

La Industria Satelital Mexicana en la Cuarta Revolución Industrial

J. Enrique Rojas H.
SEPI-UPIICSA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CDMX, México
jrojash1401@alumno.ipn.mx

C. Marina Vicario S.
SEPI-UPIICSA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CDMX, México
cvicario@ipn.mx

Francisco J. Mendieta J.
Departamento de Electrónica y
Telecomunicaciones de la División de Física
Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada
Ensenada, México
mendieta@cicese.mx

Resumen— El presente trabajo aborda un panorama general sobre la actualidad de las comunicaciones satelitales en México en el contexto de la cuarta revolución industrial, así como la manera en que esta transformación ha comenzado a moldear las nuevas generaciones de sistemas de comunicación satelital en el mundo. Se pretende, además, presentar algunas de las alternativas tecnológicas del ramo para generar mayor conciencia en el gremio satelital nacional, con miras a su consideración en la planeación y desarrollo de la nueva generación de sistemas de comunicación satelitales en México en los próximos años.

Lo anterior como una forma de concientizar a los principales actores de la industria satelital mexicana (gobierno e industria) sobre la necesidad de desarrollar una agenda colaborativa orientada al desarrollo de sistemas de comunicación satelitales de nueva generación óptimos para el aprovechamiento de los beneficios de esta nueva revolución industrial.

Palabras clave—cuarta revolución industrial, comunicaciones satelitales, comunicaciones fijas, comunicaciones móviles, industria satelital, innovación, desarrollo, 5G, IOT, México

I. INTRODUCCIÓN

La cuarta revolución industrial (4RI) es toda una realidad, ya sea que se acepte como un fenómeno con características propias o como la continuación del desarrollo de la tercera revolución industrial (3RI). En cualquiera de los casos, se trata de un momento de coyuntura en el desarrollo de la sociedad humana en el cual se encuentran involucrados avances tecnológicos que permiten cosas totalmente inimaginables.

Si bien algunos de las tecnologías características de este fenómeno son más fácilmente reconocidas que otras (inteligencia artificial, computo en la nube, vehículos autónomos, etc.), la realidad es que muchas de ellas son habilitadas por sistemas de comunicación tras bambalinas, ya sea para llevar los recursos al usuario final o para interconectar sus diferentes módulos. Siendo así, las comunicaciones (en todas sus versiones) cobran un rol principal como agentes de cambio de esta revolución industrial.

La llegada inminente de las redes 5G está generando cambios en esquemas para su implementación y adopción, y el entorno de las comunicaciones satelitales no está exento de ello. Es debido a esto que se comienzan a estudiar y evaluar posibles formas de coexistencia entre ambos ramos, de tal modo que los beneficios de estos repercutan tanto en uno sector como en el otro.

II. LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

El concepto de Revolución, tanto en sus acepciones en español como en inglés, hacer referencia cambios de grandes envergaduras. Por un lado, la Real Academia Española define el concepto como “un cambio profundo, generalmente violento, en las estructuras políticas y socioeconómicas de una comunidad nacional” [1] mientras que el Diccionario Oxford hace lo propio como “un gran cambio en condiciones, formas de trabajar, creencias, etc., que afecta a un gran número de personas” [2]. En este sentido, una revolución industrial es todo suceso que, a través de cambios tecnológicos específicos, genera cambios significativos en todos los ámbitos de la sociedad.

El primero de estos grandes cambios experimentados por el ser humano, se estima que ocurriera hace alrededor de 10,000 años cuando el ser humano paso de una vida nómada, basada en la caza y recolección como medio principal de subsistencia, al sedentarismo con economías productoras, a través de la agricultura y ganadería. Si bien se trató del primero de los grandes cambios que experimentaría el hombre con el pasar de los años, no involucró desarrollos tecnológicos sino cambios radicales en la forma de subsistir. Debido a esto, este evento es como la Revolución neolítica [3] y no es considerado como una revolución industrial.

Tuvieron que pasar bastantes años antes de que la sociedad humana experimentara formalmente las revoluciones industriales, las cuales se caracterizan por desencadenarse a partir de evoluciones tecnológicas particulares que desencadenaron muchos de los grandes cambios sociales de sus respectivas épocas.

La primera revolución industrial se dio entre 1760 y 1840 como producto de la invención de la máquina de vapor y el surgimiento de los ferrocarriles. Ambos desarrollos tecnológicos permitieron migrar de medios de producción manuales a medios de producción mecánicos.

Para finales del siglo XIX, y principios del siglo XX, se da la segunda revolución industrial, la cual estuvo marcada por el surgimiento de la electricidad y la línea de ensamble, lo cual hizo posible que surgieran procesos de producción en masa.

