

**LOS NANOSATÉLITES DE ÓRBITAS BAJAS EN LA NUEVA ERA ESPACIAL.
UN NUEVO SISTEMA PARA LAS TELECOMUNICACIONES**

JUAN GUILLERMO ZUÑIGA HOLGUIN

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de profesional
en Derecho**

Director:

Doctor ALFREDO REY CORDOBA

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI
FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS JURÍDICAS Y POLÍTICA
CARRERA DE DERECHO
SANTIAGO DE CALI
2021**

***Un agradecimiento muy especial a mi familia y al Doctor Alfredo Rey
Córdoba por la confianza, el conocimiento y la disposición para
apoyar y sacar adelante este proyecto.***

El estudio de los Nanosatélites se llevará a cabo teniendo en cuenta diferentes factores basados en referencias científicas y educativas que se encuentran en la actualidad, teniendo en cuenta la historia, los usos prácticos y contexto en el que se desarrolla.

- Small satellites and CubeSats: survey of structures, architectures, and protocols es un artículo que trata la historia de los Nanosatélites desde sus inicios, narrando como fue su introducción, desarrollo y posterior uso en el mercado actual. Se enfoca en demostrar cuales son los usos, diferencias con otros satélites, demuestra cual es la estructura física y componentes de hardware, así como la topología de red, hace una demostración de los problemas de antenas y propagación, cuáles son los protocolos de comunicación y finalmente los futuros retos de los nanosatélites.
- LEO Satellite Constellation for Internet of Things es un artículo que trata sobre la utilización de los satélites para la conexión con sensores IoT, orientado en el diseño de constelaciones y conexiones entre satélites, teniendo en cuenta la compatibilidad de los sistemas IoT terrenales y la mitigación de interferencias mediante mecanismos de ajuste de los parámetros radio en función del entorno (Cognitive Radio y Spectrum Sensing).
- Saturación de la órbita de los satélites geoestacionarios y limitación del recurso orbita espectro es un trabajo académico en el cual se describen las orbitas de los satélites, se describe el recurso de orbita espectro y la saturación de la órbita geoestacionaria y cuál es la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas.

- Mobile Internet from the Heavens es un artículo que se enfoca en el aumento masivo de transmitir datos de manera inalámbrica debido al aumento de la conectividad móvil, en este se expone una posible solución mediante constelación de microsátélites basado en el reparto del espectro de la banda X (8 – 12 GHz) y bandas superiores, teniendo también en cuenta el tipo de constelación, su arquitectura de radio y capacidad del canal.
- Evolución de las comunicaciones por satélite de la ITU es un artículo el cual desarrolla las perspectivas que se tiene sobre las comunicaciones por satélite, en el cual se ve el desarrollo y desafío que tiene la próxima generación de satélites geoestacionarios y no geoestacionarios y como se podría modificar la órbita espectro. Además de destacar como se va alineado a los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.
- Estudio y diseño de constelaciones de nanosatélites en el marco de las comunicaciones IoT es un trabajo académico que se centra en el estudio del grupo de satélites para dar cobertura de datos al creciente número de sensores que se conectan a internet. Teniendo en cuenta las orbitas bajas y como estos representa una solución para la transmisión y recepción de datos en áreas remotas.

Dentro del estudio se tendrán en cuantos proyectos de nanosatélites que han sido puestos en marcha como la red Starlink de Sapace X y la red OneWeb. Los cuales pretenden crear constelaciones de nanosatélites para prestar servicios de telecomunicaciones y observación de la tierra.

Contenido

Introducción.....	7
Metodología.....	9
El Derecho del Espacio Ultraterrestre	10
Orígenes y desarrollo de los nanosatélites o CubeSat.....	14
Estructura física y componentes de hardware de los CubeSat	19
Tiempo de desarrollo de un satélite convencional y un nanosatélite.....	27
Las órbitas y órbitas donde interactúan los satélites	28
Problemática que surgió en la Órbita de los Satélites Geoestacionarios	32
Importancia de las órbitas bajas y nanosatélites en la nueva era del Derecho Espacial en el marco de las Telecomunicaciones	40
Análisis económico de la órbita de los satélites geoestacionarios vs las órbitas LEO de los Nanosatélites	46
Cómo se utiliza el espectro frente a los Nanosatélites	48
Marco regulador del espectro en Colombia y a nivel Internacional	54
Teoría de la necesidad.....	55
El concepto de los Servicios Públicos	59
Situación de Colombia frente a las telecomunicaciones por satélite	64
Datos recientes del presupuesto de Colombia para los servicios satelitales	71
La incidencia de los satélites en la promoción de los derechos fundamentales....	72

Por qué Colombia debería centrar su atención en las tecnologías Satelitales.	74
Aspectos importantes para considerar dentro del análisis de los Nanosatélites y los satélites de orbitas Geoestacionarias.....	81
Conclusiones.....	86
Referencias	91

Introducción

Desde la guerra fría que es la fecha donde se data el comienzo de la era Espacial hasta comienzos del siglo XXI, se han hecho grandes avances en esta materia, lo que inicio como una carrera por conquista del espacio de grandes potencias, ha evolucionado para convertirse en un mercado donde todos los países quieren y tienen la posibilidad de ser partícipes gracias al trabajo que las empresas, universidades y países que trabajan en el sector desarrollan tecnología que está permitiendo que sea más asequible para todos.

Estamos observando que actualmente el número de lanzamientos de satélites está en aumento y no como sucedía en otras épocas, en la que los principales lanzamientos se enfocaban en la tradicional órbita geoestacionaria GEO, y en los satélites de orbitas medias MEO, sino que se están enfocando en las orbitas bajas LEO, este intereses tiene sus inicios desde finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI donde se inició el desarrollo de satélites muchos más pequeños, compactos y versátiles que son capaces de conectarse entre sí, creando constelaciones y enjambres que generan redes inteligentes de comunicación con capacidad de albergar gran variedad de tecnologías que anteriormente solo se ponían en grandes satélites que salían costosos desde su fabricación, lanzamiento y mantenimiento.

Estos son los comúnmente llamados Nanosatélites o CubeSat, satélites pequeños que interactúan en orbitas bajas con objetivos diferentes, los cuales van desde telecomunicaciones, observación de la tierra y recursos naturales, observación

meteorológica, prevención de desastres, monitoreo de recursos naturales, observación espacial, astronomía, biología, ciencias atmosféricas y más.

Teniendo en cuenta el avance de esta tecnología, se plantea como objetivo general exponer que son los Nanosatélites y la necesidad de crear un programa espacial satelital para atender las necesidades de telecomunicación en Colombia disminuyendo la brecha digital, aportando herramientas para la correcta prestación de servicios públicos y atención de los derechos fundamentales. Para cumplir con lo propuesto se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Realizar Análisis teórico de los Nanosatélites y las orbitas donde estos interactúan como medio para prestar servicios de telecomunicaciones.
- Analizar la problemática que surge en la órbita de los satélites geoestacionarios y porque se buscan otras alternativas.
- Desarrollar un Análisis del marco jurídico internacional del derecho espacial.
- Demostrar la importancia y alcance de los Nanosatélites.
- Argumentar por qué se deben tener en cuenta los satélites dentro de las políticas de Colombia.

El siguiente trabajo de grado se justifica por la necesidad que tiene los países de progreso y desarrollo económico para atender las necesidades sociales que van en aumento en el marco de las tecnologías de la información y que tienen incidencia para el correcto desarrollo y prestación de los derechos fundamentales.

El planteamiento nos da un marco para entender por qué Colombia debe reactivar su política espacial y centrar su atención en sistemas satelitales para llegar al

espacio, ya que, como veremos más adelante, Colombia no ha atendido el llamado de urgencia para desplegar un programa espacial que atienda las necesidades de comunicación que tiene el país en zonas apartadas y de difícil acceso.

El trabajo comienza con la exposición de los conceptos básicos generales del derecho del espacio ultraterrestre, posteriormente se describen las generalidades de los Nanosatélites y cómo se llegó a su desarrollo tecnológico, se realiza un análisis comparativo entre los satélites geoestacionarios y los nanosatélites, se demuestran las ventajas de los nanosatélites, luego se hace un acercamiento al marco regulador, pasando por las problemáticas de Colombia en las telecomunicaciones, para posteriormente llegar al por qué Colombia debería centrar su atención en reactivar su programa espacial..

Metodología

El siguiente trabajo de grado tendrá un carácter jurídico y técnico que permita el correcto desarrollo del planteamiento para llevar a cabo la investigación. El carácter jurídico será abordado mediante la hermenéutica, campo desarrollado por Heidegger, que aborda las cuestiones desde el punto de vista de la interpretación y comprensión de los fenómenos jurídicos, reconociendo que no hay una sola metodología para acceder al conocimiento. Es así como se tiene en cuenta la comprensión, historicidad e interpretación para buscar antecedentes que nos permitan llegar al desarrollo del objeto propuesto.

Este método nos da la posibilidad de estudiar el objeto del derecho espacial y los nanosatélites, abordándolo desde el estudio del fenómeno en sí, es decir, el por qué se debe abordar el problema de las telecomunicaciones mediante la alternativa que representan los nanosatélites, permitiendo desarrollar el alcance que pueden tener los nanosatélites dentro del campo de las telecomunicaciones y su incidencia en los derechos fundamentales, y por último, permite conectar el contexto histórico y social de por qué se llega a esta alternativa.

El carácter técnico se atiende con el método descriptivo porque atiende a la naturaleza del derecho espacial, teniendo en cuenta cómo se desarrollan los fundamentos normativos de la materia, los fundamentos técnicos y la incidencia que tiene la tecnología para atender los derechos fundamentales en el contexto social e histórico.

El Derecho del Espacio Ultraterrestre

El derecho del espacio ultraterrestre es el encargado de regular internacionalmente el espacio para su utilización por parte de todos los países, teniendo como objetivo propender por el uso pacífico de este. Dentro de sus características se encuentra que es un derecho regido por los principios del soft-law, es decir que se basa en el consenso, la confianza y la cooperación como pilares fundamentales, que se ve materializado a través de tratados y convenios. Para lograrlo, a través de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) se estableció la UIT (Unión Internacional de

Telecomunicaciones) entidad facultada para reglamentar las telecomunicaciones por satélite. Este organismo cuenta con su propia constitución, la cual tiene unos principios rectores del Derecho del espacio ultraterrestre, los cuales quedan consignados en la conferencia de plenipotenciarios de Ginebra de 1992, y se han ido actualizando con enmiendas a través de los años. Se debe advertir que dentro del espacio ultraterrestre son los Estados los sujetos que actúan ante los organismos internacionales y no las personas naturales. Advertencia que cabe resaltar por el aumento de los privados que están interactuando en este campo, pues el Estado es que les facilita esta interacción a través de delegados.

Al principio, el Derecho Espacial se consideró una cuestión accesoria en los manuales de Derecho internacional público. Pero allí donde está el hombre está el Derecho, y el acelerado avance de la exploración espacial hizo necesario el diseño de todo un sistema jurídico aplicable fuera de la Tierra. Hoy en día el Derecho del Espacio Ultraterrestre constituye una disciplina independiente, que puede trazar sus orígenes a la Carta de Naciones Unidas y a distintas resoluciones de la Asamblea General de dicho sistema. (Rivas, 2014, p.42)

Históricamente, la primera vez que la ONU se refirió a la utilización pacífica del espacio ultraterrestre, fue mediante la Resolución 1348 adoptada por la Asamblea General el 13 de diciembre de 1958” (González, 2007, p.2). Debido al anhelo de evitar que las rivalidades nacionales de la época se extendieran a este nuevo campo, y reconociendo la gran importancia de la cooperación internacional para el estudio y aprovechamiento del espacio, la Resolución 1348 dio origen a la Oficina de Naciones Unidas para

Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA por sus siglas en inglés). Esta entidad es la encargada de implementar las decisiones de la Asamblea General y de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS por sus siglas en inglés), la cual fue instituida por la Resolución 1472 del 12 de diciembre de 1959. (Rivas,2014, pag.42)

Como resultado de estas resoluciones se dio paso a los que se conoce como el tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes del 27 de enero de 1967, conocido internacionalmente como la constitución del espacio ultraterrestre. Se considera por el número de países que lo ratificaron como ley de derecho internacional positivo. El tratado del 1967 enuncia cuales son los principios rectores bajo lo que debe llevarse a cabo toda actividad en el espacio y su importancia radica en que son considerados derecho consuetudinario, es decir que su aplicación es de carácter vinculante y son los siguientes:

- (i) Principio de no apropiación: El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes no podrá ser objeto de apropiación por ningún estado, por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera. De aquí se deriva la consideración del espacio ultraterrestre como bien común de la humanidad.

- (ii) Principio de beneficio de la humanidad: El espacio ultraterrestre en su exploración y explotación por todos los estados del mundo será por

igual y deberán hacerlo en provecho e interés de todos los países, sin distinción de su grado de desarrollo económico y científico.

- (iii) Principio de apego a la normatividad internacional: Las actividades que realicen los estados partes deberán hacerse de conformidad con el Derecho Internacional; incluida la Carta de las Naciones Unidas.

- (iv) Principio de uso pacífico: El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes se utilizarán solo para fines pacíficos, queda prohibido establecer allí instalaciones y fortificaciones militares, ensayar cualquier tipo de armas y realizar maniobras militares. De esta manera, los estados adquieren el compromiso de no colocar en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares, ni de ningún otro tipo de destrucción en masa.

- (v) Principio de responsabilidad internacional: Todo estado que lance, promueva o desde el cual se lance un objeto al espacio ultraterrestre será responsable de los daños causados por dicho objeto o sus partes componentes en la Tierra, en el espacio aéreo o en el espacio exterior.

- (vi) Principio de jurisdicción y control: El estado en cuyo registro figure el objeto lanzado retendrá su jurisdicción y control, así como sobre el personal que vaya en él, mientras se encuentre en el espacio ultraterrestre o en los cuerpos celestes.

- (vii) Principio humanitario: Los astronautas serán considerados como enviados de la humanidad y los estados partes deberán prestarles toda la ayuda y asistencia posible en situación de emergencia.

- (viii) Principio de cooperación internacional: Los estados parte deberán guiarse por la cooperación y la asistencia mutua, y en todas las actividades en el espacio ultraterrestre deberán tener en cuenta los intereses correspondientes de los demás Estados. La cooperación se establece esperando que su aplicación práctica contribuya al desarrollo de la comprensión mutua y al afianzamiento de las relaciones amistosas entre los Estados y pueblos. Posteriormente volveremos sobre la cooperación, su alcance e importancia.

Cualquier actividad que se desee llevar a cabo en el espacio ultraterrestre debe ser conforme a los principios enunciados anteriormente.

Orígenes y desarrollo de los nanosatélites o CubeSat

Los inicios de los nanosatélites se remontan al programa CubeSat que se inició en la Universidad de Stanford a principios de 1999 para satisfacer la necesidad educativa de tener un satélite de muy bajo costo / peso que pudiera desarrollarse en uno o dos años. La Universidad Politécnica del

Estado de California (Cal Poly) y la Universidad de Stanford desarrollaron las especificaciones de CubeSat como una extensión de las de pico-satélites utilizadas en la nave espacial OPAL de Stanford. Su preocupación también era permitir que todos crearan su propio satélite personalizable, pero con forma y peso estándar, con el fin de simplificar las operaciones de lanzamiento y despliegue. Un CubeSat tiene que ser hecho por uno (1U) o más (nU) Unidades cubo de 10x10x10 cm, con una masa de hasta 1,33 kg por unidad. El gran atractivo de este producto es que se puede construir en su totalidad utilizando componentes de hardware comerciales listos para usar que cumplen mejor la misión objetivo manteniendo un costo de construcción bajo. (Davoli, Kourogorgas, Marchese, Panagopoulos y Patrone, 2019)

Al ser esta tecnología de esta manera, permite fabricar cubesat de 2U y más, siempre y cuando cumpla con las medidas y peso especificados, debido a que es un límite establecido para no afectar los estándares.

