argentina, 0,021 en Colombia y 0,082 en Uruguay.

Tabla 10: Precio del espectro en la banda 3.5 GHz normalizado por MHz y población

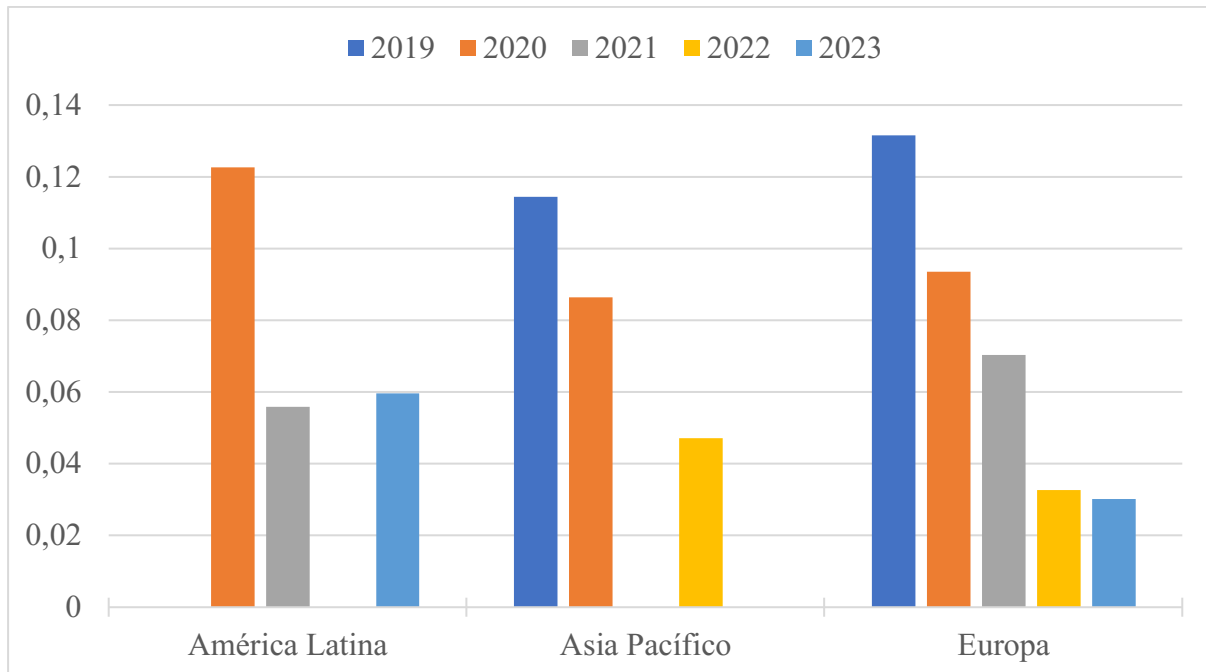
Región	País	Precio (M USD)	Total MHz	Población (M)	Precio/MHz/100pob
A	Nigeria (2021)	547,2	200	213,4	0,013
A	Tanzania (2022)	55,1	160	63,6	0,005
AN	EEUU A105 (2020)	4585,0	100	328,2	0,140
AN	Canadá (2021)	7302,5	200	38,3	0,955
AN	EEUU A107 (2021)	81100,0	280	328,2	0,883
AN	EEUU A110 (2021)	22418,3	100	328,2	0,683
AL	Chile (2020)	348,7	150	19,0	0,123
AL	Brasil (2021)	4110,0	300	212,6	0,064
AL	Rep. Dominicana (2021)	73,7	140	11,1	0,047
AL	Argentina (2023)	875,1	250	45,8	0,076
AL	Colombia (2023)	341,6	320	51,5	0,021
AL	Uruguay (2023)	84,2	300	3,4	0,082
AP	Australia (2018)	614,0	125	25,7	0,191
AP	Corea del Sur (2018)	2698,0	280	51,7	0,186
AP	Hong Kong (2019)	84,9	100	7,4	0,114
AP	Hong Kong (2020)	128,0	200	7,4	0,086
AP	India (2022)	19000,0	330	1408,0	0,041
AP	Nueva Zelanda (2022)	43,8	160	5,1	0,053
E	Irlanda (2017)	87,9	350	4,9	0,051
E	España (2018)	511,8	200	46,9	0,055
E	Finlandia (2018)	90,0	390	5,5	0,042
E	Italia (2018)	4995,0	200	60,4	0,414
E	Reino Unido (2018)	1657,3	150	66,7	0,166
E	Alemania (2019)	4698,7	300	83,0	0,189
E	Austria (2019)	211,1	390	8,9	0,061
E	Suiza (2019)	378,0	300	8,7	0,145
E	Francia (2020)	2786,0	310	67,1	0,134
E	Grecia (2020)	120,0	195	10,7	0,057
E	Reino Unido (2020)	712,9	120	66,7	0,089
E	Dinamarca (2021)	0,0	390	5,9	0,000
E	Eslovenia (2021)	55,3	380	2,1	0,069
E	España (2021)	50,9	20	46,9	0,054
E	Noruega (2021)	364,0	400	5,4	0,168
E	Reino Unido (2021)	370,9	120	66,7	0,046
E	Suecia (2021)	276,8	320	10,2	0,085
E	Bélgica (2022)	219,0	370	11,6	0,051
E	Eslovaquia (2022)	67,2	390	5,4	0,032
E	Lituania (2022)	13,0	300	2,8	0,015
E	Polonia (2023)	456,7	400	37,8	0,030