Finalmente, la tercera revolución industrial, también llamada revolución digital o computacional, comenzó en 1960 y estuvo marcada por el desarrollo de los semiconductores y las primeras computadoras (mainframe) en 1960, la computadora personal entre 1970 y 1980, así como el surgimiento del internet en 1990 [4].

Si bien algunas personas consideran que la tercera revolución industrial es un evento que continúa desarrollándose actualmente, Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial y quien acuñó el concepto en el libro La Cuarta Revolución Industrial [4], consideró que los cambios observados recientemente eran tan significativos que era pertinente catalogarlos como parte de una nueva revolución industrial, la cuarta de ellas. De este modo, surgió el concepto de cuarta revolución industrial, considerando su inicio el comienzo del siglo y continuando su desarrollo actualmente.

Schwab consideró que esta nueva revolución industrial está caracterizada por la adopción masiva del internet móvil, el desarrollo de sensores más poderosos, pequeños y baratos, así como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático (machine learning). Estas tecnologías se basan principalmente en redes, software y hardware computacional pero aplicadas de un modo mucho más sofisticado e integrado que en el pasado, resultando en grandes transformaciones en la sociedad y la economía global [4].

De este modo, para Schwab, esta cuarta revolución industrial está creando un mundo en el cual convergen sistemas físicos y virtuales de manufactura global.

A pesar de que las tecnologías antes mencionadas se encuentran al centro de la cuarta revolución industrial, Schwab considera que no se trata únicamente de máquinas inteligentes e interconectadas, sino que esta revolución tiene un alcance mucho mayor y que es justamente esta combinación de estas tecnologías en los ambientes físico, digital y biológico que caracteriza a esta revolución entre sus predecesoras.

Si bien esta nueva revolución industrial presenta un mundo de posibilidades para el ser humano, Schwab reconoce dos grandes preocupaciones que podrían limitar el potencial y la realización efectiva de esta cuarta revolución industrial.

Por un lado, considera que los niveles de liderazgo y entendimiento de los cambios que se están presentando actualmente son bajos, y de ahí que los marcos de referencia para la correcta difusión de la innovación, así como la mitigación de los efectos adversos cambio por los gobiernos sean inadecuados o incluso, inexistentes, tanto ambientes nacionales como globales.

Por otro lado, plantea que el mundo carece de una narrativa consistente, positiva y común que esbochen tanto las oportunidades como los desafíos de esta revolución industrial.

Características

Cada una de las revoluciones industriales ha presentado características particulares que las diferencian unas de otras y que al mismo tiempo afectaron a la sociedad de dichos periodos de tiempo de cierta manera. En este sentido, la cuarta revolución industrial posee ciertas características que anticipan un impacto mucho mayor en la sociedad actual. Algunas de estas son:

- Mayor escala y alcance.
- Velocidad de innovación – tanto para el desarrollo como para su difusión.
- Digitalización/automatización – permiten mejores rendimientos de escala.
- Integración/harmonización – entre distintas disciplinas y descubrimientos.
- Desigualdad como un cambio sistémico – tanto para los consumidores como para los productores.

Megatendencias

Schwab identificó, con base en los trabajos del Foro Económico Mundial, las tecnologías que están cobrando (o cobrarán) gran importancia en el desarrollo de esta revolución industrial. Todas estas tendencias utilizan el poder de la digitalización y las tecnologías de la información. El agrupó estas tecnologías en los ámbitos físico, digital y biológico de la siguiente manera:

- **Físico**
 - Vehículos autónomos: incluyendo camiones, drones, aeronaves y barcos.
 - Impresión 3D: migrando de la manufactura sustractiva hacia un nuevo enfoque aditivo al crear objetos imprimiendo capa por capa con base en modelos 3D.
 - Robótica avanzada: mayor adopción de robots en amplios sectores de la industria, desde la agricultura hasta la enfermería. Lo anterior permitiendo una mayor, y más orgánica, colaboración entre humanos y maquinas.
 - Nuevos materiales: uso de nuevas tecnologías que permiten generar materiales más ligeros, resistentes, reciclables y adaptativos.
- **Digital**
 - Internet de las cosas (IoT): dispositivos y plataformas interconectadas que permiten establecer relaciones entre ellos.
 - Blockchain: estructura de datos compartida, programable, segura criptográficamente, sin

controles individuales y con capacidades de monitoreo comunes.

- Plataformas tecnológicas: facilitadoras de la llamada economía bajo demanda (o economía compartida), al emparejar la oferta con la demanda de manera accesible.

- **Biológico**

- Genética secuencial: reducción de costo de la secuenciación genética, así como la activación y edición de genes.
- Biología sintética: personalización de organismos a través de la modificación de su ADN.