Esta iniciativa logró que varias universidades del mundo se aventuraran a crear programas de ingeniería espaciales para el desarrollo de satélites y carga útil, haciendo que cooperaran en varios niveles y se aumentara la participación y publicación activa dentro de la comunidad científica espacial internacional. Esto dio como resultado que varios departamentos de universidades se propusieran objetivos exigentes en un determinado periodo de tiempo, debido a que una de las ventajas de los nanosatélites es su bajo costo y tiempo de fabricación.

Como resultado, el programa CubeSat ha brindado la oportunidad a Universidades e inclusive colegios para desarrollar y lanzar pequeños satélites a un costo muy bajo, haciendo su lanzamiento y operación asequibles. Ejemplo de esto fue la iniciativa que se llevó a cabo en Colombia por la Universidad Sergio Arboleda, la cual en el año 2007 llevo a cabo el lanzamiento del Nanosatélite Libertad 1 construido en Colombia y lanzado desde el cosmódromo de Baikonur en Kazajstán.

Como lo expone la superintendencia de industria y comercio con ayuda del CIGEPI, los nanosatélites son un tipo de vehículo espacial no tripulado que, dado su escaso tamaño y peso, constituyen los instrumentos más pequeños puestos en órbita por el hombre hasta el presente. Fueron diseñados con el objetivo de reducir los elevados costos financieros asociados a la tecnología de punta requerida para lanzar un artefacto al espacio exterior. En definitiva, los nanosatélites son una muestra del máximo aprovechamiento tanto de la miniaturización de la electrónica como de las nuevas y cada vez más eficientes formas de producir energía y almacenar información.

Como hemos podido ver, los Nanosatélites de orbitas LEO brindan grandes ventajas, en las que se encuentran las siguientes: coste menor, una latencia más baja al estar en órbitas menores, menor consumo de energía y una alta tolerancia a fallas considerando que se pueden emplear muchos satélites al mismo tiempo.

Estás ventajas son lo que hacen que estos pequeños satélites se hayan convertido en fuente de investigación en diferentes sectores espaciales. Empresas como SpaceX han anunciado que tiene proyecto para lanzar miles de satélites y crear una constelación de nanosatélites con la cual implementar una red mundial de telecomunicación para proveer internet a toda la población. A esta iniciativa se suman empresas como Google, OneWeb y Facebook, la cuales también tienen objetivos específicos en esta materia tales como monitoreo de la tierra, vigilancia remota, telecomunicaciones y prevención de desastres, sin mencionar las iniciativas gubernamentales relacionadas. Como se ha podido analizar, el origen de los nanosatélites nace de la iniciativa privada, en especial del sector educativo por llegar al espacio y hacer investigaciones, lo que hizo que el sector empresarial y gubernamental que ya participaba en este sector pusiera su interés en el desarrollo de esta tecnología por las ventajas que representa, más adelante veremos como la iniciativa privada y gubernamental han avanzado y aportado al sector.

A continuación, se mostrará una tabla donde se puede comparar las características de los principales satélites y sus orbitas.

Categorías y características de los satélites

	GEO	MEO	Big LEO	Small LEO
Cost	very high: estimated production and launch cost of \$300 million	high: estimated production and launch cost of \$150-÷-\$200 million	high: estimated production and launch cost of \$150-÷-\$200 million	low: estimated production and launch cost of \$100,000-÷-\$200,000
Communication Latency	high: one-way propagation delay ranges from 120 to 140 ms due to the altitude of about 36 000 km over the Equator	moderate: one-way propagation delay ranges from 20 to 120 ms due to the altitude ranges between 6 000 and 35 000 km	low: one-way propagation delay up to 15 ms due to the altitude ranges between 200 and 2 000 km	low: one-way propagation delay up to 15 ms due to the altitude ranges between 200 and 2 000 km
Throughput	high: hundreds of Gbps	moderate: few Gbps	moderate: hundreds of Mbps	low: from few kbps to few Mbps
Coverage	high: one satellite is able to cover about one third of the Earth surface (except for the polar zones)	moderate: tens of satellites are required to cover the entire Earth surface (e.g. the GPS system requires a minimum of 24 satellites with partially overlapped footprints)	moderate: tens of satellites are required to cover the entire Earth surface (e.g. the IRIIDIUM system is composed of 66 satellites with footprint partially overlapped)	very low: hundreds or maybe thousands of satellites will be required to cover the entire Earth surface
Fault Tolerance	low: since they are very expensive, usually each constellation is composed of only three satellites with no backup ones	moderate: most constellations keep also few satellites in orbit as backup in case of faults or damages	moderate: most constellations keep also few satellites in orbit as backup in case of faults or damages	very high: since they are cheap and small, tens of satellites can be employed at the same time, making them interoperable
Available resources	high: they can be designed without any limitations in terms of hardware components size and weight	high: they can be designed without any limitations in terms of hardware components size and weight	high: they can be designed without any limitations in terms of hardware components size and weight	low: severe limitations on on-board HW/SW components: size and weight, computational power, energy, storage capacity
Energy Consumption	high: a considerable amount of energy is required especially to transmit data to the Earth due to their high altitude	high: a considerable amount of energy is required especially to transmit data to the Earth due to their medium-high altitude and to the possible presence of inter-satellite links	moderate: a discrete amount of energy is required especially to transmit data to the Earth and to the possible presence of inter-satellite links	low: low energy is consumed for data transmission, both to the Earth and to other satellites

Tabla recuperada de (Davoli,2019)

Podemos observar que los nanosatélites nos dan las siguientes ventajas: se diseñan y construyen en menos tiempo, son económicos en comparación con otro tipo de satélites, por tratarse de componente de fácil acceso se pueden conseguir fácilmente en el mercado y la ventaja es que su costo de lanzamiento es bajo, gracias a su tamaño, peso, y, además, a que se pueden llevar a cabo varias misiones en un mismo lanzamiento.

Pero la pregunta que debemos hacernos ahora es ¿cómo se logró construir un objeto de este tamaño?

Fue gracias a las tecnologías de microelectrónica y microsistemas que contribuyeron a reducir el tamaño de los componentes de hardware de los satélites, tanto los primarios, como el motor, control de actitud, baterías, las antenas y los

sensores, permitiendo así que se disminuyera la masa del satélite, se obtuviera ahorro de energía, se aumentara la flexibilidad y la robustez. (Davoli,2019)

Sin embargo, como toda tecnología en su etapa de desarrollo, los Nanosatélites al ser objetos tan pequeños cuentan con unas desventajas; en la mayoría de los casos no implementan un sistema de propulsión que permita reorientar el objeto a su posición orbital, generando problemas para mantener el satélite en su posición deseada. Otra desventaja se centra en la imposibilidad de brindar comunicación de manera continua como lo hacen los satélites GEO, los nanosatélites al ser objetos que están girando más rápido que la tierra, pierden enlaces de comunicación con puntos de la tierra por determinados periodos de tiempo.

Estructura física y componentes de hardware de los CubeSat

Como hemos mencionado, los CubeSat se construyen en unidades de 10x10x10 cada una, que pueden ser combinados con más unidades de estas, dependiendo el tipo de lanzador y crear nanosatélites con más prestaciones. Esta característica nos permite crear gran variedad de nanosatélites dependiendo los parámetros de la misión, variando así sus subsistemas generales y principales e instrumentación requerida. Sus componentes son los siguientes:

- Estructura: consta de tres partes: rieles, vigas y paneles. Los rieles forman cuatro bordes paralelos del CubeSat. Las vigas están pegadas con epoxi a los rieles para crear los otros ocho bordes. Tres paneles laterales están

pegados con epoxi a las vigas y rieles en forma de U para formar la mitad de la superficie externa del satélite. Los tres lados finales están formados por un único panel en forma de U que puede colocarse tras la integración de Componentes internos. Los componentes internos están vinculados a la estructura como un solo paquete mediante el uso de soportes y sujetadores. Existen diferentes configuraciones posibles obtenidas aumentando el número de unidades CubeSat usadas, que son impulsadas en parte por el hardware de integración y despliegue del vehículo de lanzamiento. (Davoli,2019)

-Propulsión y desorbita: debido a la masa, el volumen y la potencia disponibles limitados, la mayoría de los CubeSats no tienen ningún subsistema de propulsión o desorbitación. La forma más fácil de implementar un mecanismo de desorbitación simple es aumentar la resistencia atmosférica o magnética aumentando el área de superficie del satélite una vez en órbita. También se pueden aplicar micro propulsores para facilitar que los CubeSats mantengan su posición en enjambres de nanosatélites. Otras tecnologías desarrolladas proporcionan maniobras orbitales mínimas mediante el uso de propulsores de arco de vacío y coloides, tecnología de electro pulverización y propulsores de plasma pulsado. Los micro propulsores pueden ser propulsores de gas frío, posiblemente en combinación con resisto jets, o propulsores mono-propulsores mediante el uso de descomposición catalítica, por ejemplo, peróxido de hidrógeno o nitroformato de hidrazinio

(HNF) o monopropulsores basados en diNitramida de amonio (ADN). (Davoli, 2019)

-Determinación y control de la actitud (ADC): El objetivo de este subsistema es medir, mantener y ajustar la orientación del Cube-Sat, en función de los requisitos de emisión, generación de energía y comunicaciones. Diferentes sensores determinan la orientación y diferentes actuadores mantienen o cambian la actitud. Los ADC pertenecen a dos clases: pasivos y activos. Los sistemas pasivos utilizan el entorno espacial para orientar el satélite de forma natural. El enfoque más común para CubeSats es una combinación de imanes permanentes que orientan una cara hacia el polo magnético de la Tierra (a menudo utilizado para apuntar antenas de radio) y varillas de histéresis magnética para amortiguar la nutación o "oscilar" en el movimiento del satélite, nuevamente al interactuar con el campo geomagnético. Los sistemas activos utilizan componentes más sofisticados que permiten establecer la orientación del satélite de una manera más precisa, pero requieren mucha más energía. (Davoli, 2019)

-Comando y manejo de datos (CDH): Este subsistema recopila datos científicos y de emisión para su transmisión a las estaciones terrestres, controla el despliegue de antenas y paneles solares, proporciona la capacidad de ejecutar comandos que se han cargado desde las estaciones

terrestres y proporciona alguna medida de robustez para hacer frente a subsistemas defectuosos. Los microprocesadores más utilizados son los controladores de interfaz periférica (PIC) y los procesadores de señal mixta (MSP). Las máquinas RISC avanzadas (ARM) de varios proveedores también son populares debido a sus mayores capacidades de procesamiento. Los satélites que utilizan un subsistema CDH distribuido adoptan principalmente el I2C Protocolo de datos para la comunicación entre los microcontroladores, que también proporciona una interfaz serial simple para la carga útil. (Davoli,2019)

-Fuente de alimentación eléctrica (EPS): está compuesto por una placa de circuito impreso, paneles solares y baterías:

-Paneles solares: la mayoría de los CubeSats desplegados están equipados con células solares instaladas en sus caras. Las células solares de arseniuro de galio (GaAs) son las más utilizadas.

Proporcionan una eficiencia de conversión muy alta de hasta un 30% y están ampliamente disponibles. También se utilizan células solares de silicio (Si). Su costo es muy bajo en comparación con las celdas de GaAs, aunque tienen menor eficiencia. Teniendo en cuenta el tamaño limitado de la estructura externa, el área de los paneles solares es pequeña y, en consecuencia, la potencia media disponible varía de menos de 1 W a 7 W. El método de conversión de la potencia bruta disponible de las células solares a la potencia en el bus de la nave

espacial se basa en Direct Energy Transfer (DET) o Peak Power Tracking (PPT). El método DET toma la energía en un punto de voltaje predeterminado en la característica de corriente-voltaje (IV) de las células solares y desvía la energía en exceso. El método PPT simplemente sigue la curva IV del voltaje de circuito abierto con convertidores CC-CC. El PPT puede ocasionar problemas si hay una sobretensión de corriente instantánea demasiado grande. Los paneles solares desplegados ofrecen una generación de energía mucho mayor a costa de una mayor complejidad y riesgo de falla en la implementación. Potencialmente generan 20 - 60W a plena luz del sol. (Davoli, 2019)

-Baterías: Las órbitas LEO típicas exponen las naves espaciales al Sol durante aproximadamente el 66% de cada órbita de 90 a 105 minutos, por lo que requieren almacenamiento de energía para mantener el funcionamiento durante los eclipses. La tecnología de baterías de iones de litio se adapta bien a esta tarea en términos de densidad de energía y poco efecto de "memoria": no es necesario descargarlas por completo antes de recargarlas y sí deben administrarse adecuadamente para los ciclos de carga / descarga y los parámetros térmicos. Dependiendo de los parámetros orbitales, es posible que se necesiten calentadores para mantener las baterías en su rango de temperatura de funcionamiento. Incluso cuando el satélite está expuesto a la luz solar, las baterías pueden

ayudar a cubrir temporalmente la demanda de alta potencia, como cuando la radio está transmitiendo. Algunos de los primeros CubeSats tenían baterías no recargables basadas en elementos Mercury. (Davoli, 2019)

-Comunicación: Los CubeSats reciben comandos operativos desde el suelo y transmiten los datos recopilados. Casi todos los CubeSats tienen un transceptor y una o más antenas desplegadas, que utilizan la porción de radioaficionados del espectro de frecuencias para propósitos de balizas y, a menudo, también para enlace ascendente / descendente de datos. Para el uso no comercial de acceso público, las acciones para obtener la autorización para la asignación de radioaficionados son considerablemente menos complejas que el proceso que deben seguir los operadores de satélites comerciales para obtener asignaciones de frecuencia a través de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). El bajo costo de los equipos de radioaficionados ha llevado a su amplia adopción en los proyectos CubeSat para comunicación de la estación terrestre. La banda de frecuencia muy alta (VHF) (0,03 - 0,3 GHz) se utiliza a menudo para el enlace descendente, mientras que la banda de frecuencia ultra alta (UHF) (0,3 – 1 GHz) para el enlace ascendente. La banda L (1 - 2 GHz) y la banda S (2 - 4 GHz) también se utilizan ampliamente. La tasa de transmisión alcanzable varía de aproximadamente 1 kpbs a unos pocos Mbps, aunque podría aumentar hasta 30-40 Mbps usando la banda X (8-12 GHz), la banda Ka (27 - 40 GHz) o

transceptores de banda V (40-75 GHz) 26. El subsistema de comunicaciones puede consumir el 50% o más de la potencia total disponible cuando se transmite, lo que normalmente ocurre solo unos minutos por día cuando el satélite está en la línea de visión de las estaciones terrestres. Un desafío para las comunicaciones con CubeSats es su alta tasa de movimiento con respecto a las estaciones terrestres. La calidad del enlace varía considerablemente durante una pasada, que puede durar solo unos minutos, lo que limita la cantidad de datos que se pueden transmitir en el enlace descendente y ascendente. (Davoli, 2019)