A=África; AN=América del Norte, AL= América Latina, AP=Asia Pacífico, E=Europa

Fuente: elaboración propia sobre la base de múltiples fuentes

En promedio América Latina ha pagado 0,0689 USD/MHz/100 personas mientras que en Europa se ha pagado 0,093, un 35% más. Sin embargo, el precio promedio del espectro en la banda 3.5 GHz de Europa viene bajando año tras año (al igual que en Asia Pacífico), a medida que se torna evidente que no hay un modelo de negocios claro para el 5G (ver gráfico 1).¹⁸

Gráfico 1: Precio normalizado (USD/MHz/100 per.) promedio del espectro por región por año



Fuente: elaboración propia sobre la base de la Tabla 10

A su vez, estos precios normalizados de espectro no tienen en cuenta el ARPU de los diferentes mercados (ver Tabla 11), es decir, la rentabilidad de dichos servicios en los diferentes países, que afecta la disposición y capacidad de pago de los operadores móviles como también su capacidad de inversión. Las empresas de telecomunicaciones realizan inversiones de capital (CAPEX) de forma constante, financiándose principalmente con sus ingresos (conexiones por ARPU), entonces, precios mayores de espectro en mercados con bajos ARPU terminan desplazando inversiones en infraestructura y despliegue, particularmente aquellas relacionadas con cobertura y posiblemente el desarrollo de nuevos mercados y modelos de negocio.¹⁹

¹⁸ Excluimos EE. UU. - América del Norte de esta comparación porque el precio del espectro es mucho más alto que en otras partes del mundo, en gran parte por lo alto que son los ARPU de los operadores móviles (ver tabla 11).

¹⁹ Ver Orteu et al. (2023) para un análisis más detallado de la dinámica ingresos-financiación-inversión de las empresas de telecomunicaciones.

Tabla 11: ARPU, CAPEX/Ingresos y CAPEX per cápita para países y regiones seleccionadas

País - Región	ARPU		CAPEX/Ingresos	CAPEX per cápita
	Fija	Móvil		
Argentina	15,6	5,1	27,1%	52,9
Brasil	17,3	5,5	27,9%	32,4
Chile	28,4	10,6	29,1%	97,4
Colombia	20,1	3,8	24,3%	31,8
México	20,8	6,5	18,9%	38,1
Paraguay	-	10,1	20,7%	32,0
Perú*	-	5,8	15,9%	23,2
Uruguay	-	9,1	16,4%	69,8
Promedio LATAM	22,74	7,4	23,4%	43,7
Promedio Europa	24,79	11,7	13,1%	210,7
Promedio EE.UU.	57,9	39,1	19,3%	104,4

ARPU: USD, año 2021; CAPEX: USD, año 2022

Fuente: elaboración propia sobre la base de Omdia y Katz (2023). * Corresponde al año 2019.

Los altos precios del espectro suelen ser consecuencia de cómo se organizan las subastas. En primer lugar, dependen de la cantidad de espectro disponible. Por ejemplo, Brasil puso a disposición una gran cantidad de espectro (400 MHz), mientras que la República Dominicana (160 MHz) y especialmente Chile (150 MHz) ofrecieron cantidades mucho menores, ambos por debajo del promedio mundial (242 MHz) de las subastas en esta banda.