Puntos de inflexión tecnológica

Adicionalmente a las mega tendencias tecnológicas identificadas anteriormente, Schwab identificó algunos puntos de inflexión tecnológicos a observar en los próximos diez años, con base en encuestas realizadas por el Foro Económico Mundial a más de 800 ejecutivos y expertos del sector de la tecnología de la información y comunicaciones como parte de la agenda global de su Consejo sobre el Futuro del Software y la Sociedad. Estos cambios tecnológicos cambiarán (o ya están cambiando) el desarrollo del futuro digital e hiperconectado del mundo.

Estos 21 puntos de inflexión proporcionan mayor contexto sobre los cambios que se anticipa que traiga esta cuarta revolución industrial [5].

implantable comercialmente	disponible	
5% de los productos impresos en 3D		81.1%
90% de la población utilizando teléfonos inteligentes		80.7%
90% de la población con acceso regular a internet		78.8%
Automóviles autónomos representando el 10% de todos los autos en las carreteras de EUA		78.2%
El primer trasplante de un hígado impreso en 3D		76.4%
30% de las auditorías corporativas realizadas por IA		75.4%
Recaudación de impuestos vía blockchain por primera vez por un gobierno		73.1%
Más de 50% del tráfico de internet utilizado por dispositivos en hogares		69.9%
Más viajes realizados en esquemas compartidos que autos privados		67.2%
La primera ciudad con más de 50,000 personas sin semáforos		63.7%
10% de los productos domésticos globales almacenados utilizando blockchain		57.9%
La primera junta directiva IA		45.2%

TABLA 1

PUNTOS DE INFLEXIÓN TECNOLÓGICA ESPERADOS A OCURRIR PARA 2025

CONCEPTO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (PARA 2025)
10% de la población utilizará ropa conectada a internet	91.2%
90% de la población tendrá almacenamiento ilimitado y gratuito (soportado por anuncios)	91.0%
1 billón de sensores conectados a internet	89.2%
El primer robot farmacéutico en los EUA	86.5%
10% de los lentes de lectura conectados a internet	85.5%
80% de la población con presencia digital en internet	84.4%
El primer automóvil impreso en 3D en producción	84.1%
El primer gobierno en reemplazar sus censos con fuentes de big data	82.9%
El primer teléfono móvil	81.7%

III. COMUNICACIONES

Uno de los conceptos más representativos tanto de la tercera como de esta cuarta revolución industrial es, sin duda alguna, la comunicación en todas sus manifestaciones. Sin embargo, este concepto ha acompañado al desarrollo de la sociedad humana prácticamente desde su concepción. En términos generales, la comunicación se define como el proceso a través del cual dos o más personas intercambian un mensaje a través de un medio determinado.

Las telecomunicaciones como las conocemos en la actualidad, o comunicación a distancia, fue posible en sus inicios gracias a medios de comunicación como el fuego y el intercambio de mensajes utilizando mensajeros (animales y personas). Sin embargo, la invención de la electricidad, permitió el surgimiento de elementos tecnológicos que incrementaron las capacidades de comunicación existentes hasta entonces.

Es así como desarrollos tecnológicos como el telégrafo (1835), el código Morse (1844), la construcción del primer cable telegráfico transatlántico (1858), el teléfono (1876), el primer servicio telefónico transatlántico (1927), el primer cable telefónico transatlántico (1955), el surgimiento de ARPANET (1971) o surgimiento de Internet (1998), entre muchos otros

[6], han permitido establecer comunicación a distancias cada vez más remota y de manera mucho más confiable.

Todas estas formas de comunicación tienen en común que, en algún punto del proceso de transmisión del mensaje, la información es transformada en pulsos eléctricos que son transmitidos a través del medio (aire, agua, metales, etc.). Las comunicaciones pueden darse entonces de dos formas:

- **Alámbricas:** tanto el dispositivo emisor como el receptor están conectados por cables (comúnmente cobre).
- **Inalámbricas:** el emisor y el receptor se encuentran conectados sin cables de por medio. Este tipo de comunicación utiliza las ondas electromagnéticas, conocidas como espectro (u ondas) radioeléctrico al realizarse la transmisión a través de medios no guiados [7]. Es en esta categoría en donde se encuentran gran parte de las comunicaciones más utilizadas en la actualidad. Algunas de ellas son:
 - Comunicación por radio.
 - Comunicación celular (o móvil) terrestre.
 - Comunicación satelital.