-Implementadores: Todos los CubeSats ya lanzados se han llevado al espacio como una carga útil secundaria de lanzamientos de satélites LEO más grandes. En el momento en que el cohete vectorial llega a la posición de despliegue de CubeSat, una herramienta, llamada deployer, separa el CubeSat del cohete arrojándolo al espacio exterior. El objetivo del desplegador también es proteger el CubeSat durante la fase de lanzamiento. Varias entidades han desarrollado implementadores. Cal Poly desarrolló un implementador de CubeSat llamado Poly Picosatélite Orbital Deployer (P-POD). P-POD es un tubo de aluminio con una expulsión asistida por resorte, una puerta y un mecanismo de liberación no explosivo. Controla el despliegue de los CubeSats abriendo la puerta para minimizar el impacto en el vehículo de lanzamiento y del satélite. Fue desarrollado para proteger la carga útil primaria, el vehículo de lanzamiento y el CubeSat de cualquier daño

mecánico, eléctrico, o interferencia electromagnética, para agrupar de forma segura varios CubeSats, para expulsar CubeSats para un despliegue seguro, para aumentar el acceso al espacio para CubeSats y para proporcionar una interfaz estándar para lanzar vehículos. Además, reduce el riesgo de daños por escombros producidos por daños estructurales o antenas desplegadas prematuramente. Su masa se mantiene al mínimo e incorpora un diseño modular que permite transportar y lanzar más CubeSats al espacio al mismo tiempo. Durante la secuencia de despliegue, los CubeSats viajan sobre rieles incorporados en las esquinas del tubo y un simple resorte proporciona la fuerza para empujar los CubeSats fuera del desplegador con una velocidad lineal de aproximadamente 0,3 m / s. Otros despleadores son: el desarrollado por la Universidad de Tokio, llamado Tokyo-POD (T-POD), que puede albergar una sola unidad CubeSat, y el eXperimental-POD (X-POD), que es un sistema de separación independiente y personalizado diseñado y construido en el Instituto de Estudios Aeroespaciales / Laboratorio de Vuelo Espacial de la Universidad de Toronto. Puede adaptarse a satélites de diferentes tamaños, que van desde un solo CubeSat hasta nanosatélites más grandes de dimensión arbitraria. Los diseños con compatibilidad inversa que permiten lanzamientos secundarios de nanosatélites más grandes incluyen el Sistema Adaptador de Lanzamiento de Nanosatélite (NLAS) de NASA Ames 30, que puede acomodar un total de 24U en incrementos de una sola nave espacial de hasta 6U. (Davoli, 2019)

Tiempo de desarrollo de un satélite convencional y un nanosatélite

Es pertinente iniciar esta investigación aportando datos que generen una visión del tiempo de desarrollo de los satélites en comparación. En promedio el tiempo de desarrollo de un satélite grande desde que se identifica la oportunidad hasta su creación y puesta en órbita toma entre 5 a 15 años, lo que nos demuestra que desde que se inicia la operación hasta el tiempo que finaliza las circunstancias que llevaron a la creación del satélite pudieron haber cambiado, por lo que, si surge una actualización en la tecnología y el mercado esta, no puede ser atendida ni modificada a tiempo. Contrario sucede con los nanosatélites que desde que se identifica la oportunidad hasta su posicionamiento en la órbita pasan aproximadamente 8 meses o menos. Lo que genera una ventaja competitiva en el mercado, debido a que al tener menos tiempo de respuesta se garantiza que el interés de creación del nanosatélite siga alineado con la tecnología del momento y el objetivo que se debe cumplir, teniendo en cuenta que puede llevarse a cabo el lanzamiento de varios satélites que pueden crear una constelación. Con este concepto de constelación, lo que quieren lograr es que cada satélite al cumplir su tiempo de uso pueda ser reemplazado fácilmente sin afectar la red de satélites.

Las órbitas y órbitas donde interactúan los satélites

Para comprender donde se encuentran los satélites, se debe entender lo que es el concepto de una órbita y cuales existen. La órbita es una trayectoria que describe un objeto en el espacio cuando gira alrededor de otro, las orbitas no pueden existir sin un objeto, porque estos son los que la describen, son trayectorias imaginarias. La Real academia española la defina de la siguiente manera: Curva debida a la acción gravitacional, descrita por un cuerpo celeste que se mueve en torno a otro; lanzar al espacio un satélite artificial de modo que recorra una órbita previamente determinada. Una completa conceptualización es la que a continuación hace Rivas en su tesis:

Una órbita es el recorrido o trayectoria de un cuerpo a través del espacio bajo la influencia de fuerzas de atracción o repulsión de un segundo cuerpo. Por ende, resulta válido aclarar que las órbitas no existen per se, sino que surgen en el preciso instante en que un objeto las recorre. Su estudio se desprende de las observaciones astronómicas de Tycho Brahe y la formulación de las leyes de los movimientos planetarios de Johannes Kepler. El análisis del movimiento orbital se nutriría posteriormente de la ley de la gravitación universal de Isaac Newton y de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein.

Los planteamientos de Newton permitieron comprobar las leyes de Kepler, al describir la interacción gravitatoria entre distintos cuerpos. Una fuerza como

la gravedad atrae un objeto hacia una trayectoria curvada mientras intenta mantener el vuelo en línea recta. Cuanto más masivos sean los cuerpos y más cercanos se encuentren, con mayor fuerza se atraerán. Para Newton, el movimiento relativo entre los cuerpos se representa por una curva cónica (círculo, elipse, parábola o hipérbola). Einstein, por otro lado, hizo un análisis diferente de la interacción gravitatoria. De acuerdo con su teoría, la gravedad puede entenderse como un efecto geométrico de la materia sobre el espacio-tiempo. Éste último se deforma cuando cierta cantidad de materia ocupa una de sus regiones, lo que produce que la trayectoria de los objetos que en él se mueven sea desviada, generando su aceleración. (Rivas,2014)

Conociendo lo que es una órbita nos concentraremos en analizar los tipos de orbitas que existen. Estas se clasifican, según su altura, inclinación, forma y su excentricidad.

Órbitas según su altura: En esta posición orbital se puede determinar la velocidad a la cual girara el satélite respecto de la tierra, debido a que un satélite entre más cerca este de la tierra girara más rápido y conforme se va alejando, este girara más despacio, debido a la acción que ejerce la fuerza gravitacional y centrifuga sobre el satélite. Se clasifican de la siguiente manera.

- Órbita baja terrestres (LEO). Su altura varía desde los 150km hasta los 2.000km. En estas orbitas bajas se necesitan de constelaciones de satélites para poder proveer cobertura global.
- Órbita media terrestre (MEO) Su altura se aproxima desde los 10.000km hasta los 30.000 km.
- Órbita de los Satélites Geoestacionarios (GEO) Se encuentra ubicada a la altitud de los 35.876km sobre la línea ecuatorial, un satélite puesto en esta posición gira a la misma velocidad de la tierra, por lo que visto desde allí parecería inmóvil.

Órbitas según su sincronía. Se clasifican de la siguiente manera:

- Órbita semisíncrona. Se identifica porque tiene un periodo orbital de 12 horas y una altitud que se aproxima a los 20.100km.
- Órbita geosíncrona. Se identifica porque un satélite puesto en ella tiene un periodo de rotación igual a la tierra, es decir 23 horas, 56 minutos y 4 segundos.

- Órbita heliosíncrona. Se identifica por estar ubicada a los 900km, y su inclinación es de 90 grados. Se caracteriza por encontrarse siempre bajo la misma iluminación solar, debido a que su posición es determinada por una latitud terrestre con determinación de la luz solar. Es utilizada para satélites meteorológicos porque permite comparar imágenes registradas en largos periodos.

Órbitas según su inclinación. Estas orbitas indican el ángulo que se forma entre el plano orbital con el plano ecuatorial.

- Órbita ecuatorial. Su inclinación es igual a 0° o a 180° .
- Órbita polar. Su inclinación es igual a 90° .
- Órbita prógrada / directa. Se caracteriza porque un satélite en esta orbita gira en el mismo sentido de la tierra, debido a que la inclinación se encuentra entre 0° y 90° .
- Órbita retrógrada / indirecta. Se caracteriza porque un satélite en esta órbita gira en sentido contrario a la tierra, debido a que la inclinación se encuentra entre 90° y 180° .

Órbita según su excentricidad. Se encuentra determinada por la forma de la trayectoria recorrida. Es decir, en función de la velocidad de lanzamiento se pueden describir cuatro trayectorias, como son: la circular, elipse, parábola e hipérbola.

- Órbita circular. Se caracteriza porque su excentricidad es igual a cero. Un satélite se encuentra en esta órbita cuando su velocidad de lanzamiento es inferior a la de escape.
- Órbita elíptica. Se caracteriza porque su excentricidad es mayor que cero y menor que uno. Un ejemplo claro de esta es la órbita Hohmann, nombrada así, en honor al ingeniero alemán Walter Hohmann. (Rivas ,2014)
- Órbita altamente elíptica. Se caracteriza porque su altitud varía entre los 495km y los 39.590km. Por naturaleza al ser muy excéntrica genera cobertura a zonas de latitud alta.

Problemática que surgió en la Órbita de los Satélites Geoestacionarios

Para plantear la problemática actual que se tiene en la órbita de los satélites geoestacionarios, es importante revisar la historia para entender por qué surgió y cuáles son los aspectos que la componen.

Arthur Charles Clarke, un científico Inglés, miembro de la Real fuerza Aérea, participo en la segunda guerra mundial en el desarrollo de tecnologías por radar, estudio física y matemáticas en el King´s Colleges de Londres, fue quien descubrió la órbita de los satélites geoestacionarios (Torres,2014). Clarke publicó en 1945 en

la revista Wireless World su obra llamada Extraterritorial Relays-Can Rocket Stations Give Worl-Wide Radio Covarge?. Dentro de este documento planteo la posibilidad de poner tres satélites ubicados a 35.786km sobre la línea de ecuador, separados cada uno a 120° con los cuales lograría cubrir por completo la superficie de la tierra. De este planteamiento nació lo que conocemos como la órbita de los satélites geoestacionarios, su nombre se debe a que un objeto puesto a esta distancia gira a la misma velocidad de la tierra. Esto trae como consecuencia la ventaja de que un objeto puesto allí mantiene comunicación constante a bajo costo, pues las correcciones de posición de antena son mínimas y la distancia de cobertura es muy amplia, pues recordemos que con tan solo tres satélites cubrimos la superficie de la tierra.

Dentro de las características de los Órbita Geoestacionaria se encuentra que es geo sincrónica, es decir que tiene un periodo orbital igual a la tierra de 23 horas 56 minutos y 4 segundos, es una órbita circular porque su excentricidad es igual a 0 y ecuatorial por su ubicación, permitiendo que un objeto puesto ahí parezca inmóvil. Se debe advertir que no se trata de una órbita unidimensional, sino de un espacio tridimensional de aproximadamente 30km.

Dentro del estudio de la órbita de los satélites geoestacionarios se debe tener en cuenta el Recurso Órbita Espectro, ya que estamos hablando de un recurso natural limitado. Pero, qué entendemos por Recurso Órbita Espectro, la Decisión 395 de la Organización de los Estados Americanos, la define como el recurso natural constituido por la órbita de los satélites geoestacionarios u otras órbitas satelitales, y el espectro de frecuencias radioeléctricas atribuido o adjudicado a los servicios de

radiocomunicaciones por satélite por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT. (Torres, 2014).

Para entender mejor este concepto se define espectro de frecuencias radioeléctricas lo que hace parte del espectro electromagnético y es entendido como el conjunto de ondas electromagnéticas que existen en el universo, que se ordena en función de longitud de ondas o frecuencias, o de la energía que transportan, es decir la energía que se transporta a través de ondas que se prolongan en el vacío. (Torres,2014).

La frecuencia radioeléctrica son esa porción de espectro electromagnético que se utiliza para llevar a cabo las radiocomunicaciones por medio de las ondas radioeléctricas y sin necesidad de medios artificiales. Estas ondas son la que utilizamos para llevar a cabo la telecomunicación por satélites.

La UIT que es el organismo encargado y especializado en gestionar y adjudicar el acceso a estas ondas electromagnéticas, estableció en la conferencia de Atlantic City de 1947 el rango de las ondas radioeléctricas entre los 10 KHz a los 3.000 GHz.

Como hemos visto, la órbita de los satélites geoestacionarios se compone del recurso orbita-espectro, que es donde los satélites se posicionan para prestar servicios de telecomunicaciones de acuerdo con una posición y banda de frecuencia asignada. La posición orbital de un satélite geoestacionario se determina por los grados Este u Oeste de la proyección del satélite sobre la línea del ecuador.

¿Cómo surgió la problemática? a medida que se fue aumentando la demanda en el lanzamiento de nuevos satélites geoestacionarios por ser esta orbita un recurso

natural limitada que se encuentra ubicado a los 35.875 km sobre la tierra, y dado que este fenómeno no se encuentra en otra órbita, se fue limitando con el paso del tiempo el número de satélites que se podían ubicar en esta franja y las frecuencias radiales para que no se presentaran interferencias.

La GEO está limitada en un sentido físico, puesto que cuenta con una circunferencia igual a 360 grados y por ende el número de satélites ubicados está restringido espacialmente a su perímetro de 265.000 km. Este aspecto está directamente relacionado con la posición orbital, puesto que cada uno de ellos tendrá una ubicación determinada en la órbita, la cual tiene un espacio finito. Adicionalmente, los satélites requieren de un distanciamiento mínimo de 2° con respecto a otros satélites, lo cual reduce de manera considerable el número de satélites que pueden orbitar en este lugar del espacio. Así, si bien no puede afirmarse con exactitud cuántos satélites pueden ser ubicados en la GEO, puede preverse que debido al desarrollo tecnológico, el creciente interés de los países por poner en órbita sus propios satélites de telecomunicaciones y la desordenada ubicación de ellos en las posiciones orbitales; que la órbita de los satélites geoestacionarios puede llegar a saturarse. (Torres, 2014)

Hemos visto como desde el punto físico se limita la órbita geoestacionaria, debido que al ser una franja limitada, el número de satélites que se pueden lanzar son limitados sin que afecte posición y espectro, haciendo que no todos los países pudieran acceder de manera oportuna a esta, lo cual generó otro problema en la

historia de los satélites, y era resolver, cómo los países menos desarrollados iban a acceder de manera equitativa a esta órbita que claramente iba a generar competitividad frente a otros países, ya que los países desarrollados contaban con los recursos para llegar primero y recordemos que hay un principio que se enmarca dentro del tratado del espacio de 1967 que es el primero llegado, primer servido, que en términos jurídicos significa primero en el tiempo, primero en el derecho.

Para buscar solución a esto, los países en vía de desarrollo iniciaron a ejercer presión sobre los organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones, con el fin de generar un mecanismo que les permitiera un acceso equitativo a la órbita geoestacionaria.

Uno de los ejemplos y el más importante de la presión política que ha existido en relación con el acceso a la órbita de los satélites geoestacionarios, es la teoría que sostuvieron de la soberanía sobre esta misma órbita los países ecuatoriales. La teoría de la soberanía que quedó plasmada en la Declaración de Bogotá el 3 de diciembre de 1976, donde los Estados firmantes eran aquellos atravesados por la línea ecuatorial: Colombia, Congo, Ecuador, Indonesia, Kenia, Uganda y Zaire (país africano llamado actualmente República Democrática del Congo), Brasil firmó la Declaración como país observador. (Arango, 2018)

...ante la Asamblea de las Naciones Unidas, sorpresivamente y en contra del principio *res communis omnium*, el embajador colombiano reclamó a nombre de Colombia la soberanía sobre los cinco grados de órbita geoestacionaria ubicados sobre el territorio nacional, correspondientes a la longitud

ecuatorial terrestre entre los grados 70 y 75 al oeste de Greenwich. Esto fue sucedido por una reclamación internacional formal, a través del documento conocido como Declaración de Bogotá (1976), en la que varios de los países ecuatoriales viendo que se abría una puerta para su participación en el debate y aprovechamiento de la órbita, afirmaron considerar los segmentos de la órbita suprayacente a sus fronteras como parte de su territorio nacional. (Bellastas, 2012).