En segundo lugar, precios de reserva excesivamente altos empujan los valores del espectro a niveles elevados. Un ejemplo de esto sería el caso uruguayo, donde los operadores terminaron pagando el precio de reserva, forzados por las circunstancias competitivas del mercado a pesar de considerar que estaba sobrevaluado por el regulador.

En tercer lugar, es importante fomentar la competencia entre oferentes. Brasil es un buen ejemplo de esto, ya que combinó bloques regionales y nacionales para generar mayor competencia entre los operadores. Sin embargo, una competencia excesiva puede llevar a precios demasiado altos (un fenómeno conocido como "la maldición del ganador"), porque los operadores deben "evitar quedarse afuera" (por ejemplo, en Uruguay si un operador no participaba, el bloque terminaba en manos de ANTEL, un competidor directo). Permitir el ingreso de nuevos actores es siempre una pregunta compleja ya que, si bien generan competencia en la subasta y en el mercado de servicios, los nuevos entrantes deben presentar una propuesta competitiva sólida y creíble para evitar que el espectro se convierta en un recurso subutilizado.

En cuarto lugar, es conveniente que haya claridad sobre cuándo se realizará la próxima subasta de espectro para evitar que los operadores se sientan obligados a participar y pagar precios muy altos por temor a que no se presente otra oportunidad de asignación.

Con respecto al 5G, todavía no hay claridad sobre el modelo de negocios para los operadores móviles, aunque se sabe que tiene importantes externalidades positivas para la productividad, la inclusión digital y el desarrollo económico. En este sentido, es conveniente priorizar el despliegue de infraestructura e inversión por encima de la recaudación. Esto es particularmente problemático porque en países de la región, como México en la actualidad, están buscando imponer precios extremadamente altos de espectro en comparación con otros países de la región y otros países del mundo.²⁰

7. Otras variables a considerar

El mecanismo de asignación, tanto a nivel regional está tendiendo a ser través de mecanismos más bien sencillos, como subastas de sobre cerrados primer precio/ascendente, por sobre subastas más complejas (ver Myers (2023) para una explicación sobre las ventajas y desventajas de los diferentes formatos de subastas, particularmente las SMRA, CCA o CMRA que se utilizan ampliamente en telecomunicaciones). A su vez, el esquema chileno, de combinar un concurso con una licitación, no parece haber traído beneficios sustanciales por sobre el tradicional esquema de obligaciones de cobertura.

Algo que ha caracterizado a la mayoría de los procesos de asignación de espectro 5G de la región han sido las demoras: en Chile, por conflictos con los topes de espectro (ver nota al pie nro. 6 y TDLC, 2020/11/09), en Uruguay por el conflicto con los nuevos entrantes y el precio de reserva, en Argentina-México por los precios de espectro, entre otros. A esto hay que sumarle las demoras en el despliegue, principalmente por la dificultad de migrar usos y liberar las bandas subastadas.

Por último, la efectividad de las obligaciones o compromisos asumidos deberá analizarse a futuro, pero siempre es mejor que sean verificables y controlables por sobre extremadamente ambiciosas. Con sólo incluir obligaciones en los pliegos no es suficiente, hay que verificar su cumplimiento y eso requiere un trabajo de seguimiento significativo. Aquí de nuevo, ANATEL es un ejemplo, al haber montado un sistema de control incluso antes de la subasta (ANATEL,

²⁰ En Argentina el gobierno anunció que espera recaudar USD 1.400 millones con la subasta de 300 MHz en la banda 3.5 GHz, implicando un precio normalizado de 0,51 USD/MHz/Año/100 población.

2021), modelo que quizá sea un desafío para reguladores de otros países con menos herramientas y capacidades.

8. Conclusiones

Chile, Brasil, República Dominicana, Uruguay, Argentina y Colombia son los países en Latinoamérica que asignaron espectro para el despliegue de 5G. México, Costa Rica, una segunda subasta 5G en Chile, entre varios otros que están analizando realizar subastas de espectro 5G en el corto plazo.

Para que el 5G sea una realidad, y sus externalidades positivas para la economía y sociedad se concreten, la asignación de espectro suficiente a precios razonables es fundamental. Las subastas más exitosas han sido aquellas que han podido ofrecer 80-100 MHz continuos a múltiples jugadores de la industria -un total de 300-400 MHz en la banda 3.5 GHz-, mientras bloques más pequeños y menores cantidades totales han llevado a precios mucho más altos, problemas competitivos y probablemente a despliegues más ineficientes.