Si bien en la actualidad los sistemas de comunicación más comunes son sistemas híbridos (cierta parte de ellos es inalámbrico y cierta parte de ellos es alámbrico), desde la perspectiva del usuario final, la tendencia ha favorecido a las comunicaciones móviles (inalámbricas) por sobre las fijas (alámbricas). Tan solo para 2019, en los Estados Unidos de América, solo un 39.7% de los hogares contaban con teléfono fijo, mientras que un 59.2% de ellos contaba únicamente con teléfono móvil/celular [8]. Lo anterior derivado sobre todo de la mayor flexibilidad y creciente capacidad ofrecida por los sistemas móviles actuales.

Siendo así, no es de sorprender que las tendencias tecnológicas actuales apunten al uso más difundido de medios de comunicación inalámbricos como lo son la telefonía móvil/celular sí, pero también la comunicación satelital. Ambas tecnologías separadas en muchos sentidos (modos/tiempos de implementación, costos, casos de uso, etc.) pero que comienzan a converger con los avances tecnológicos recientes.

Comunicaciones Satelitales

En términos generales, las comunicaciones satelitales son muy semejantes a las comunicaciones móviles/celulares terrestres en el sentido de que la información es transmitida a través de ondas radioeléctricas. La gran diferencia entre ambos tipos de comunicación radica en que las comunicaciones satelitales utilizan satélites en órbita para establecer la cobertura (área de servicio) mientras que los sistemas terrestres utilizan radio bases (torres) instaladas en el territorio donde desean prestar servicios.

Recursos

Un aspecto que caracteriza a las comunicaciones satelitales es que requieren dos tipos de recursos limitados para el establecimiento de la comunicación. Estos son:

- **Recursos orbitales:** posiciones específicas en la órbita terrestre para despliegue de satélites para su explotación. Estas posiciones son 1800 espacios disponibles en la órbita geoestacionaria (35,786km sobre el ecuador) de la Tierra. A pesar de que existen otras órbitas espaciales, esta órbita es utilizada mayormente por satélites de telecomunicaciones gracias a que la velocidad con la que orbitan la Tierra permite que estos aparezcan en una posición fija en el cielo [9]
- **Recursos radioeléctricos:** segmentos del espectro radioeléctrico dedicados para su uso en comunicaciones satelitales (en posiciones orbitales específicas). Dado que son muchas las bandas de frecuencias en el espectro radioeléctrico, así como diversas sus aplicaciones, se ha desarrollado una nomenclatura para referirse a ellas de manera sencilla, estas son [10]:

TABLA II ESPECTRO RADIOELÉCTRICO – BANDAS SATELITALES

Nombre	Segmento		Servicio
	Inicio	Fin	
VLF	3 KHz	30 KHz	Señales de navegación marítimas
LF	30 KHz	300 KHz	Apoyo a la navegación
MF	300 KHz	3 MHz	Radio marítimo AM
HF	3 MHz	30 MHz	Radio de onda corta, radiotelefonía
VHF	30 MHz	300 MHz	TV VHF, radio FM, apoyo a la navegación
UHF	300 MHz	3 GHz	TV UHF, telefonía celular, GPS
SHF	L	1 GHz	Comunicación satelital, comunicación por microondas
	S	2 GHz	
	C	4 GHz	
	X	8 GHz	
	Ku	12 GHz [12.5 GHz]	
		18 GHz	

	K	18 GHz	26 GHz [25.5 GHz]	
	Ka	26 GHz [26.5 GHz]	40 GHz	
EHF		30 GHz	300 GHz	Radio astronomía, radar
* Frecuencias entre corchetes para América del Norte.				

Tipos

Los sistemas de comunicación satelital pueden ser de dos tipos, con características y aplicaciones específicas. Estos son:

- **De servicios fijos (FSS – Fixed Satellite Services):** se refiere a aquellos servicios de radiocomunicación en los cuales tanto el emisor como el receptor se encuentran estacionarios (ubicaciones fijas) y se utilizan uno o más satélites [11]
- **De servicios móviles (MSS – Mobile Satellite Services):** son todos los servicios de radiocomunicación (incluyendo Servicios Satelitales Móviles Terrestres, Servicios Satelitales Móviles Aeronáuticos, Servicios Satelitales Móviles Marítimos) que se da entre estaciones móviles terrestres y una o más estaciones espaciales, o entre estaciones espaciales utilizando este servicio; o entre estaciones móviles terrestres por medio de una o más estaciones espaciales [12].

Mercado

De acuerdo con reporte de análisis del mercado satelital de Grand View Research [13], el mercado satelital estuvo valuado en \$62.19 mil millones de dólares estadounidenses en el 2019 y se espera que crezca con una tasa del 9.2% (de crecimiento anual compuesto) entre 2020 y 2027 para alcanzar una valoración de \$62.63 mil millones de dólares.