Esta reclamación generó una nueva discusión sobre el espacio ultraterrestre, ya que, a pesar de que estas reclamaciones contradecían el artículo segundo del tratado del 1967, que dice que, El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrán ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera, se dio paso a una nueva perspectiva sobre como los organismos internacionales debían crear un mecanismo para dar acceso a los países en vía de desarrollo a la órbita de los satélites geoestacionarios. (Rivas, 2014).

Así llegamos a la conferencia administrativa mundial de radiocomunicaciones de la UIT celebrada en Ginebra, Suiza, conocida como CAMR-79, en la cual se modificó el reglamento de radiocomunicaciones teniendo en cuenta un nuevo mecanismo de distribución de recursos espectrales y orbitales que tendría en cuenta los países desarrollados y los que están en vía de desarrollo. Teniendo como resultado la resolución BP 3 de la UIT que reconoció la necesidad de un acceso equitativo de la órbita de los satélites geoestacionarios y el espectro de frecuencias radioeléctricas, ya que es necesario un acceso equitativo para una utilización eficaz y económica

para todos los países. Además, reconoce que, debido al aumento de las necesidades de cada país, y ya que todos países ven la necesidad conforme a épocas y lugares distintos, se debía mantener un equilibrio en cuanto a esta asignación. A partir de esta resolución se fueron creando los instrumentos jurídicos basados en la premisa de que se trata de un recurso natural limitado, el cual debe tener un acceso equitativo teniendo en cuenta las necesidades especiales de cada país y su situación geográfica.

De aquí nace lo que se conoce como las posiciones planificadas, la cual es un mecanismo coordinado por la Unión Internacional de telecomunicación en la que se asigna posiciones planificadas a los países para la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios.

La creación de las posiciones planificadas tuvo como propósito que los países pudieran acceder al recurso órbita de forma más equitativa, descritas como “planes de frecuencias/posiciones orbitales, en los que una cierta cantidad del espectro de frecuencias se reserva para utilización futura por todos los países, especialmente, los que, hoy en día, no se encuentran en posición de utilizar esos recursos” (Rivas, 2014). El por qué se hace énfasis en la posición planificada, se debe a que como las países desarrollados ya venían ocupando esta orbita de manera desmedida, gracias a su avance tecnológico y mayor poder adquisitivo, los países en vía de desarrollo se estaban quedando sin espacio. Cabe resaltar que este mecanismo a pesar de encontrarse en la órbita de los satélites geoestacionarios, no gozan de las mejores posiciones, pues estas ya estaban ocupadas.

Para el caso de Colombia quedo consignado dentro del Reglamento internacional de Telecomunicaciones las siguientes posiciones planificadas.

Posición	Especificaciones
Posición en 70, 9º Oeste	Para servicio fijo por satélite con 300 MHz en banda C y 500 MHz en banda Ku.
Posición en 103, 2º Oeste	En las bandas Ku y Ka.
Posición 115, 2º Oeste	Para radiodifusión por satélite con 500 MHz en banda Ku, compartida con el pacto Andino.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de (Unión Internacional de Telecomunicaciones -UIT, 2012)

Este recurso, no ha sido utilizado ni considerado de tal forma por el Estado colombiano, desaprovechando la ventaja que tienen estas posiciones planificadas de no requerir coordinación para la puesta en órbita de un satélite y, como se mencionó, debido a la saturación de la órbita de los satélites geoestacionarios, las posiciones planificadas se convierten en la única oportunidad en un futuro próximo de tener un satélite de telecomunicaciones propio. (Arango, 2018, p. 58)

Como se describió la órbita de los satélites geoestacionarios tiene un límite de posiciones y actualmente se encuentra saturado, el número de satélites puesto en

este espacio está superando la oferta, por lo cual, los países y las empresas privadas están buscando alternativas para poder cubrir telecomunicaciones por el crecimiento acelerado que está teniendo la tecnología. Y es aquí donde hace pocos años se viene utilizando las orbitas bajas como alternativa, encontrando mayores ventajas en su implementación, dejando de lado el debate que se venía teniendo en las orbitas de los satélites geoestacionarios.

Importancia de las órbitas bajas y nanosatélites en la nueva era del Derecho Espacial en el marco de las Telecomunicaciones

Como alternativa a la problemática que se presenta en la órbita de los satélites geoestacionarios, nace como sistema complementario la corriente de los Nanosatélites o CubeSat, Satélites con características flexibles que son utilizados en orbitas bajas, teniendo similares campos de aplicación que los satélites convencionales, pero que a diferencia, gozan de interconectividad entre ellos creando constelaciones que pueden comunicarse entre sí, generando enlaces con otros satélites y antenas que se encuentran en la tierra.

Los nanosatélites al tener esta conectividad están instaurando una nueva era en las telecomunicaciones, ya que estas redes inteligentes pueden comunicarse entre sí, analizar datos y proveer servicios de manera eficiente en cualquier lugar de la tierra gracias a que su distancia es corta y la latencia en mínima.

Esta tecnología resulta ser muy útil en el mundo contemporáneo, debido al rápido crecimiento de población y objetos conectados a internet, ya que ha centrado la atención en abarcar todos los objetos que utilizamos a diario, con el fin de crear una red muy amplia formada por cualquier tipo de objeto para que se comuniquen entre ellos, de forma que se puedan ofrecer servicios de conectividad en cualquier momento y lugar. Esta red interconectada permitirá tener aplicación en diversos campos, obteniendo amplios beneficios socio económicos positivos para nuestra sociedad, en los cuales resaltan proveer internet en zonas de difícil acceso, monitorización remota de la salud, aplicación en el campo de la telemedicina, monitorización de recursos hídricos, comunicación entre autos autónomos, redes de distribución eléctrica autorregulada según necesidades de consumo, industria 4.0 en los referente a la digitalización de procesos de fabricación, seguimiento de mercancías y logística, comunicación de ciudades inteligentes y sostenibles, teleobservación de la tierra, además de monitorización del medio ambiente. (Prescornituiu, 2019). Resolviendo con estas tecnologías problemáticas sociales que son de naturaleza de prestación de servicios públicos por parte de los Estados. Sin embargo, no debemos dejar de lado que, al ser tecnologías nuevas, presentan desventajas en su desarrollo que no permite prestar los mismos servicios que se prestan con satélites geoestacionarios.

¿Cómo sería esto posible?

Lo que se pretende con los nanosatélites es crear constelaciones, es decir un gran número de satélites actuando de forma coordinada, con los cuales se pueda cubrir

la superficie total del planeta tierra para la prestación de servicios que mejoren la vida de los seres humanos.

Las constelaciones se dividen en planos orbitales, en los que los satélites de ese plano siguen una misma trayectoria con la misma velocidad angular e inclinación. Se han desarrollado varios tipos de constelaciones, cada una con sus características específicas que afectan a su cobertura. Según su topología podemos distinguir los tipos órbita ecuatorial, órbita polar, Walker delta, órbita elíptica (Prescornitoiu, 2019. Pág. 16)

Las constelaciones tipo ecuatorial son las que se encuentran alineadas con el eje del ecuador, las polares son las que pasan por encima de los polos, formando un eje perpendicular con el ecuador y la más utilizada en el momento es la constelación Walker delta ya que su tipología es simétrica, fue diseñada por Jhon Walker en 1970.

Por las características de estas órbitas bajas, tenemos que un satélite puesto allí gira más rápido que la velocidad de la tierra, por lo que un nanosatélite podría estar girando sobre un mismo punto de la tierra de 13 a 16 veces al día, lo cual permite tomar datos constantemente y transferirlos a la red de comunicación para no perder la comunicación.

Para evitar la pérdida de datos dentro de una constelación de satélites, estos se comunican de la siguiente manera:

Pueden ser de dos tipos, intra-plano ISL entre satélites del mismo plano orbital (habitualmente los satélites anterior y posterior en su dirección de

movimiento), e inter-plane ISL entre los planos orbitales adyacentes. Esta última forma de control tiene un grado de complejidad muy elevado ya que la topología de la constelación está cambiando constantemente, y está orientada a aplicaciones con necesidades de comunicación en tiempo real (consideramos que una aplicación en tiempo real requiere un retardo total inferior a 100 milisegundos) (Prescornitoiu, 2019. Pág. 17)

Ahora, ¿por qué es tan atractiva esta nueva tecnología? Se debe a que su costo de fabricación se considera diez veces menor que un satélite convencional, se usan componentes que se encuentran en el mercado de producción en serie, su lanzamiento es más barato debido a que el peso es menor, se pueden agrupar varios satélites en un solo lanzamiento y estos son llevado a distancias más cortas al tratarse de orbitas bajas.

Se ha identificado que tienen un rendimiento alto y están en la capacidad de proveer servicios similares a los satélites convencionales. Al encontrarse en orbitas bajas su latencia es menor, solucionando problemas de comunicación al tener la rapidez necesaria para la infraestructura del internet de las cosas IoT y son fáciles de reemplazar, pues al terminar su tiempo de servicio estos pueden ser arrojados a la atmosfera de la tierra para que se destruyan, evitando el problema de basura espacial, cabe hacer una observación al respecto y es que, dentro de las desventajas se presentan que, en un inicio los nanosatélites no tenían propulsión y no permitían corregir su posición para cuando terminara su tiempo de servicio fueran lanzados de inmediato a la atmosfera, sino que por la atracción que genera la tierra sobre un objeto, este era atraído para destruirse, y este proceso podía durar entre

3 y 5 años, sin embargo, con el avance que han tenido, la nueva generación está siendo equipada con propulsores que permiten su corrección de posición para lanzarlos a la atmosfera una vez termine su servicio.

Debemos tratar en este punto que los países tienen responsabilidades por los objetos lanzados al espacio y al ser los nanosatélites un objeto espacial los daños que se causen al ser traídos a la atmosfera cuando termina su tiempo de uso conllevan responsabilidades. En materia de desechos espaciales se reconoce mediante la aplicación del convenio de responsabilidad y los desechos espaciales que el régimen aplicable a un desecho espacial que cause daños en la superficie de la tierra será la responsabilidad objetiva. En este régimen el demandante no tiene necesidad de probar que el daño causado por la conducta del demandado se debe a una acción u omisión dolosa o negligente por parte del mismo.

Como podemos observar los nanosatélites se están convirtiendo en un sistema complementario para proveer servicios desde el espacio ultraterrestre, gracias a las prestaciones y viabilidad económica que estos representan, solucionando el acceso al espacio por medio de orbitas bajas. Es así como empresas como OneWeb y Space X vienen realizando lanzamientos para prestar servicios de internet en las ciudades y zonas de difícil alcance, por lo que los países en vía de desarrollo deberían tomar acción y realizar alianzas para atender a sus poblaciones y aumentar el acceso a la conectividad.

La compañía OneWeb ofrece La red global que redefine la capacidad de los gobiernos para llevar a cabo misiones regionales y globales. A través de una cobertura sin precedentes, un alto rendimiento, una latencia similar a la de la fibra y

una flexibilidad de paquetes líder en la industria, OneWeb ofrece una conectividad en tiempo real resistente y potente en los dominios de tierra, mar y aire. Abriendo el campo para que los gobiernos inicien una implementación rápida hacia las 5G.

Su red estará diseñada por 650 Nanosatélites que prestaran cobertura de baja latencia y alta velocidad que llegara a cubrir el 95% de la superficie de la tierra, prestando este servicio a través del espectro en las bandas Ku de que abrió la UIT para los sistemas de satélites no geoestacionarios. (OneWeb)

OneWeb prevé prestar su servicio comercial regional en el 2021, siendo estos Reino Unido, Alaska y Europa del Norte, Groenlandia, Islandia, Los Mares Árticos y Canadá y el servicio global en el 2022.

Los alcances que representan esta tecnología han hecho que los gobiernos de mundo estén poniendo su atención en esta tecnología por la trascendencia y economía que representan, principalmente para las economías en vía de desarrollo, ya que representan una oportunidad para iniciar programas espaciales que permitan llegar al espacio y atender sus necesidades de manera rápida y eficiente, mientras crea un programa para lanzar un satélite geoestacionario ya que requiere de mayores costos.

Análisis económico de la órbita de los satélites geoestacionarios vs las órbitas LEO de los Nanosatélites

En este acápite se analiza por qué las órbitas de los nanosatélites son una ventaja económica para la operación de satélites. Como hemos estudiado, para cubrir la superficie de la tierra a la altura de 35.876 km que es donde se encuentra la órbita de los satélites geoestacionarios se necesitan tres satélites, que en su momento representaba un gran ventaja, sin embargo, frente al problema que se presenta en la órbita GEO, se realizara una comparativa de las ventajas que representan el uso de las orbitas LEO teniendo en cuenta que para cubrir la superficie de la tierra con nanosatélites se van a necesitar más satélites.

Iniciemos comparando cual es el costo de fabricación de estos satélites. Refiriéndonos a los satélites Geoestacionarios se ha encontrado que el costo de fabricación oscila entre los 200 y 300 millones de dólares, en comparación con el costo de fabricación de una Nanosatélite o Cubesat que su costo de fabricación para un satélite de telecomunicaciones se encuentra en aproximadamente 38.000 dólares, como vemos, los nanosatélites representan una reducción de costo significativa. Siguiendo con la comparativa, los satélites geoestacionarios tienen mayor costo de lanzamiento debido a que estos deben ser lanzados a altitudes que se encuentran lejos de la tierra, su gran tamaño y equipamiento de última tecnología necesario para proveer servicios de telecomunicación hace que su peso sea mayor, se debe garantizar que sus elementos sean de la mejor calidad y fiabilidad y se debe asegurar que funcione, porque una vez lanzado al espacio no hay manera de

repararlo o sustituirlo de manera inmediata, estas características hacen que su lanzamiento tenga un costo elevado. La medida que se utiliza para calcular el costo por lanzamiento de objetos al espacio se basa en coste por kilo de carga. A diferencia de los LEO que tienen materiales de uso comercial, se lanzan a orbitas bajas y se pueden detectar fallas a tiempo para ser reemplazados fácilmente a un costo es menor, por lo cual hace más barato su lanzamiento. Para un nanosatélite LEO el coste de lanzamiento es de 5000 \$/kg, y multiplicado por los 60 kg de un CubeSat de tamaño medio, tendríamos un coste de 300.000 dólares por satélite. Fijando un valor de 30.000 \$/kg para un satélite GEO, y basándonos en la clasificación de pesos para un satélite grande de 1.000 kg tendríamos un coste de 30 millones de dólares por satélite. (Prescornitoiu, 2019). Como podemos observar la diferencia de precios entre los satélites GEO y LEO son grandes, los cuales demuestran porque se vuelve atractivo querer lanzar objetos a orbitas bajas.

Para que el análisis sea completo, se debe tener en cuenta que para poder cubrir grandes superficies de la tierra con Nanosatélites se deben lanzar varios y crear las llamadas constelaciones

Para una constelación GEO de 3 satélites tendríamos un coste de 990 millones de dólares. Para una constelación LEO de 24 satélites tendríamos un coste de poco más de 8 millones y para una de 75 el coste sería de 25 millones de dólares. Comparando los resultados vemos que fabricar y lanzar una constelación GEO costaría 39 veces más que una LEO de 75 satélites, 73 veces más que una LEO de 40 satélites, y 122 veces más que una LEO de 24 satélites, por lo que, aunque el número de satélites es mucho más

elevado, su bajo precio de fabricación y lanzamiento resulta más ventajoso frente a una constelación GEO. (Prescornituiu, 2019).