Será importante hacer un seguimiento de los despliegues de redes, para analizar el impacto de las obligaciones impuestas en la reducción de las brechas sociales. A priori, las subastas más exitosas en materia de obligaciones parecen ser la de Colombia y Brasil, que buscaron que éstas tengan un costo monetario claro y que los fondos de los operadores móviles sean destinados a mejorar la conectividad del país -en lugar de financiar gastos del presupuesto nacional-. Sin embargo, el éxito de estas obligaciones estará en su supervisión por parte de las autoridades regulatorias y su cumplimiento por parte de las empresas del sector. Una posible línea de investigación futura podría analizar cómo se supervisó el cumplimiento de las obligaciones, dado que no es una tarea sencilla y requiere una combinación de incentivos a las empresas, sistemas de control del regulador y sanciones por incumplimiento de no fácil aplicación.

Sin duda, el 5G tendrá un gran impacto positivo en la transformación digital en las economías y habitantes de los países latinoamericanos. Pero para que ello suceda, resulta necesario analizar y comprender en detalle cómo podemos seguir potenciando y fortaleciendo los procedimientos de asignación y la gestión de esta agenda en aquellos países que ya han comenzado con esta labor y, a partir de las lecciones aprendidas, acompañar a aquellos que actualmente empiezan este proceso.

9. Bibliografía

- BRC Ratings (2024). *Fuerte competencia presiona aún más los márgenes del sector de telecomunicaciones en medio de altas tasas de interés y alto gasto de capital*. 18/04/2024. S&P Ratings. ([enlace](#))
- Catalano, A. (2023). *Con la licitación 5G la Argentina cerró un objetivo de gestión, con precios más convenientes y temas para resolver a futuro*. TeleSemana. 27/10/2023. ([enlace](#))
- Cave, M. (2018). *How disruptive is 5G?*. Telecommunications Policy, 42(8), 653-658.
- Cave, M. & Webb W. (2015). *Spectrum Management: Using the Airwaves for Maximum Social and Economic Benefit*. Cambridge University Press; 2015:128-146.
- Coase, R. (1959). *The Federal Communications Commission*. Journal of Law and Economics, 2, October, 1–40.
- Crocioni, P. (2009). *Is allowing trading enough? Making secondary markets in spectrum work*. Telecommunications Policy, 33(8), 451-468.
- Curwen, P., & Whalley, J. (2023). *The 5G C-band auctions across Europe: an assessment*. Digital Policy, Regulation and Governance, 25(2), 120-137.
- Demsetz, H. (1968). *Why Regulate Utilities?* The Journal of Law and Economics, 11(1), 55-65.
- Dykstra, M., & van der Windt, N. (2004). *Beauty contest design*. Auctioning Public Assets Analysis and Alternatives, 85.
- Escobar, J., Epstein, R., Correa, J., Gidi, P., Markovits, J., Epstein, N., ... & Turkieltaub, A. (2023). *The 5G spectrum auction in Chile*. Telecommunications Policy, 102580.
- FCC (2017). *How It Works: The Incentive Auction Explained*, 03/02/2017. ([enlace](#))
- GSMA (2020). *5G Spectrum GSMA Public Policy Position*, 03/2020. ([enlace](#))
- GSMA (2021). *The 5G FWA opportunity: Disrupting the broadband market*. 10/2021. ([enlace](#))
- GSMA (2023). *The Impact of Spectrum Set-Asides on 5G*. June 2023. ([enlace](#))
- Huawei (2020). *5G Spectrum Public Policy Position*. 02/2020. ([enlace](#))
- ITU (2015). *IMT Vision–Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*. Recommendation ITU-R M.2083-0, Series M, 09/2015.

ITU (2017). *Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)*. Report ITU-R M.2410-0, Series M, 11/2017.

ITU (2022). *Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)*. Recommendation ITU-R M.2150-1, Series M, 02/2022.

Katz y Cabello (2019). *El valor de la transformación digital a través de la expansión móvil en América Latina*. New York: Telecom Advisory Services.

Katz, R. (2023). *Brecha de conectividad y necesidades de inversión en Latinoamérica: una perspectiva financiera*. Telecom Advisory Services para ASIET. Enero 2023.

Kuś, A., & Massaro, M. (2022). *Analysing the C-Band spectrum auctions for 5G in Europe: Achieving efficiency and fair decisions in radio spectrum management*. Telecommunications Policy, 46(4), 102286.