Para ponerlo en perspectiva, el mercado de telecomunicaciones (terrestres) estuvo valuado en \$1.74 billones de dólares en el 2019 y se espera que crezca con una tasa del 5.0% (de crecimiento anual compuesto) para alcanzar los \$2.53 billones de dólares para el 2027 [14]. Por otro lado, se espera que el mercado de la industria automotriz crezca con una tasa del 4.8% (de crecimiento anual compuesto) para pasar de los \$20.321 millones de dólares en 2020 a los \$25.719 millones de dólares en 2025 [15].

Si bien, como se puede apreciar, el mercado satelital está todavía bastante lejos del mercado de telecomunicaciones terrestres, es muy superior al mercado automotriz (por mencionar algún otro mercado tecnológico). Sin embargo, la tasa de crecimiento esperada para el mercado satelital se encuentra cercana a ser el doble que la de los mercados mencionados anteriormente.

Además de lo anterior, el hecho de que EUA, el principal socio comercial de nuestro país [16], haya dominado el mercado con un 32% de participación en el 2019 [13] y que

cuenta con algunas de las principales compañías del mercado (como Viasat, Intelsat, Telesat, EchoStar, The Boeing Company, entre otros) [13] hacen de este, uno de los mercados más atractivos para invertir en los próximos años.

El mercado de las comunicaciones satelitales cuenta con diversas aplicaciones y dependiendo del criterio de clasificación que se utilice, se puede observar el comportamiento de unas u otras. Por ejemplo, el mismo reporte de Grand View Research identificó que para 2019, las aplicaciones con mayor participación de mercado fueron medios, gobierno y seguridad pública, aeroespacial y defensa, y aplicaciones marítimas [13]. Por otro lado, el reporte de análisis del mercado de comunicaciones satelitales de Fortune Business Insight las clasificó como aplicaciones aeronáuticas, marítimas, portable y terrestre, siendo este último grupo el cual dominó el mercado en el 2018 con el 42.86% [17].

IV. INDUSTRIA SATELITAL EN MÉXICO

Si bien en el ámbito internacional es la Unión Internacional de Telecomunicaciones, “agencia especializada de la ONU en materia tecnologías de la comunicación y la información”, la encargada de coordinar los servicios y recursos satelitales (espectro y posiciones orbitales), establecer estándares y revisar estándares para los diversos sistemas de comunicación, así como fomentar el desarrollo de las TIC en mercados emergentes [18], en México, son tres los organismos involucrados directamente en los temas relacionados con telecomunicaciones en general y satelitales en particular.

Por un lado, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la rama del gobierno encargada de atender y gestionar los recursos de comunicaciones y transporte del país [19].

Por otro lado, el Instituto Federal de Comunicaciones es un órgano autónomo encargado de “regular, promover y supervisar el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, las redes y la prestación de los servicios de telecomunicaciones y la radiodifusión en México” [20].

Finalmente, Telecomunicaciones de México ofrece “servicios integrales de telecomunicación, telegráficos y financieros básicos para la población, dependencias gubernamentales y empresas de todo el país facilitando la inclusión social a través de sucursales telegráficas y una red moderna de telecomunicaciones con cobertura satelital, fibra óptica e informática” [21]. Particularmente con relación al ámbito satelital, Telecom es el operador del Sistema Satelital Mexicano, sistema a través del cual se explotan tanto los recursos radioeléctricos como orbitales del país actualmente.

Política pública para el sector satelital

En este sentido, en mayo de 2018, el gobierno de México publicó un acuerdo para establecer su política en materia satelital al reconocer la tendencia de crecimiento positiva del sector y el potencial existente para contribuir al desarrollo nacional [22]. Lo anterior con base en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (particularmente su artículo 28), así como la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. A través de esta Ley, el Estado Mexicano, faculta a la SCT para “Establecer las políticas que promuevan

la disponibilidad de capacidad y servicios satelitales suficientes para las redes de seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades, objetivos y fines del Gobierno Federal..., Administrar y vigilar el uso eficiente de la capacidad satelital propia, ya sea concesionada o adquirida o aquella establecida como reserva del Estado..., y Procurar la continuidad de los servicios satelitales que proporciona el Estado, bajo políticas de largo plazo”, mientras que otorga al IFT "la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación [...] de los recursos orbitales" [20].

De este modo, esta política (desarrollada en colaboración con los principales actores del sector satelital en México) considera los siguientes cinco ejes para el desarrollo y continuidad de las capacidades y servicios satelitales en el país:

- Tecnologías y servicios satelitales para la inclusión social.
- Tecnologías y servicios satelitales para el desarrollo económico.
- Tecnologías y servicios satelitales para la seguridad nacional.
- Tecnologías y servicios satelitales para el desarrollo tecnológico y de conocimiento.
- Tecnologías y servicios satelitales para la cooperación internacional.