Por lo general, el tiempo de vida útil de un satélite geoestacionario se aproxima a los 15 años de funcionamiento, con el actual ritmo de actualización de la tecnología y los crecientes campos de aplicación representa una desventaja, debido a que una vez puesto en órbita no se puede reemplazar componentes, a diferencia, los Nanosatélites que tienen un promedio de vida de 3 a 5 años en adelante, lo que los hace más versátiles en cuanto a la actualización de tecnología que se esté utilizando en el momento. Otra comparativa que resulta ventajosa para los Nanosatélites es que gracias a que se encuentran a menor altitud respecto de la tierra, la velocidad de transmisión de datos se realiza de manera más rápida y eficiente, disminuyendo la latencia.

Este análisis nos demuestra que, aunque las constelaciones de nanosatélites necesiten de varios satélites para su funcionamiento, su costo de producción y lanzamiento son muchos más bajos en comparación con los satélites de la órbita geoestacionaria.

Cómo se utiliza el espectro frente a los Nanosatélites

La UIT, mediante el Reglamento de Radiocomunicaciones, crea el tratado internacional que establece los procedimientos reglamentarios para la coordinación de los segmentos orbitales y espectro de radiofrecuencias con el fin de garantizar

que los satélites funcionen sin interferencia tanto el de los satélites geoestacionarios como no geoestacionarios, como vemos, debemos identificar dos segmentos que pone por aparte el reglamento de radiocomunicaciones y son, el segmento de los satélites geoestacionarios y el de los satélites no geoestacionarios, es importante tener en cuenta su diferenciación debido que a raíz de la proliferación de nuevos lanzamientos de satélites en orbitas LEO, estos se consideran satélites que se rigen bajo el segmento de los satélites no geoestacionarios, es decir, que se encuentran por fuera de la órbita de los satélites geoestacionarios y esa diferenciación tiene incidencia en el tratamiento jurídico que pueda tener cada uno al momento de solicitar una frecuencia y posición orbital, con el fin de no afectar frecuencias ya asignadas.

Para el lanzamiento de un satélite, por regla general, el procedimiento se basa en un sistema cooperativo, en el cual los estados miembros suministran los datos de uso previsto del recurso orbita espectro que pretende utilizar, para que la oficina de radiocomunicaciones verifique su conformidad con el reglamento de radiocomunicaciones, y a continuación, sea publicada para su coordinación con los otros estados miembros de la UIT que tengan proyectos satelitales, con el fin de prever que puedan ser afectados, ya que lo que se garantiza mediante este procedimiento es la utilización racional, equitativa, eficiente y económica de los recursos espectrales y orbitales. Una vez se complete este procedimiento, y sin verse afectado otro miembro, se procede a inscribir en el registro internacional de frecuencias el recurso otorgado, para poder gozar de los derechos jurídicos, sin generar interferencia conforme al reglamento.

Como lo manifiesta la UIT, los delegados representantes de los Estados Miembros de la UIT acordaron en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-19) de Sharm el-Sheikh (Egipto) adoptar un nuevo e innovador método reglamentario por etapas para desplegar satélites en órbita no geoestacionaria (no OSG) en bandas de frecuencias y servicios específicos. El acuerdo alcanzado en la CMR-19 establece los procedimientos reglamentarios que se aplicarán al despliegue de satélites no geoestacionarios, con inclusión de las megaconstelaciones en órbita terrestre baja. Según el método reglamentario recién adoptado, estos sistemas tendrán que desplegar el 10 por ciento de sus constelaciones durante los dos años posteriores al cierre del plazo actual para la puesta en servicio, el 50 por ciento en un periodo de cinco años y completar el despliegue en el plazo de siete años.

El método por etapas permitirá disponer de un mecanismo reglamentario que ayudará a que el Registro Internacional de Frecuencias refleje razonablemente el despliegue real de tales sistemas de satélites no OSG en ciertas bandas de frecuencias y servicios. También trata de alcanzar un equilibrio entre la prevención del acaparamiento de espectro, el adecuado funcionamiento de los mecanismos de coordinación y los requisitos operativos relacionados con el despliegue de sistemas de satélites no OSG. (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

El equipo de UIT-R estudió tanto la puesta en servicio de asignaciones de frecuencia a los sistemas no geoestacionarios de satélites y la posibilidad de adoptar un enfoque basado en hitos para la Despliegue de sistemas no OSG compuestos por múltiples constelaciones de satélites, en particular sus bandas de frecuencia. Los estudios del UIT-R han llevado a dos conclusiones generales, una relacionada con

el concepto de la puesta en servicio y el otro relacionado con el enfoque basado en hitos para el despliegue de sistemas no OSG, cada uno con múltiples opciones de implementación.

La primera conclusión general es que la puesta en servicio de asignaciones de frecuencia a sistemas no OSG, los sistemas deben seguir realizándose mediante el despliegue de un satélite en uno de los planos orbitales dentro de los siete años siguientes a la fecha de recepción de la publicación anticipada de la información (API) o solicitud de coordinación, según corresponda. Esta conclusión se aplica a la asignación de frecuencia S para todos los sistemas no OSG en todas las bandas de frecuencias y servicios. Sin embargo, se proponen cuatro opciones con respecto al período mínimo durante el cual un satélite debe mantenerse en un plano orbital:

- 90 días (como se requiere actualmente para el servicio fijo por satélite (FSS) y móvil por satélite sistemas no OSG de servicio (SMS) en la Regla de Procedimiento (RoP) para el número 11.44 del RR),
- Algún período de menos de 90 días,
- No hay un período fijo para la puesta en servicio (BIU) de las asignaciones de frecuencia a todos los Sistemas de satélites no OSG,
- Un período menor o igual a 90 días para el BIU de asignaciones de frecuencia sujetas a la sección II del artículo 9 del RR, pero ningún período fijo de otro modo.

La segunda conclusión general es que debería adoptarse una nueva Resolución de la CMR para implementar un enfoque basado en hitos para el despliegue de sistemas no OSG en bandas de frecuencia específicas y servicios. Este enfoque

basado en hitos proporcionaría un período adicional más allá de los siete años período reglamentario para el despliegue del número de satélites, notificado y / o registrado, con el objetivo de ayudar a asegurar que el Registro Internacional de Frecuencias (MIFR) refleje razonablemente el despliegue real de tales sistemas no OSG.

Los Nanosatélites están cambiando la forma en que la UIT está estudiando nuevas maneras de darle uso al espectro de radiofrecuencias, con el objetivo de optimizar su uso, ya que para esto se debe tener en cuenta las clases de servicios que estos prestan y como organizarlos para que no interfieran.

Los Nanosatélites a la luz del reglamento de radiocomunicaciones se utilizan frente a dos tipos de servicios, el primero es frente al servicio fijo por satélite no geoestacionario (SFS) y el segundo, frente al servicio móvil por satélite (SMS) no Geoestacionario.

En la resolución 35 (CMR-19) quedan consignados los métodos para la implementación de asignación de frecuencias a estaciones de sistemas no geoestacionarios en bandas de frecuencias y servicios específicos. La cual resuelve la aplicación a las asignaciones de frecuencias a sistemas no OSG puestas en servicio de conformidad con los números 11.44 y 11.44C en las bandas de frecuencias y para los servicios enumerados en el siguiente Cuadro:

Bandas de frecuencias (GHz)	Servicios de radiocomunicaciones espaciales		
	Región 1	Región 2	Región 3
10,70-11,70	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	
11,70-12,50	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
12,50-12,70	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)
12,70-12,75	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)
12,75-13,25	FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
13,75-14,50	FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
17,30-17,70	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	Ninguno	FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
17,70-17,80	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
17,80-18,10	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
18,10-19,30	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
19,30-19,60	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
19,60-19,70	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (Tierra-espacio)		
19,70-20,10	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)
20,10-20,20	FUO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
27,00-27,50		FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	
27,50-29,50	FUO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		

Bandas de frecuencias (GHz)	Servicios de radiocomunicaciones espaciales		
	Región 1	Región 2	Región 3
29,50-29,90	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
29,90-30,00	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
37,50-38,00	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
38,00-39,50	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
39,50-40,50	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)		
40,50-42,50	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE		
47,20-50,20	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		
50,40-51,40	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)		

Marco regulador del espectro en Colombia y a nivel Internacional

En Colombia la entidad encargada de gestionar la utilización del espectro radioeléctrico está en manos de la ANE Agencia Nacional del Espectro, su función es planear estratégicamente el uso del espectro radioeléctrico, así como su vigilancia y control en todo el territorio nacional colombiano. Sin embargo, los países por lo general tienen en cuenta las recomendaciones y normas internacionales para la coordinación de frecuencias radioeléctricas, la cual se lleva a cabo por la Unión Internacional de Telecomunicaciones que tiene como finalidad llevar a cabo la regulación global en telecomunicaciones

La UIT se divide en tres secciones para realizar sus funciones:

- ITU-R: Se encarga de todo lo relacionado con las radiocomunicaciones, teniendo como misión coordinar a nivel internacional la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas entre los países, encargándose además de la situación de las posiciones orbitales con el fin de evitar interferencias.
- ITU-D: En la encargada de la expansión y desarrollo de las telecomunicaciones, su misión es reducir la brecha digital y promover y aumentar las inversiones en los países en vía de desarrollo.
- ITU-U: Su misión es la creación de estándares internacionales para las telecomunicaciones y ocuparse de la normalización frente a estos.

Las funciones mencionadas se materializan en las recomendaciones, tratados, convenios que se emiten por parte los organismos encargados, además de contar con el instrumento más importante que es el reglamento de radiocomunicaciones y registro de frecuencias que es actualizado constantemente para cubrir las necesidades que aparecen.

Teoría de la necesidad

La autora Agnes Heller desarrolla lo que es la teoría de las necesidades, la cual se enuncia por la importancia que conlleva, ya que ofrece una descripción estructural de lo que es para la humanidad las categorías de las necesidades y cómo van cambiando con el tiempo y su contexto. Esto se sustenta, asumiendo que la

naturaleza humana está en busca de superación continua, por lo cual, tiene una connotación subjetiva que parte de los valores arraigados su cultura. Por lo cual, se debe tener en cuenta las transformaciones culturales, los cambios sociales y los nuevos valores que van surgiendo en el contexto en que se desarrolla por las externalidades que se presentan en el entorno.

Agnes Heller parte del reconocimiento de que la necesidad es una categoría social. Y dice, los hombres y mujeres tiene necesidades en tanto *zoon politikon*, en tanto actores y criaturas sociopolíticas. Sin embargo, sus necesidades son siempre individuales. Podemos comprender la necesidad de cada persona; podemos conocer, si queremos conocerlo, qué necesita cada una de ellas. Sin embargo, en lo relativo a la estructura concreta y a los objetos de sus necesidades, cada persona es diferente (Heller, 1996). De aquí la autora reconoce que las necesidades se sitúan entre los deseos y las carencias, reconociendo que las carencias son las necesidades sociopolíticas. De los deseos dice que solo pueden ser personales, conscientes, e incluso inconscientes, al contrario que las necesidades no pueden ser completamente verbalizados. De las carencias dice que son abstracciones y citó como lo expone: Cuando nos referimos a las necesidades o carencias sociopolíticas hablamos del promedio. De forma más precisa, nadie tiene carencias de la misma manera que deseos o necesidades. Pero es, sin embargo, legítimo hablar acerca de las carencias de la gente (las necesidades sociopolíticas) en termino de necesidades, sin mayor especificación.

Como expone Hellerger, la necesidad es un concepto general. El deseo manifiesta la relación psicológica-emocional y subjetiva con las necesidades, mientras que las carencias (necesidades sociopolíticas) describen un tipo o clase de necesidad que la sociedad atribuye o asigna a sus miembros (o alguno de sus miembros) en general. (Helleger, 1996).

En este sistema, las necesidades son interpretadas y determinadas de ambas formas. Helleger plantea el siguiente ejemplo, la necesidad de educación es una necesidad general sociopolítica (una carencia). Esa es una abstracción que abarca todos los tipos de educación y que abstrae los contenidos de todo lo que aprende. Si hablamos del individuo como portador de necesidades, nunca encontraremos la necesidad de educación, sino una necesidad concreta de estudiar.

De la misma manera que Helleger plantea el ejemplo de la educación, se plantea el de las telecomunicaciones. La necesidad de comunicación es una necesidad general sociopolítica (una carencia). Esa es una abstracción que abarca todos los tipos de comunicación y que abstraer los contenidos de toda información. Si hablamos del individuo como portador de necesidades, no encontraremos la necesidad de comunicación, sino una necesidad concreta de comunicar.

Esta teoría explica que, al hablar de necesidades, suelen aparecer nuevas, estas nacen porque las condiciones están en constante cambio, por lo cual, deben ser

atendidas de forma diferente a como se hacía en otro momento. Si tenemos en cuenta nuestra era, las nuevas formas de producción y la naturaleza tiene especial incidencia en las condiciones cambiantes que hacen surgir nuevas necesidades, lo que nos lleva a pensar en cuales son los nuevos requerimientos necesarios para reproducir el modelo económico en el que estamos. Además, el rápido avance tecnológico y la división del trabajo ha hecho surgir nuevas problemáticas y formas de acceder a las necesidades humanas, por lo cual se debe buscar nuevos mecanismos para atenderlas. En nuestra sociedad moderna y desarrollada las nuevas manifestaciones como la incorporación de la mujer al trabajo, la crisis urbana, la crisis estructural del empleo, la inmigración de extranjeros, crisis sanitarias mundiales, al suceder de manera rápida, hace que necesitemos nuevas formas e instituciones para atenderlas de manera oportuna. Teniendo en cuenta esto, estos fenómenos culturales, hacen que, en el caso de las telecomunicaciones, necesitemos nuevos mecanismos para atender las necesidades de comunicación que nacen de estos movimientos sociales y complejos. Por esto, es importante entender estos movimientos sociales, para entender los nuevos valores sociales y formas de vida, ya que estos requieren de nuevas formas de uso, gestión de recursos y entendimiento de lo público.

El concepto de los Servicios Públicos

Necesidad que existe en la colectividad, el cual tiene como característica principal el hecho de no poder ser satisfecha por el individuo, la cual al mismo tiempo tiene que ver con una actividad esencial para el ser humano.

Al hablar de servicios públicos, la constitución política en el artículo 365 el cual indica lo siguiente:

Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. Si por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que, en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita.

Al analizarlo, se puede observar que el servicio público es un tema de relevancia dentro del derecho administrativo, ya que se convierte en la razón de ser del Estado social de derecho, pues es la materialización en pro del bienestar de todos los ciudadanos. Es un deber del estado garantizar la efectividad de la prestación de los servicios públicos, ya sea prestado por él directamente o por medio de particulares.

Históricamente lo que conocemos como servicio público se originó en Francia y en Colombia se ha venido desarrollando por la jurisprudencia y la doctrina. La Corte Constitucional se ha referido en repetidas ocasiones diciendo que “los servicios públicos constituyen un instrumento necesario para la realización de los valores y principios constitucionales fundamentales”.