Lehr, W. (2020). *Economics of spectrum sharing, valuation, and secondary markets*. Spectrum Sharing: The Next Frontier in Wireless Networks, 361-388.

Lehr, W., Queder, F., & Haucap, J. (2021). *5G: A new future for Mobile Network Operators, or not?*. Telecommunications Policy, 45(3), 102086.

Milgrom, P. R. (2004). *Putting auction theory to work*. Cambridge University Press.

Myers, G. (2023). *Spectrum Auctions: Designing markets to benefit the public, industry and the economy*. London: LSE Press.

Myers, Geoffrey (2023) *Spectrum Auctions: Designing markets to benefit the public, industry and the economy*, London: LSE Press, pp. 137–161. ([enlace](#))

Orteu (2022). *5G (I): contexto, características y usos*. Dynamic Markets Blog, 25/02/2022. ([enlace](#))

Orteu (2023). *¿5G en 2023 para Argentina?: Más dudas que certezas*. Dynamic Markets Blog, 15/02/2023. ([enlace](#))

Orteu, Navarro Cafferata y López Contreras (2023). *5G (II): Inversión, desarrollo y modelo de negocios*. Dynamic Markets Blog, 12/01/2023. ([enlace](#))

Oughton and Frias (2017). *The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain*. Telecommunications Policy, Volume 42, Issue 8, September, 636-652

Prat, A., & Valletti, T. M. (2001). *Spectrum auctions versus beauty contests: Costs and benefits*. *Rivista di Politica Economica*, 91(4/5), 59-110.

Rao, S. K., & Prasad, R. (2018). *Impact of 5G technologies on industry 4.0*. *Wireless personal communications*, 100, 145-159.

World Economic Forum (2020). *The Impact of 5G: Creating New Value across Industries and Society*. En colaboración con PwC, 01/2020. ([enlace](#))

Xavier, P., & Ypsilanti, D. (2006). *Policy issues in spectrum trading*. *info*, 8(2), 34-61.

10. Normativa, fallos judiciales y anuncios oficiales por país (AAAA/MM/DD):

Brasil

ANATEL (2021), “*Painéis de Dados para Acompanhamento e Controle 5G*”. ([enlace](#))

ANATEL (2021/09/27), *Proceso N° 53500.004083/2018-79 “Licitación N° 1/2021-SOR/SPR/CD-ANATEL Radiofrecuencias en las Bandas DE 700 MHZ, 2.3 GHZ, 3.5 GHZ Y 26 GHZ”*. ([enlace](#))

ANATEL (2021/11/09), “*Subasta recaudará R\$ 4,8 mil millones para las arcas públicas*”. ([enlace](#))

ANATEL (2021/11/23), “*Edita 5G Resultados*”, ([enlace](#)).

ANATEL, (2021/11/23) “*Resultados de la subasta de espectro 5G en Brasil*”, Agostinho Linhares, Gerente de espectro, órbita y radiodifusión, ANATEL en el Foro Virtual 5G Américas. ([enlace](#))

Chile

SUBTEL (2020/08/01), “*Concurso Público 5G – banda 26 GHz*”. ([enlace](#))

SUBTEL (2020/08/01), “*Concurso Público 5G – banda 3.5 GHz*”. ([enlace](#))

SUBTEL (2020/08/01), “*Concurso Público 5G – banda AWS*”. ([enlace](#))

SUBTEL (2020/08/01), “*Concurso Público 5G — banda 700 MHz*”. ([enlace](#))

SUBTEL (2020/08/11), “*Informe sobre pertinencia de participación de los actuales concesionarios (incumbentes) en concursos públicos 5G*”. ([enlace](#))

SUBTEL (2020/08/14), “Bases del concurso público para otorgar concesiones de servicios de telecomunicaciones que operen redes inalámbricas de alta velocidad (5G o superior) en las bandas de frecuencias de 3,30-3,40 GHz y 3,60-3,65 GHz”, 14/08/2020 ([enlace](#)).