Uso de los recursos

En México estos recursos satelitales se clasifican como planificados y no planificados, la diferencia siendo que estos últimos no se encuentran alineados con las regulaciones de la UIT pero que siguen los lineamientos del Reglamento de Radiocomunicaciones para evitar interferencias con otras posiciones. Siendo así, los recursos orbitales en México (al 15 de mayo de 2018) se muestran en la siguiente tabla [23]:

USO DE RECURSOS SATELITALES EN MÉXICO

Tipo	Posición orbital	Banda	Servicio	Carácter	Usuario
Planificados	69.2 ° O	-	Radiodifusión	NAL	Disponible
	77 ° O	Ku	Radiodifusión	NAL	Quetsat
	116.8 ° O	-	Servicios Fijos	NAL	Disponible
	127 ° O	-	Radiodifusión	NAL	Disponible
	136 ° O	-	Radiodifusión	NAL	Disponible
	113 ° O	C, Ku	Servicios Fijos	NAL	Telecomm
No Planificados	113 ° O	C, Ku	Servicios Fijos	REG	Eutelsat Américas
		Ku, L	Servicios Móviles	REG	Telecomm
	114.9 °	C, Ku	Servicios	REG	Telecomm

	O	C, Ku	Fijos		Eutelsat Américas
	116.8 ° O	C, Ku	Servicios Fijos	REG	Eutelsat Américas

Espectro radioeléctrico y posiciones orbitales como recursos estratégicos

Como se puede apreciar, la naturaleza limitada tanto del espectro radioeléctrico (sobre todo en las bandas SHF), así como las posiciones disponibles en la órbita geoestacionaria convierten a ambos en recursos estratégicos y de ahí que los gobiernos tengan la obligación de no solo aprovecharlo sino también de salvaguardarlos para su aprovechamiento futuro en beneficio de su sociedad. En este sentido, una de las principales responsabilidades del gobierno mexicano, con relación a las comunicaciones satelitales, es asegurarse de realizar todas las gestiones necesarias ante la UIT para garantizar que estos recursos sigan siendo explotados en beneficio de la sociedad mexicana.

Para lograr lo anterior, es necesario que tanto las posiciones orbitales asignadas a nuestro país como el espectro radioeléctrico asociado a ellas continúe siendo utilizado, es decir, México necesita mantener sistemas satelitales operativos en dichas posiciones orbitales y bandas de frecuencias, lo que a su vez se traduce en una necesidad periódica (usualmente entre 15 y 20 años, según la vida útil del satélite en cuestión) de realizar proyectos de actualización para dichos sistemas satelitales.

Si bien hasta el momento este tipo de esfuerzos se han enfocado en desarrollo de sistemas satelitales tradicionales (incorporando sus respectivas mejoras tecnológicas), ya sea FSS o MSS, es importante reconocer y atender la realidad del mundo interconectado en el que estamos sumergidos como parte de esta cuarta revolución industrial, que obliga a todos sus actores a evaluar opciones más diversas gracias a los grandes avances traídos por esta nueva revolución industrial.

Hacia un esquema holístico

De esta manera, es de vital importancia considerar a las comunicaciones satelitales como una parte más de una estructura que debe facilitar la adopción de todas esas nuevas tecnologías (internet de las cosas, 5G, inteligencia artificial, etc.) que están generando los grandes cambios de esta revolución.

Para lograr lo anterior es necesario pasar de esquemas aislados de comunicación hacia nuevos esquemas que permitan una mayor integración entre sistemas y que ello facilite el desarrollo de aplicaciones y nuevos (y más diversos) casos de uso.

Si bien se puede considerar que el sistema satelital mexicano actual (MEXSAT) se encuentra en un punto intermedio (al estar basado, su segmento MSS, en el estándar GMR1-3G que le permite compartir muchos de los servicios de las redes terrestres 2G y 3G, así como la posibilidad de interconexión con otras redes (Telecomunicaciones de México, 2021)), es importante desarrollar esquemas que permitan la explotación de los recursos satelitales (posiciones orbitales y

espectro radioeléctrico) de maneras más diversas, sobre todo considerando el advenimiento de las redes 5G y todos sus beneficios.

Debido a esto, es imperativo el análisis de alternativas de desarrollo satelital que permitan aprovechar dichos beneficios en lugar de restringirlos. En este sentido, no son pocos los trabajos que ya han comenzado a explorar opciones de coexistencia entre sistemas satelitales y sistemas terrestres 5G, tal es el caso de Xingqin Lin en 5G New Radio Evolution Meets Satellite Communications: Opportunities, Challenges, and Solutions [24], Boris Tiomela Jou en Architecture options for satellite integration into 5G networks [25] o Alessandro Guidotti en Architectures and Key Technical Challenges for 5G Systems Incorporating Satellites [26], todos ellos (y sin duda alguna, otros más) describen los desafíos y áreas de oportunidad para integrar los sistemas satelitales de manera efectiva al ecosistema 5G.