“El derecho público administrativo es el conjunto de reglas relativas a los servicios públicos. Todo país civilizado tiene servicios públicos, y para regular el funcionamiento de estos servicios existen necesariamente reglas jurídicas especiales. Se puede, pues, afirmar que en todo país donde se haya alcanzado la noción del servicio público tal como lo expondremos más adelante, es decir, en todo país civilizado, existe derecho administrativo”. Con estas palabras, Jéze (1948, tomo i, p. 1), profesor titular de Derecho administrativo de la universidad de París, en 1925 iniciaba el tomo i de la 3.^a edición francesa de su monumental obra sobre los principios generales del Derecho administrativo en la que desarrolló, en buena parte, los trabajos doctrinales y constitucionales de León Duguit. (Santofimio, 2011, p. 43)

La concepción de servicios públicos proviene de Francia, y uno de sus grandes exponentes es Léon Duguit. Para él, la teoría de los servicios públicos es el concepto que nutre toda la idea del Estado y la concepción de este como un instrumento al servicio de la colectividad. (Maldonado, 2003). Para Duguit el estado además de ejercer el poder público debe buscar la satisfacción y el bienestar de sus asociados. Por lo cual, definió el servicio público como la actividad en la cual su cumplimiento debe estar asegurado por los gobernantes, porque es tal su naturaleza que solo puede ser realizada completamente por la intervención de la fuerza gobernante.

En América Latina, la tradición legal se basa en los desarrollos doctrinarios y jurisprudenciales de Países como España, Italia y Francia. De modo que, al estudiar el campo de los servicios públicos, debemos enunciarlos para tener idea de cómo surge. Su surgimiento es característico del estado moderno, principalmente del derecho administrativo, adscrito al derecho público, ya que es el encargado de estudiar la organización y funciones del Estado.

Por esta razón, el concepto de servicio público debe ser estudiado desde la óptica histórica de los fines del Estado y como ha sido las distintas formas de actuación administrativa. Es así como el autor Ariño Ortiz (2003) precisa lo siguiente; el servicio público, dado su carácter finalista y no puramente instrumental, es impensable fuera del contexto político social y de una cierta idea del Estado que arranca de la Revolución francesa, no obstante, algunos antecedentes históricos previos.

Teniendo en cuenta lo anterior, y adelantándonos un poco en la historia, podemos ver como en el marco de la revolución industrial, siguiendo el ritmo del progreso técnico, nacieron algunos de los grandes servicios públicos de infraestructura económica que se mantienen en el presente. Dentro de estos encontramos actividades como el transporte por carretera, la producción y distribución de energía eléctrica y de gas, y la telefonía, que, en su tiempo, fueron un gran desafío para lo público que trascendió los fines originales del Estado. Estas actividades al ser de alta complejidad e importancia exigían una participación directa y activa del Estado para su correcto desarrollo, por lo cual el Estado debía planificar, proyectar, programar y determinar todo lo asociado a cada servicio. Es así como el Estado dictaba las normas y las reglas técnicas necesarias para su desarrollo.

Sin embargo, con el paso del tiempo este hecho suscito un conflicto que fue resuelto posteriormente, y fue que la urgencia de satisfacer las nuevas necesidades públicas y las concepciones ideológicas liberales predominantes de la época, dieron lugar a la figura de la concesión administrativa, por la cual, el Estado encontró la forma de que los particulares prestaran servicios públicos sin perder la titularidad de tales actividades, pues se responsabilizó por la dirección y control de su desarrollo y a su vez concedió la gestión de la prestación de los servicios públicos.

Dentro de la noción de servicio público se identifica los siguientes elementos; el primero, el interés general, pues la actividad tiende a satisfacer necesidades

colectivas y no simplemente la de un individuo o varios. Y la segunda, la participación de la administración, que es la prestación del servicio ya sea por la administración misma o por medio de un particular, pero con influencia permanente de la administración.

Teniendo en cuenta estos aspectos conceptuales, en Colombia, la ley 1341 de 2009 es la encargada de presentar los principios orientadores de la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones, ya que les da categoría a las telecomunicaciones como un servicio público. Así pues, la ley 1341 estipula que existe el derecho para acceder a las telecomunicaciones de la siguiente manera:

El derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC. En desarrollo de los artículos 20 y 67 de la Constitución Nacional el Estado propiciará a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio pleno de los siguientes derechos: La libertad de expresión y de difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. Adicionalmente el Estado establecerá programas para que la población de los estratos menos favorecidos y la población rural tengan acceso y uso a las plataformas de comunicación, en especial de internet y contenidos

informáticos y de educación integral (Congreso de La República, 2009) (Arango, 2018).

Situación de Colombia frente a las telecomunicaciones por satélite

El estado colombiano es muy deficiente a la hora de prestar el servicio de telecomunicaciones, podemos evidenciarlo en nuestras ciudades y con mayor magnitud en las zonas rurales del país, basta con alejarnos de las ciudades para vivir la falta de comunicaciones. Sin alejarnos mucho de la situación, podemos evidenciar como en la Pandemia del COVID-19 resulto aún más importante el papel de las telecomunicaciones para prestar todos los servicios en línea, como por ejemplo la teleeducación y la telesalud. Se evidencio la incapacidad para cubrir tales servicios en todo el país, dejando vulnerable a la población. Esto representa una grave problemática a la que se le debe atender de manera inmediata, pues no se debe permitir el aumento de la brecha digital, que nos ha demostrado ser fundamental en la vida de los seres humanos.

El Estado tiene obligaciones frente sus ciudadanos, y por ende debe materializarlas con efectividad, para el correcto cumplimiento de los derechos fundamentales que gozan las personas que habitan el territorio.

La ley 1341 de 2009 encargada de regular las telecomunicaciones en Colombia le da carácter de servicio público a las telecomunicaciones, por lo cual, conforme a la constitución política en el artículo 365, todo servicio público debe ser garantizado

de forma eficiente para todo el territorio nacional, por lo cual crea la obligación de materializarlo.

De esta ley se deriva lo siguiente:

El derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC. En desarrollo de los artículos 20 y 67 de la Constitución Nacional el Estado propiciará a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio pleno de los siguientes derechos: La libertad de expresión y de difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. Adicionalmente el Estado establecerá programas para que la población de los estratos menos favorecidos y la población rural tengan acceso y uso a las plataformas de comunicación, en especial de internet y contenidos informáticos y de educación integral (Congreso de La República, 2009). (Arango, 2018)

Vemos como esta ley le genera la obligación al estado para proporcionar las herramientas digitales por medio de las cuales los ciudadanos materializan y gozan de derechos fundamentales que son necesarios en el diario vivir, además de imponer la obligación de reducir la brecha digital.

Los primeros esfuerzos de Colombia por reducir esta brecha digital tuvieron iniciativa en el documento CONPES 3032 de 1992 y decreto 899 de 199, basado en el programa Compartel (Compartir telecomunicaciones), enfocado en mejorar la conectividad del país a través de la fibra óptica, prestando conexiones a alta velocidad, conectando a 700 municipios con internet. Su objetivo era facilitar el acceso universal a las telecomunicaciones por parte de los colombianos, enfocándose en las zonas rurales del país a través de la instalación de puntos de telecomunicaciones comunitarios. Este programa tuvo gran relevancia en el país, pues fue el que desplego y creo gran red de fibra óptica para las telecomunicaciones, sin embargo, al ser Colombia un país geográfico de difícil acceso en algunas zonas, no se logró conectar del todo el país.

Como se plantea en la tesis Beneficios un satélite propio para Colombia de Arango, El ministerio de las tecnologías de la información y la comunicación es gran defensor del cableado óptico como herramienta para prestar servicios de telecomunicaciones y presento la siguiente comparación:

- La calidad de la señal es mayor, ya que los retardos están por debajo de los 100 mseg frente a los 500 mseg del satélite.
 - La capacidad de transmisión de la fibra óptica es más de 1.000 veces mayor que la del satélite.
 - Los equipos de fibra óptica son mucho más pequeños y económicos.
- (Ministerio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación –MINTIC, 2018.

Como defensa a este argumento, se plantea que el ministerio de tecnologías de la información y comunicación no se pronuncia respecto al aspecto de cobertura, aspecto muy relevante para lograr la prestación del servicio de forma eficiente en todo el territorio nacional, pues debemos tener en cuenta que la geografía colombiana es de difícil acceso por tratarse de una topografía compleja y de difícil acceso, lo que hace costoso desplegar una red eficiente de fibra óptica que pueda cubrir todo el territorio nacional. De esta manera se evidencia como zonas como el pacífico, amazonia, Orinoquia, municipios rurales son los más afectados en la prestación de estos servicios. (Arango, 2018)

Es por esto, que mediante la tesis de Arango se promueve el desarrollo de una propuesta para el lanzamiento de un satélite geoestacionario que soluciones dos aspectos, el primero enfocado en cubrir las telecomunicaciones en Colombia y promover la teleeducación y telesalud, y el segundo aspecto se debe a ocupar las posiciones planificadas que tiene Colombia asignadas por medio de la UIT, lo que facilitaría el desarrollo económico y social del país.

Sin embargo, el gobierno ha sido renuente a la solución para afrontar la problemática de cobertura a través de la tecnología satelital, argumentando que los costos para ingresar a este mercado son muy altos, dejando de lado los lineamientos propuestos en documentos CONPES en lo que Colombia se ha comprometido a fortalecer su actividad espacial.

Colombia se ha planteado desde el año 1969 a través de documentos CONPES la compra de satélites para cubrir las telecomunicaciones y teleobservación de la tierra, adquisiciones que no se han llevado a cabo, sin embargo podemos

evidenciarlas que quedaron consignadas en los siguientes documentos, documentos COMPES 1421, Proyecto de un satélite colombiano para comunicaciones domésticas, documento CONPES 3579, Lineamientos para implementar el proyecto de comunicaciones satelital de Colombia, y el documento CONPES 3683 Lineamientos para la formulación del programa nacional de observación de la tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano. Estos programas han intentado desplegarse y llevarse a cabo como lo relata el Doctor Alfredo Rey Córdoba, quien participo y se involucró directamente en la elaboración e implementación de estos programas, pero en los cuales, siempre se han enfrentado a obstáculos económicos y políticos que hacen que no se siga adelante.

Dentro de este panorama observamos que no hay cobertura suficiente para proveer los servicios de telecomunicación, pues el estado no ha materializado los proyectos que se ha propuesto y los privados que han ingresado al país para prestar servicios de telecomunicación solo se proyectan en grandes ciudades donde puede obtener grandes beneficios, por lo que las redes de telecomunicación que se crean no cubren el territorio nacional.

A partir de lo planteado, entramos a evidenciar como los Nanosatélites de las orbitas bajas representan una alternativa económica para prestar los servicios de telecomunicación por satélite, debido a que sus costos son menores, además actualmente en el mercado se encuentran grandes empresas desarrollando programas, por lo que Colombia está en la capacidad de generar alianzas que

promuevan el desarrollo de programas espaciales que usen estas nuevas tecnologías de orbitas bajas.

Colombia centro nuevamente su atención en el sector espacial a través de las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018, todos por un nuevo país y las bases del PND 2018 – 2022, pacto por Colombia, incluyendo los siguientes puntos:

- (i) revisar y plantear una estrategia de fortalecimiento del marco de gobernanza actual, proponiendo medidas para su articulación con las políticas de productividad y competitividad;
- (ii) establecer una hoja de ruta para la identificación de potencialidades del país, basada en evidencia, que permita definir líneas estratégicas sobre las cuales el país podría orientar esfuerzos tanto públicos como privados; y
- (iii) definir soluciones para reducir barreras y fallas de mercado que habiliten el emprendimiento y la inversión en el sector espacial”. Además, señala que el diseño de esta política se hará dentro del marco de la Política Nacional de Desarrollo Productivo.

Con base en lo anterior Colombia, mediante documento CONPES 3983, política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional, se pretende crear una visión estratégica de largo plazo para crear las condiciones habilitantes para entrar a la economía espacial, concepto acuñado por la OCDE (organización para el desarrollo económico). Creando oportunidades en el sector espacial que mejoren la productividad, la diversificación y la sofisticación del aparato productivo colombiano.

Dentro del documentos CONPES 3983 podemos observar que este ha tenido en cuenta el campo de los nanosatélites, debido a que menciona cuales han sido las iniciativas que se han llevado, lo que demuestra el aumento del interés por esta tecnología. A continuación, se mencionan las iniciativas:

es preciso mencionar varias iniciativas privadas y público-privadas relacionadas con temas espaciales relevantes en el país. En 2007, como esfuerzo independiente desde la academia, se lanzó al Espacio con éxito el pico-satélite Libertad 1 (un cubo de 10 centímetros por cada lado y menos de 1 kilogramo de peso), siendo este el primer hito de Colombia en materia satelital. Este satélite se ubicó en una órbita baja y tuvo una vida útil de 30 días, durante los cuales se recibieron las correspondientes señales de datos telemétricos. Además, como un spin-off¹⁵ de este proyecto académico, surgió la primera experiencia empresarial de manufactura de satélites en el país, específicamente de nanosatélites de órbita baja para la observación de la Tierra y la detección remota. (CONPES 3983)

En 2011, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), como una iniciativa principalmente de seguridad y defensa y con el acompañamiento de una empresa danesa, comenzó a trabajar en el desarrollo de un nanosatélite (con un peso aproximado de 10 kilogramos) para observación de la Tierra. El satélite denominado FACSAT-1 fue puesto en órbita el 28 de noviembre de 2018. En el marco de esta iniciativa se proyecta la fabricación en Colombia y lanzamiento del FACSAT-2 en el año 2021, con una capacidad de tomar imágenes con 5 metros de resolución. (CONPES 3983)

Datos recientes del presupuesto de Colombia para los servicios satelitales

Los datos más recientes demuestran que Colombia en el año 2018 adquirió servicios satelitales por un valor de 282 millones de dólares, de los cuales el 55% corresponden al mercado de servicios de comunicaciones, por valor de 155 millones de dólares, servicios de navegación correspondientes al 44%, por valor de 125 millones de dólares, y finalmente un 1% por valor de 1,68 millones de dólares, correspondiente a imágenes satelitales. (CONPES 3983).

En el mercado de las telecomunicaciones las entidades del gobierno que más demandaron estos servicios son; el ministerio de tecnologías de la información y la comunicación con el programa de Kioscos Vive Digital, el ministerio de educación para la conectividad de centros educativos, la aeronáutica civil, la policía nacional, la FAC, el ejército nacional, que utilizan los servicios satelitales, generando un gasto cercano a los 98 millones de dólares, lo que corresponde al 63% del gasto total de este mercado. Los operadores privados de televisión, internet y telefonía demandan capacidades que se aproximan los 57 millones de dólares, lo que representa el 37% del total de compras de este mercado. (CONPES 3983)

El programa que más genera demanda es el que adelanta el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones, pues representa el 83% de las compras, sustentando en el programa kiosco vive digital el cual tiene propósito brindar acceso a internet en zonas rurales de más de 100 habitantes que se encuentren en zonas de difícil acceso.

Con estos datos podemos evidenciar como el estado colombiano tiene poder de compra en el mercado satelital, pues cuenta con la asignación de recursos que podría usar de manera eficiente para prestar los servicios de telecomunicaciones de manera adecuada. Por lo que el estado debe replantear la forma como está asignado los recursos y las empresas con las que está contratando para crear su propio programa espacial y de lanzamiento de satélites, incentivando a los nacionales o empresas extranjeras a generar empresas y alianzas que en el largo plazo traería más beneficios, ya que como demostramos en el capítulo anterior, los costos de fabricación y lanzamiento de nanosatélites representan bajo presupuesto con alto retornos a largo plazo, teniendo variedad de campos de aplicación, poniendo a Colombia en vanguardia de los países desarrollados.

La incidencia de los satélites en la promoción de los derechos fundamentales

Para un correcto acercamiento a lo que son los derechos humanos y como la tecnología satelital incide en la promoción de ellos, es necesario analizarlo desde tres perspectivas:

- Perspectiva filosófica, haciendo alusión a su origen; para ello se argumenta que los derechos humanos son “Principios rectores que configuran la visión del ser humano, tales principios se consideran como atributos del ser e inherentes a la persona; de ahí que su negación conduzca a la negación de la persona en si misma considerada”.