SUBTEL (2020/11/19), “MTT recibe cinco ofertas por concurso público de redes 5G, la tecnología que mejorará la calidad de vida de los chilenos y aumentará la productividad del país”. ([enlace](#))

SUBTEL (2021/01/15), “Licitación 5G se definirá por desempate en tres de las cuatro bandas”. ([enlace](#))

SUBTEL (2021/02), “Informe Resultado De Los Concursos Públicos 5G (700 MHz – AWS – 3.5 GHz – 26 GHz)”. ([enlace](#))

SUBTEL (2021/02/16), “Licitación 5G recauda USD 453 millones en total para el Estado”. ([enlace](#))

Tribunal de Defensa a la Competencia (2020/11/09), “TDLC da inicio al procedimiento de consulta solicitado por Telefónica Móviles Chile S.A. sobre las Bases de Licitación para los denominados “Concursos Públicos 5G”, en causa Rol NC N° 481-20”. ([enlace](#))

República Dominicana

INDOTEL (2021/02/04), Licitación Pública Internacional Núm. INDOTEL/LPI-001-2021, “Pliego de condiciones generales que regirán la licitación pública internacional para el otorgamiento de concesiones y las licencias vinculadas para la prestación de servicios públicos portador y finales de telefonía y acceso a internet, a través de la explotación de frecuencias radioeléctricas dentro de las bandas de 698-806 MHz y 3300-3600 MHz en todo el territorio nacional”. ([enlace](#))

INDOTEL (2021/03/19), Resolución no. 019-2021, “Enmienda número 1 al pliego de condiciones de la licitación pública internacional INDOTEL/LPI-001-2021”. ([enlace](#))

INDOTEL (2021/06/02), Resolución no. 051-2021 “Enmienda Número 2 al Pliego de Condiciones de la Licitación Pública Internacional Indotel/LPI-001-2021”, ([enlace](#)).

INDOTEL (2021/10/11), “Indotel realiza acto de apertura de las ofertas económicas presentadas para la licitación del despliegue de 5G en el país”. ([enlace](#))

INDOTEL (2023/05/23), “Indotel lanzará nueva licitación para poner a disposición mayor uso de espectro a prestadoras de servicios de telecomunicaciones”. ([enlace](#))

Uruguay

Ministerio de Industria, Energía y Minería & Ministerio de Economía y Finanzas (2022/12/27), Decreto 452/2022 “Autorización del uso de frecuencias radioeléctricas por procedimiento competitivo a efectos de la prestación de servicios de telecomunicaciones móviles”. ([enlace](#))

Ministerio de Industria, Energía y Minería & Ministerio de Economía y Finanzas (2023/03/31), Decreto 112/2023. ([enlace](#))

URSEC (2023/04/05), Resolución N° 054/202 “Convocatoria subasta 5G”. ([enlace](#))

URSEC (2023/04/12), Resolución N° 055/2023 “Modifica plazos convocatoria subasta 5G.” ([enlace](#))

URSEC (2023/05/09), “Informe Final del Procedimiento detallado por etapas”. ([enlace](#))

Argentina

ENACOM (2023). “Anexo 1: Pliego de bases y condiciones generales y particulares para la adjudicación de bandas de frecuencias destinadas a la prestación del Servicio de Telecomunicaciones Fiables e Inteligentes (STeFI)”, Boletín Oficial de la República Argentina, 16/08/2023. ([enlace](#))

ENACOM (2023/08/28). Resolución 1285/2023. Boletín Oficial de la República Argentina. ([enlace](#))

ENACOM (2023/10/24). “El Estado argentino licitó la banda 5G por más de 875 millones de dólares”. ([enlace](#))

SETIC (2019). “Desafíos y Necesidades de Espectro Radioeléctrico en Argentina: Antecedentes, Análisis y Conclusiones Preliminares a partir de la Finalización del Proceso de Consulta Pública”, 07/12/2019. ([enlace](#))

Colombia

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) (2023/10/23). Resolución N° 3947/2023 “Resolución Final de la subasta 2023” ([enlace](#))

MinTIC (2023/11/03). *Resolución N° 4138/2023 “Modifica el cronograma de la Resolución 3947”* ([enlace](#))

MinTIC (2023/11/07). *Resolución N° 4185/2023 “Modifica parcialmente las condiciones de subasta de la Resolución 3947”* ([enlace](#))

MinTIC (2023/11/22). *Informe Preliminar 22112023 “Informe de evaluación de solicitudes de participación”* ([enlace](#))

MinTIC (2023/12/13). *Resolución N° 4806/2023 “Modifica el cronograma y corrige errores sobre el Anexo III de la Resolución 3947”* ([enlace](#))

MinTIC (2023/12/20). *Acta de Resultados “Resultado de la subasta 2023”* ([enlace](#))