De manera semejante, es importante considerar esquemas satelitales más allá de las órbitas geoestacionarias y geosíncronas, como las constelaciones de satélites de órbitas media y baja. Actualmente existen también numerosos trabajos sobre los beneficios del uso de satélites de órbita baja, su integración al ecosistema 5G y su aplicación particularmente orientada hacia el internet de las cosas. Trabajos como Integration of Satellites in 5G through LEO Constellations por Oltjon Kodheli [27], LEO Satellite Constellation for Internet of Things por Zhicheng Qu [28] o Modern Small Satellites – Changing the Economics of Space por Martin Sweeting [29] han comenzado ya a sentar las bases sobre las consideraciones que se deben tomar en cuenta tanto para el desarrollo como para la adopción de estos tipos de satélites en los sistemas de comunicación de nueva generación.

Por otro lado, constelaciones de satélites de órbita baja comerciales como Starlink de SpaceX, Telesat LEO o Kuiper de Amazon, todas ellas con un desarrollo considerable en las mismas [30], presentan una oportunidad concreta para su incorporación relativamente inmediata, bastando desarrollar los planes de negocio correspondientes para lograr un balance redituable entre inversión y beneficio obtenido.

V. CONCLUSIONES

Tal como lo mencionó Schwab esta cuarta revolución industrial presenta desafíos que pueden resultar intimidantes, pero también ofrece oportunidades bastante convincentes, si se tiene el coraje para trabajar duro hacia el aprovechamiento de todos sus beneficios.

Se coincide totalmente con su postura sobre que el primer paso para lograr lo anterior es incrementar la conciencia y el entendimiento sobre las herramientas, desafíos y oportunidades presentes a través de esta revolución.

Debido a que las comunicaciones en general y las comunicaciones satelitales en lo particular, han cobrado un papel protagónico durante el desarrollo de esta revolución industrial (y a que se espera que continuará ganando mayor prominencia), es imperativo que todos los actores que busquen aprovechar los beneficios traídos por esta 4RI, incluyan en sus esfuerzos la planeación y desarrollo de sistemas de

comunicación que permitan dicho aprovechamiento, en lugar de limitarlo.

Se espera entonces que el presente trabajo sea una convocatoria e invitación para que todos los sectores nacionales involucrados se orienten hacia una política que favorezca el desarrollo de nuevos sistemas de comunicación satelital que no solo hagan uso eficiente de los recursos para la prestación de sus servicios, sino que lo hagan de una manera coordinada con otros sistemas de comunicación (redes 5G principalmente) que permita generar sinergia entre ellos y así lograr una mejor explotación de los beneficios de esta cuarta revolución industrial, todo esto mediante una nueva agenda colaborativa armonizada.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte de los trabajos asociados al proyecto de investigación “ENCUENTRO DE LÍDERES Y PIONEROS DE LA INDUSTRIA SATELITAL MEXICANA” vinculado al convenio de colaboración UPIICSA-AIM por lo que se agradece a la Comisión de Especialidad de Comunicaciones y Electrónica (CEICE) de la Academia de Ingeniería México por los apoyos brindados para su realización. Los autores del presente trabajo agradecen así mismo al Instituto Politécnico Nacional (IPN), a quien damos crédito, por el apoyo brindado a través del proyecto SIP-20211597.

REFERENCIAS

- [1] Real Academia Española. (2021). Revolución. Obtenido de <https://dle.rae.es/revoluci%C3%B3n>
- [2] Oxford University Press. (2021). Revolution. Obtenido de https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/american_english/revolution#:~:text=revolution-.noun,brink%20of%20revolution%20Topic%20Collocations.
- [3] Weisdorf, J. L. (17 de 08 de 2005). From Foraging To Farming: Explaining The Neolithic Revolution. Journal of Economic Surveys. doi:<https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2005.00259.x>
- [4] Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Cologne/Geneva: World Economic Forum.
- [5] World Economic Forum. (2015). Deep Shift Technology Tipping Points. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- [6] Telecommunications History Group. (2021). Telecom History Timeline. Obtenido de <https://www.telcomhistory.org/resources/telecom-history-timeline/>
- [7] Luque Ordóñez, J. (2017). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. ACTA - Autores Científicos-Técnicos y Académicos, 2. Obtenido de https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- [8] Richter, F. (2021). Landline Phones Are a Dying Breed. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/chart/2072/landline-phones-in-the-united-states/>
- [9] de Gouyon Matignon, L. (2019). Orbital Slots and Space Congestion. Space Legal Issues. Obtenido de <https://www.spacelegalissues.com/orbital-slots-and-space-congestion/>
- [10] The European Space Agency. (2021). Satellite frequency bands. Obtenido de https://www.esa.int/Applications/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands

- [11] Pelton, J. N. (2013). Fixed Satellite Services. En J. N. Pelton, S. Mandry, & C.-L. Sergio, Handbook of Satellite Applications (pág. 125). New York: Springer New York.
- [12] Pelton, J. N. (2013). Mobile Satellite Services. En J. N. Pelton, S. Mandry, & S. Camacho-Lara, Handbook of Satellite Applications (pág. 129). New York: Springer New York.
- [13] Grand View Research. (2020). Satellite Communication Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Equipment, Services), By Application (Broadcasting, Data Communication), By End-use Industry, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027. GVR. Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/satellite-communication-market>
- [14] Grand View Research. (2020). Telecom Services Market Size, Share & Trends Analysis Report By Service Type (Basic Communication, Value-added), By Transmission, By Product, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027. Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-telecom-services-market>
- [15] Reportlinker. (2020). Automotive Motors Market by Motor Type, Vehicle, Function, EV, EV Motor And Region - Global Forecast to 2025. Obtenido de https://www.reportlinker.com/p05043161/Automotive-Motors-Market-by-Product-Vehicle-Application-EV-Traction-Motor-by-EV-and-Region-Global-Forecast-to.html?utm_source=PRN
- [16] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (17 de 07 de 2017). México y sus principales socios comerciales. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoce-los-10-primeros-socios-comerciales-de-mexico>
- [17] Fortune Business Insights. (2020). Satellite Communication (SATCOM) Market Size, Share & Industry Analysis. Obtenido de <https://www.fortunebusinessinsights.com/satellite-communication-satcom-market-102679>
- [18] ITU. (2012). What does ITU do? Obtenido de ITU: <https://www.itu.int/en/about/Pages/whatwedo.aspx>
- [19] Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2021). ¿Qué hacemos? Obtenido de <https://www.gob.mx/sct/que-hacemos>
- [20] Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2021). Objetivos Institucionales. Obtenido de <http://www.ift.org.mx/conocenos/objetivosinstitucionales>
- [21] Telecomunicaciones de México. (2021). Quiénes Somos. Obtenido de <https://www.gob.mx/telecomm/acciones-y-programas/quienes-somos-94994>
- [22] Secretaría de Gobernación. (15 de 05 de 2018). Acuerdo que establece la política en materia satelital del Gobierno Federal. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5522574&fecha=15/05/2018
- [23] Elaboración propia con información de (Secretaría de Gobernación, 2018) [22], Eutelsat. (2021). COBERTURA EN AMÉRICA. Obtenido de <https://www.eutelsatamericas.com/es/nuestra-flota.html>, Telecomunicaciones de México. (2021). Mexsat. Obtenido de <https://www.gob.mx/telecomm/acciones-y-programas/mexsat>, Telecomunicaciones de México. (2021). MEXSAT Sistema Satelital Mexicano. Obtenido de <https://www.telecomm.gob.mx/redmexsat/en/>
- [24] Xingqin Lin, B. H.-L. (2019). 5G New Radio Evolution Meets Satellite Communications: Opportunities, Challenges, and Solutions. Arxiv.org. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/1903.11219v1>
- [25] Jou, B. T. (2018). Architecture options for satellite integration into 5G networks. 2018 European Conference on Networks and Communications (EuCNC). doi:10.1109/EuCNC.2018.8442436
- [26] Guidotti, A. (Marzo de 2019). Architectures and Key Technical Challenges for 5G Systems Incorporating Satellites. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 68(3), 2624-2639. doi:10.1109/TVT.2019.2895263.
- [27] Kodheli, O., & Guidotti, A. (2017). Integration of Satellites in 5G through LEO Constellations. GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference, 1-6. doi:oi: 10.1109/GLOCOM.2017.8255103
- [28] Qu, Z., Zhang, G., & Xie, J. (2017). LEO Satellite Constellation for Internet of Things. IEEE Access, 18391-18401. doi:10.1109/ACCESS.2017.2735988.
- [29] Sweeting, M. (2018). Modern Small Satellites - Changing the Economics of Space. Proceedings of the IEEE, 343-361. Obtenido de <http://epubs.surrey.ac.uk/845853/1/Modern%20Small%20Satellites%20-%20Changing%20the%20Economics%20of%20Space.pdf>
- [30] Daehnick, C., Klinghoffer, I., Maritz, B., & Wiseman, B. (04 de 05 de 2020). Large LEO satellite constellations: Will it be different this time? Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/large-leo-satellite-constellations-will-it-be-different-this-time>