- Perspectiva política, aludiendo a su legitimación, en cuanto a esta perspectiva se sostiene que dichos principios a los que se hace alusión anteriormente deben ser tenidos en cuenta para regir la democracia y por tanto le dan sentido a la función del estado.
- Perspectiva jurídica, en cuanto a que es la encargada de su codificación y exigibilidad, se argumenta en cuanto a esta perspectiva que la codificación y exigibilidad están referidas a la positivización de dichos derechos; características que permiten su efectiva protección.

Estas tres perspectivas configuran y dan origen a los lineamientos bajo lo que se sustentan la promoción y protección de los derechos humanos.

Bajo esta visión debemos recordar que los derechos humanos propenden por garantizar la dignidad humana, la libertad, la igualdad, teniendo en cuenta que para que esto sea posible se debe propender fomentar el derecho a la educación y la salud, pues son factores que influyen en la vida social, económica y política del ser humano. Pero para que esto sea posible, los seres humanos deben tener acceso a las herramientas que hagan posible el correcto desarrollo de estos, y en este mundo cambiante observamos como las tecnologías de la información juegan un papel fundamental para la correcta promoción. Ya que son la principal herramienta por la cual se trasmite la información y se prestan los servicios por parte del estado llegando a grandes cantidades de personas.

Los satélites, bajo esta premisa, representan el medio idóneo para la promoción de los derechos fundamentales, debido a que tienen gran alcance, posibilitan el uso de

nuevas tecnologías que hoy en día se consideran derecho universal y sirven de instrumento para la participación de los ciudadanos en la vida social, política y económica, logrando que los servicios del estado lleguen a toda la población, disminuyendo asimismo la brecha tecnológica. Ejemplo son la teleeducación y la telesalud, pues son instrumentos que se basan en las tecnologías de la información para la promoción del derecho a la educación y a la salud utilizando la tecnología para conectar a dos o más partes que se encuentran a distancias para la prestación de un servicio que tiene como fundamento un derecho fundamental. Como se expone en la tesis de Arango tienen carácter constitucional y el estado se ha comprometido a su correcta prestación, ya que tiene el carácter de servicio público. Es así como evidenciamos que los satélites, constituyen un medio para promover las obligaciones que tiene el estado frente a sus ciudadanos, y en este mundo cada vez más conectado, vemos que representan una oportunidad para que el Estado a través de la tecnología avance conforme a la evolución de los principios rectores que configuran la visión del ser humano.

Por qué Colombia debería centrar su atención en las tecnologías Satelitales.

Las actividades espaciales se han vuelto transversales para la economía y para las actividades del sector público por la variedad de aplicaciones que tiene en la vida de los seres humanos. Lo hemos enunciado anteriormente, haciendo énfasis en el campo de telecomunicación y observación de la tierra, pues al ser Colombia un país

con una geografía compleja, desde el espacio podemos prestar servicios de telecomunicaciones sin limitaciones, además de dedicarnos a observar los fenómenos meteorológicos que afectan nuestro país y generan desastres naturales de manera frecuente.

Las tecnologías satelitales representan las herramientas que el estado colombiano debe usar para la correcta prestación de los servicios de telecomunicaciones, ya que través de estas tecnologías, como un satélite geoestacionario, puede prestar servicios de telecomunicaciones en zonas donde aún no se tiene acceso, disminuyendo la brecha digital, y ampliando las herramientas para la efectividad de la prestación de servicios públicos que están estrechamente relacionado con los derechos fundamentales, además puede hacer uso de las nuevas tecnologías como los nanosatélites para observar la tierra de manera frecuente, generando datos diarios que podemos analizar para prever desastres naturales que afectan la vida de los seres humanos. Sin dejar de lado que a través de esta tecnología se pueden aportar datos valiosos para sectores como la agricultura, garantizando objetivos del estado como la seguridad alimentaria de su población, preservar la seguridad ciudadana y cuidado del medio ambiente.

De acuerdo con Leloglu & Kocaoglan (2008), las políticas espaciales en el mundo buscan que los países asciendan en la pirámide del sector espacial, lo que implica un incremento gradual de la capacidad tecnológica, así como la inserción del país en eslabones cada vez más sofisticados de la cadena de valor de dicho sector.

Para lograr esto, una política espacial debe tener al menos dos pilares:

- (i) la definición de estrategias tanto por el lado de la demanda, por ejemplo, incrementando la apropiación social del conocimiento de estas tecnologías; como por el lado de la oferta, por ejemplo, identificando potencialidades y mejorando las capacidades tecnológicas del país y de capital humano, que lo conduzcan a incrementar su inserción en la cadena de valor, y
- (ii) la definición de la política espacial como política de Estado, de tal manera que sus efectos trasciendan los gobiernos de turno. (CONPES 3983)

Figura 1. Pirámide del sector espacial global



Fuente DNP, 2017, adaptado de Leloglu & Kocaoglan, 2008.

Recuperado de, Documentos CONPES 3983, DNP.

Colombia debe orientar sus esfuerzos para realizar actividades enmarcadas dentro de la pirámide del sector espacial que le permitan ser parte de la economía espacial, pues es evidente que los países más desarrollados que lo han hecho son más

eficientes en la prestación de servicios públicos, generando mayor bienestar en sus ciudadanos, debido a que cuentan con más herramientas para la prestación de servicios que atienen a los derechos fundamentales.

Para lograrlo, debe materializar los planteamientos dentro del documento CONPES 3983 que están orientados a generar una estrategia e identificar que sectores de la economía podrían transformar su actividad para el desarrollo de tecnología espacial, contribuyendo a generar nuevas fuentes de conocimiento y empleo, lo que supone un gran beneficio para el país dentro del ámbito económico y social.

Por lo que los gobiernos no se pueden quedar atrás en la implementación de estos sistemas, ya que, de lo contrario, estarían aumentando la brecha digital y dejando por fuera de competitividad al país y sus ciudadanos.

¿Cuáles son los problemas que no afronta el Estado frente a las telecomunicaciones?

El estado ha sido renuente en afrontar el problema de conectividad que tiene el país en sus regiones apartadas, por lo que debería diseñar un programa espacial el cual contemple el lanzamiento de un satélite geoestacionario que cubra las necesidades de conectividad del país y tener en cuenta las nuevas tecnologías espaciales como son los nanosatélites para cubrir aspectos de observación de la tierra que puede aportar datos valiosos para tomar decisiones estratégicas.

Para hacer esto posible, se debe hacer un llamado al ministerio de telecomunicaciones, al gobierno y al congreso de la república para crear programas, leyes y políticas públicas que incentive a entidades del gobierno, e inclusive a

particulares para participar en las actividades del sector espacial, con el cual se capacite y se generen alianzas con empresas internacionales que actualmente se encuentran estructurando programas espaciales, principalmente en el campo de Nanosatélites, para lograr los objetivos de conectividad y observación del país y estar a la vanguardia en la prestación de servicios públicos que reduzcan la brecha digital.

¿De acuerdo con la geografía colombiana, porque los satélites son una necesidad?

Como hemos analizado, Colombia tiene una geografía compleja que hace que las iniciativas del gobierno para cubrir telecomunicaciones por fibra óptica no sea la más adecuada, debido a que por la topografía es demasiado caro desplegar grandes redes que cubran la extensión del país, por lo cual, implementar un sistema satelital que cubra esta necesidad es necesario para el correcto desarrollo del país, ya que resolvería los problemas de conectividad, poniendo al país en una posición de ventaja.

¿Se deben tener políticas para incentivar a los particulares que exploten los sistemas satelitales?

Dentro del marco de las políticas públicas que adelanta el gobierno, se debe fomentar la participación de las empresas privadas en el sector espacial, pues como analizamos, las políticas espaciales en el mundo buscan que los países asciendan en la pirámide del sector espacial, y esto es posible gracias al trabajo conjunto que se desarrolla entre el gobierno y los particulares.

¿Cómo mejoraría los satélites la vida de los ciudadanos?

Las necesidades de los ciudadanos cambian conforme al desarrollo tecnológico, podemos evidenciar que la mayoría de prestación de servicios por parte de los estados se lleva a cabo por canales digitales, y estos deben propender porque sus ciudadanos tengan acceso a estos servicios de manera eficaz. ¿Como se logra esto? Proporcionando la tecnología adecuada para atender sus necesidades. Un ejemplo evidente es lo que sucedió con la pandemia de Covid-19. Al verse restringida la movilidad de las personas alrededor del mundo, la forma de acercar los ciudadanos a los servicios del estado era a través de los canales digitales, es decir que, para atender derechos fundamentales como la educación y la salud, el estado debe tener las herramientas tecnológicas para atender esos derechos. En nuestro caso, vemos como esto no ha sido posible porque el gobierno no cuenta con las herramientas para prestar sus servicios a toda la población.

Con la implementación de un programa de satelital, el estado contará con las herramientas tecnológicas de gran alcance para lograr prestar servicios públicos inherentes a las personas de manera eficiente, aprovechando las ventajas que traen consigo estas nuevas tecnologías.

¿Cuál es la relación que pueden tener los satélites y las políticas públicas y de desarrollo?

Dentro del marco de los objetivos de desarrollo sostenible que plantea la OCDE (organización para la cooperación y desarrollo económico), los miembros deben desarrollar políticas públicas que incentiven el desarrollo de programas espaciales que contribuyan al desarrollo social y económico. Es así como los nanosatélites se

vuelven trascendentales para el desarrollo de estas políticas públicas porque son el mecanismo para materializarlo.

¿Qué problemas le resuelve esta tecnología a Colombia?

Con un programa espacial centrado en un sistema de satélites se resuelve algunos problemas de conectividad que tiene el país, sentando las bases para que el gobierno vea las ventajas que tiene ser partícipe de actividades desarrolladas en el espacio ultraterrestre. Teniendo como efecto que su población a partir de políticas públicas inicie actividades empresariales que conlleven al desarrollo económico y progreso social del país.

¿Cómo las 5g, y el IoT se ven beneficiadas por los satélites y los nanosatélites y a su vez como el País saca ventaja de esto?

Dentro del marco de las telecomunicaciones a nivel internacional, se está avanzando para la implementación de las redes de quinta generación, las cuales concentra sus esfuerzos en conectar la mayor cantidad de dispositivos, cosas y personas a través del internet, concepto que se ha denominado el Internet de las cosas IoT, creando redes de transferencia de información, con la cual se pretende mejorarla vida de las personas a través de la telecomunicación y análisis de datos. De esta información, los países pueden sacar ventaja al obtener datos en tiempo real de lo que está sucediendo en su territorio, permitiendo que se atiendan necesidades de manera oportuna, y hasta previendo que se presenten desastres que pueda afectar a ciudadanos.

Aspectos importantes para considerar dentro del análisis de los Nanosatélites y los satélites de orbitas Geoestacionarias

Si bien hemos analizado que los Nanosatélites son un sistema complementario que permite prestar servicios de telecomunicaciones y representa ventajas para misiones de corta duración, no debemos olvidarnos de la importancia que representa tener un satélite geoestacionario propio para prestar los servicios de telecomunicaciones desde el espacio, pues este nos permite tener una cobertura total el territorio nacional.

Para Colombia, por medio del reglamento de radiocomunicaciones, instrumento donde se atribuye el espectro radioeléctrico, le fueron asignadas las siguientes posiciones orbitales:

Posición	Especificaciones
Posición en 70, 9º Oeste	Para servicio fijo por satélite con 300 MHz en banda C y 500 MHz en banda Ku.
Posición en 103, 2º Oeste	En las bandas Ku y Ka.
Posición 115, 2º Oeste	Para radiodifusión por satélite con 500 MHz en banda Ku, compartida con el pacto Andino.

En la actualidad, Colombia no hace uso de este recurso que le permite tener una ventaja, ya que no requieren de coordinación para la puesta en órbita de un satélite geoestacionario para prestar de manera eficiente dentro del territorio colombiano los servicios de telecomunicaciones.

Pero ¿por qué hacemos este llamado con urgencia para el lanzamiento de un satélite Geoestacionario?

En el caso de Colombia es necesario hacer un lanzamiento lo antes posible porque nuestra posición de 70,9° podría tener un problema de interferencia con una posición planificada perteneciente a Brasil. A Brasil le pertenece la posición planificada 69, 5 ° oeste en la banda C y KU. Esta posición le fue adjudicada a Eutelsat, una empresa prestadora de servicios de telecomunicaciones. Cuando esta empresa realice un lanzamiento va a generar interferencia con nuestra posición planificada, generando que nuestra posición quede obsoleta.

En repetidas ocasiones se le han hecho llamados de atención al gobierno para que tome acción inmediata con el lanzamiento de un satélite para evitar que el país pierda esta posición y como resultado pierda la oportunidad de desarrollo tecnológico y social.

Un proyecto como este permitiría que Colombia avance en temas como la correcta prestación de servicios de telecomunicaciones, Teleeducación y Telesalud. Aspectos importantes que deben ser garantía para la correcta prestación de derechos fundamentales de las personas.

Colombia ha tenido tres oportunidades para contar con un satélite propio, la primera fue con el proyecto SATCOL en 1977.

El satélite quería ser puesto en la órbita de los satélites geoestacionarios porque en esa época Colombia sostenía la tesis de soberanía sobre el segmento de la órbita de los satélites geoestacionarios que se encontraban en el territorio supra yacente del país, precisamente por lo que significa este recurso natural tan valioso; la intención colombiana de ejercer soberanía la extendió a los demás países ecuatoriales y en 1976 se realizó la Declaración de Bogotá, donde siete de los países ecuatoriales: Colombia, Congo, Ecuador, Indonesia, Kenia, Uganda y Zaire, y 92 Brasil como país observador; aseguraron ejercer soberanía sobre la órbita, lo que resulta ser sin duda alguna una posición errada por ir en contra del principio de no apropiación, uno de los principios fundamentales de derecho espacial, consagrado en el artículo 2 del tratado de 1967 "El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrá ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera" (Naciones Unidas, 1966). (Arango, 2018)

La segunda oportunidad fue con el proyecto SATCOL 2009-2011.

Los inicios de este proyecto se llevaron a cabo en el año 2009, donde el Doctor Alfredo Rey Córdoba, mantenía la tesis de que es más económico tener un satélite propio que alquilar una parte de un satélite a otro operador, sostuvo que los satélites que radiaban sobre Colombia ya estaban saturados, por lo que cada vez sería más complicado y que el precio de rentar un satélite era muy alto, y es por esto, bajo el programa encargado de brindar telecomunicaciones en Colombia en este entonces,

Compartel, que se inician las licitaciones para tener un satélite propio, el denominado SATCOL (Rey Córdoba, 2009) (Arango, 2018). En este proyecto fueron las condiciones de la licitación las causas para que fracasara poner un satélite en el espacio. Ya que, quien participara en la licitación, debía de ofrecer una posición orbital, aclarando que para tener posición orbital se debe ser un Estado, y no todos los operadores de satélites ostentan una posición orbital, en ese sentido, esto generó tensión al momento de hablar de la titularidad de los derechos de uso de la posición y control del satélite. “Por eso el primer problema con el que se encontraron los que adelantaban el proyecto fue esta realidad: no tenían posición que ofrecer y nadie la iba a ceder total o parcialmente sin obtener unas ventajas económicas” (Rey Córdoba, 2009) (Arango, 2018)

El tercer intento de lanzamiento se llevó a cabo en el 2016 a través de una alianza público privada entre el estado colombiano y la multinacional francesa Eutelsat. La propuesta consistía en dar acceso exclusivo a 18 transpondedores durante 15 años al estado colombiano, la construcción de un centro de control satelital y la instalación de antenas de comunicación dentro del territorio nacional. Sin embargo, esta propuesta estaba lejos de considerarse tener un satélite propio, ya que verdaderamente consistía en pagar un derecho de uso por unos transpondedores por 15 años a la compañía Eutelsat.

Un llamado a la acción para implementar un proyecto satelital propio

Teniendo en cuenta el análisis del problema de desigualdad que existe entre las zonas urbanas del país, y las zonas rurales, y con base en los estudios del DANE que demuestran el gran porcentaje de departamentos y municipios a los cuales no les abastece ningún tipo de conexión, incluyendo el de fibra óptica, es propio determinar que este factor de desigualdad no se presenta únicamente frente a una conexión nacional; sino que incide directamente en otros factores de desigualdad social, y económica, como la provisión de salud y la provisión de educación entre ambas áreas, deberes intrínsecos del Estado. Dando el paso hacia una conexión nacional, por medio de un satélite propio, incidiría directamente en la eliminación o disminución significativa de la brecha de desigualdad existente en la actualidad, al generar la posibilidad de utilizar la Telesalud y Teleducación para abastecer a un mayor número de la población, otorgando servicios de mejor calidad, a sistemas donde hay un nivel pobre o inexistente de educación o salud, habilitando la posibilidad de innovación frente a los procesos educativos y médicos, a las metodologías de enseñanza y aprendizaje, y en general, presentando la posibilidad de nuevos sistemas educativos y de salud. (Arango, 2018)

Como se expone en el fragmento anterior, Colombia por sus condiciones debe adoptar las medidas necesarias para el lanzamiento de un satélite propio para cubrir necesidades, ya que esto le permite generar progreso y desarrollo a sus ciudadanos, logrando cobertura del 100% de los municipios del país.

Conclusiones

El siguiente trabajo de grado se justificó por la necesidad que tiene los países de progreso y desarrollo económico para atender las necesidades sociales que van en aumento en el marco de las tecnologías de la información y que tienen incidencia para el correcto desarrollo y prestación de los derechos fundamentales.

El trabajo se centró en exponer qué son los nanosatélites y como son una nueva herramienta que funciona como sistema complementario en el marco de las telecomunicaciones.

El planteamiento nos dio un marco para entender por qué Colombia debe reactivar su política espacial y centrar su atención en los satélites para llegar al espacio, ya que soluciona los problemas de conectividad que tiene el país.

Este documento representa un llamado al gobierno nacional y a sus entes gubernamentales, para adoptar las políticas públicas necesarias para llevar a cabo lo propuesto durante años en materia de derecho espacial, ya que se cuenta con los recursos necesarios para adoptar un programa que cierre la brecha digital del país, contribuyendo a la reducción de desigualdades que tanto afectan la vida de sus ciudadanos.

Recordemos que nuestra legislación contempla la importancia de implementar las tecnologías de la información, reconociendo la necesidad de las telecomunicaciones por satélite como herramienta que sirve para disminuir las desigualdades sociales.

Colombia centro nuevamente su atención en el sector espacial a través de las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018, todos por un nuevo país y las bases del PND 2018 – 2022, pacto por Colombia, incluyendo los siguientes puntos:

- (i) revisar y plantear una estrategia de fortalecimiento del marco de gobernanza actual, proponiendo medidas para su articulación con las políticas de productividad y competitividad;
- (ii) establecer una hoja de ruta para la identificación de potencialidades del país, basada en evidencia, que permita definir líneas estratégicas sobre las cuales el país podría orientar esfuerzos tanto públicos como privados; y
- (iii) definir soluciones para reducir barreras y fallas de mercado que habiliten el emprendimiento y la inversión en el sector espacial". Además, señala que el diseño de esta política se hará dentro del marco de la Política Nacional de Desarrollo Productivo.

Con base en lo anterior Colombia, mediante documento CONPES 3983, política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional, se pretende crear una visión estratégica de largo plazo para crear las condiciones habilitantes para entrar a la economía espacial, concepto acuñado por la OCDE (organización para el desarrollo económico). Creando oportunidades en el sector espacial que mejoren la productividad, la diversificación y la sofisticación del aparato productivo colombiano.

Dentro del documentos CONPES 3983 podemos observar que este ha tenido en cuenta el campo de los nanosatélites, debido a que menciona cuales han sido las

iniciativas que se han llevado, lo que demuestra el aumento del interés por esta tecnología.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con Leloglu & Kocaoglan (2008), las políticas espaciales en el mundo buscan que los países asciendan en la pirámide del sector espacial, lo que implica un incremento gradual de la capacidad tecnológica, así como la inserción del país en eslabones cada vez más sofisticados de la cadena de valor de dicho sector.

Para lograr esto, una política espacial debe tener al menos dos pilares:

- (i) la definición de estrategias tanto por el lado de la demanda, por ejemplo, incrementando la apropiación social del conocimiento de estas tecnologías; como por el lado de la oferta, por ejemplo, identificando potencialidades y mejorando las capacidades tecnológicas del país y de capital humano, que lo conduzcan a incrementar su inserción en la cadena de valor, y
- (ii) la definición de la política espacial como política de Estado, de tal manera que sus efectos trasciendan los gobiernos de turno. (CONPES 3983)

Por lo cual, para llevar a cabo esto, se debe contar con iniciativas legislativas del congreso de la república y del poder ejecutivo para materializar los proyectos ya mencionados y, además, crear nuevas leyes que concreten la creación de organismos e instituciones, tanto públicas como privadas, que materialicen programas espaciales para mejorar las telecomunicaciones del país.

El Estado tiene obligaciones frente sus ciudadanos, y por ende debe materializarlas con efectividad, para el correcto cumplimiento de los derechos fundamentales que gozan las personas que habitan el territorio.

La ley 1341 de 2009 encargada de regular las telecomunicaciones en Colombia le da carácter de servicio público a las telecomunicaciones, por lo cual, conforme a la constitución política en el artículo 365, todo servicio público debe ser garantizado de forma eficiente para todo el territorio nacional, por lo cual crea la obligación de materializarlo.

De esta ley se deriva lo siguiente:

El derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC. En desarrollo de los artículos 20 y 67 de la Constitución Nacional el Estado propiciará a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio pleno de los siguientes derechos: La libertad de expresión y de difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. Adicionalmente el Estado establecerá programas para que la población de los estratos menos favorecidos y la población rural tengan acceso y uso a las plataformas de comunicación, en especial de internet y contenidos informáticos y de educación integral (Congreso de La República, 2009). (Arango, 2018)

Por último, recordemos que los satélites representan el medio idóneo para la promoción de los derechos fundamentales, debido a que tienen gran alcance, posibilitan el uso de nuevas tecnologías que hoy en día se consideran derecho universal y sirven de instrumento para la participación de los ciudadanos en la vida social, política y económica, logrando que los servicios del Estado lleguen a toda la población, disminuyendo asimismo la brecha tecnológica. Ejemplo son la teleeducación y la telesalud, pues son instrumentos que se basan en las tecnologías de la información para la promoción del derecho a la educación y a la salud utilizando la tecnología para conectar a dos o más partes que se encuentran a distancias para la prestación de un servicio que tiene como fundamento un derecho fundamental.

Referencias

- Arango, L, y Jordán, L. (2018). Beneficios de un satélite propio para Colombia como garantía de los derechos a la salud y educación, [Tesis de pregrado, Univerdid Javeriana Cali]. https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/Beneficios_de_un_satlite_propio_para_Colombia.pdf
- Alén Space, (2021). *sitio web de Nanosatélites*. <https://alen.space/es/inicio/>
- Congreso de la Republica. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- Ángel, D. A. y Herrera, J. (2011). La Propuesta Hermenéutica como Critica y como Criterio del Problema del Método. *Estudios De Filosofía*, (43), 9-29. https://revistas.udea.edu.co/index.php/estudios_de_filosofia/article/view/11565
- Botero, H. (2011). La regulación de las comunicaciones satelitales: un complemento para el acceso y servicio universal de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en Colombia. *Rev. maest. derecho econ.*, 7(7), 123-149.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, DNP (2020). Documento CONPES 3983, *política de desarrollo espacial: condiciones habilitantes para el impulso de la competitividad nacional*. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3983.pdf>

- Consejo Nacional de Política Económica y Social, DNP. (2009). Documento CONPES 3579 de 2009. *Lineamientos para implementar el proyecto satelital de comunicaciones de Colombia.*
https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3505_documento.pdf
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, DNP. (1977). Documento CONPES 1421 de 1977. *Proyecto de un satélite colombiano para comunicaciones domésticas.*
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/1421.pdf>
- Clarke, A. (1945). *Extraterrestrial Relays.*
<http://www.tnmoc.org/sites/default/files/Extra-Terrestrial%20Relays2.pdf>
- Clarke, A. (1945). *Extra-terrestrial relays, Can Rocket Stations Give World-wide Radio Coverage?* http://lakdiva.org/clarke/1945ww/1945ww_oct_305-308.html
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. (2002). *El sector de las telecomunicaciones en Colombia 1998-2001.*
https://www.crcom.gov.co/uploads/images/files/cap08_agenda_de_conectividad.pdf
- Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1341 de 2009, *Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC–, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, Colombia.

Congreso de la República. (1995). Ley 252 de 1995. Diario Oficial No. 42.171. *Por medio de la cual se aprueban la "Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", el "Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", el Protocolo facultativo sobre la solución obligatoria.* Bogotá, Colombia:

Congreso de la República. (2012). Ley 1508 de 2012. *Por la cual se establece el régimen jurídico de las Asociaciones Público-Privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, Colombia.

Sentencia C- 741. (2003). Corte Constitucional. (Dr. Manuel José Cepeda Espinosa, MP).

Sentencia T- 188 (2018). Corte Constitucional. (Cristina Pardo Schlesinger, MP).

Sentencia T- 540 (1992). Corte Constitucional. (Dr. Eduardo Cifuentes Muñoz, MP).

Davoli, F, Kourogiorgas, C, Marchese, M, Panagopoulos, A y Patrone, F. (2019). Small satellites and CubeSats: survey of structures, architectures, and protocols. *International journal of satellite communications and networking*, 37(4), 343-359.

DANE. (2018). *Censo población de Colombia 2018.*
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Díaz, F. (2009). Los derechos humanos ante los nuevos avances científicos y tecnológicos. *Revista de derecho*, 16 (1), 283 – 289.

Earth Observation Portal [ESA]. (2019). *CubeSat Concept and the Provision of Deployer Services*. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cubesat-concept>

Globalcom. (2019). *The Cost of Building and Launching a Satellite*. <https://globalcomsatphone.com/costs/>

Heller, A. (1996). *Una revisión de la teoría de las necesidades*. Editorial Paidós. <https://www.afoiceemartelo.com.br/posfsa/Autores/Heller,%20Agnes/Heller,%20Agnes%20-%20Una%20revisi%20n%20de%20la%20teor%20a%20de%20las%20necesidades.pdf>

Maldonado, T. (2003) La noción de servicio público a partir de la concepción del Estado Social de Derecho. *Revista Actualidad Jurídica Universidad del Norte*. 54-62. <https://www.uninorte.edu.co/documents/4368250/0/La+noci%C3%B3n+servicio+publico+concepci%C3%B3n+Estado+Social+de+derecho/2456ba68-9191-4662-885f-c4c1dda75ac4?version=1.1>

Montaña, A. (2005). *El concepto de servicio público en el derecho administrativo*. Universidad Externado de Colombia, edición 2, volumen I.

MINTIC. (2018). *Mapa de conectividad*. <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-2440.htm>

Naciones Unidas. (1966). *Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio*

ultraterrestre, incluso la luna y otros cuerpos celestes.

<https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>

Naciones Unidas. (1966). Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes.

<https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>

Prescornitoiu, D, y Bogdan, G. (2019). Estudio y diseño de constelaciones de nanosatélites en el marco de las comunicaciones IoT [Tesis de pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]. [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29810/TFG_Bogdan-Gheorghe_Prescornitoiu_Dragos_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29810/TFG_Bogdan-Gheorghe-Prescornitoiu-Dragos_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Payá, I. (2009, 13 al 15 de octubre). Las necesidades como análisis económico en Agnes Heller. [Congreso internacional] Título del simposio en cursiva.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3191561>

Rivas, L. (2014). La órbita de los satélites geoestacionarios: tratamiento jurídico y posibilidades de acceso, [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes].

https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/La_rbita_de_los_satlites_geoestacionarios_tratamiento_jurdico_.pdf

Rozas, P, Hantke, M. (2013) *Gestión pública y de servicios públicos*. Cepal.

<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6366>

W Radio. (2009, 9 de septiembre). Alfredo Rey Córdoba, abogado experto en telecomunicaciones, habla sobre la importancia de que Colombia pueda

tener un satélite propio y no rentar los servicios de uno. *Entrevistas W*.
http://www.wradio.com.co/escucha/archivo_de_audio/alfredo-rey-cordoba-abogadoexperto-en-telecomunicaciones-habla-sobre-la-importancia-de-que-colombia-puedatener-un-satelite-propio-y-no-rentar-los-servicios-de-uno/20090909/oir/875894.aspx

W Radio. (2016, 18 de febrero). Colombia arrendaría la parte de un satélite por el precio de uno propio. *Entrevistas W*.
http://www.wradio.com.co/escucha/archivo_de_audio/colombia-arrendariala-parte-de-un-satelite-por-el-precio-de-uno-propio-alfredorey/20160218/oir/3064093.aspx

Téllez, L. (2014). *Satélites de telecomunicaciones en Colombia pasado presente y futuro*. [Tesis de grado, Universidad de los Andes]
https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/Satlites_de_telecomunicaciones_en_Colombia.pdf

Santofino, J. (2011). León Duguit y su doctrina realista, objetiva y positiva del Derecho en las bases del concepto de servicio público. *Revista digital de derecho administrativo* (5), pp 43 – 86.
<https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/Deradm/article/view/2953/2597>

Torres, D. (2014). *Saturación de la órbita de los satélites geoestacionarios y limitación del recurso órbita-espectro: Problemas de acceso a los servicios de telecomunicaciones*, [Tesis, Universidad de los Andes].
https://spacelaw.uniandes.edu.co/images/Saturacin_de_la_rbita_de_los_sat_lites_geoestacionarios_y_limitacin_del_recurso_rbita-espectro.pdf

Universidad Sergio Arboleda, (2007). *Seis años en órbita con el Libertad 1.*

<https://www.usergioarboleda.edu.co/seis-anos-en-orbita-con-el-libertad-1/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2020). *Reglamento de*

Radiocomunicaciones. <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2018). *La Institución.*

<https://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2011). *Textos fundamentales de la*

Unión Internacional de Telecomunicaciones adoptados por la

Conferencia de Plenipotenciarios. [https://www.itu.int/dms_pub/itu-](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/09/S02090000115201PDFS.PDF)

[s/oth/02/09/S02090000115201PDFS.PDF](https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/09/S02090000115201PDFS.PDF)

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2019) R15-CPM19.02R-001, CPM

Report on technical, operational and regulatory/ procedural matters to be

considered by the World Radiocommunication Conference.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (1973). *Convención Málaga*

Torremolinos.

<https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.11.43.es.30>

[0.pdf](https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.11.43.es.30)

Unión Internacional de telecomunicaciones. (2018 del 29 de octubre al 16 de

noviembre). *Conferencia de Plenipotenciarios.* Dubái, Emiratos Árabes

Unidos. <https://www.itu.int/web/pp-18/es/page/1-sobre>