

## TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

### DIMENSIONAMIENTO DE UNA CARGA ÚTIL SATELITAL EN BANDA KA BASADA EN DEMANDAS DE USUARIO

**Tutor Académico:** Francisco Varela

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Ubieda G, Aníbal A.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2017

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 03 de noviembre de 2017

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Anibal A. Ubieda G., titulado:

### “DIMENSIONAMIENTO DE UNA CARGA UTIL SATELITAL EN BANDA KA BASADA EN DEMANDAS DE USUARIO”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Lorena Núñez  
Jurado

Prof. Gerlis Caropressi  
Jurado

Prof. Francisco Varela  
Tutor Académico

## AGRADECIMIENTOS

A mi tutor el Ing. Francisco Varela por su colaboración para guiarme en la realización de la tesis, aparte de haber sido mi docente en mi carrera de pregrado y recibir sus enseñanzas.

A mis padres Aníbal Ubieda y Brunilde Garban por haber estado a mi lado en todo momento para lograr culminar esta carrera y ser padres y amigos siempre.

A mi amigo Elio Salas, Jorge Delgado y su familia Giorgio Morales y Sonia Pernía el cual me ayudaron a superar etapas que se presentaron en mi carrera para seguir adelante y lograr cumplir mis objetivos.

A todos los compañeros que hice en mi carrera por brindarme su cariño y haber compartido momentos conmigo.

**Ubieda G, Anibal A**

**DIMENSIONAMIENTO DE UNA CARGA ÚTIL SATELITAL EN  
BANDA KA BASADA EN DEMANDAS DE USUARIO**

**Tutor Académico: Francisco Varela. Tesis. U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción Comunicaciones.  
Institución: Escuela de Ingeniería Eléctrica de la U.C.V. 2017. 133 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** Banda Ka, Carga útil del Satélite, demandas ancho de banda de usuarios.

**Resumen.** Se plantea el estudio del dimensionamiento de una carga útil satelital en banda ka basada en demandas de usuario. El área de estudio lo conforman los usuarios de servicio de internet en Venezuela, las demandas de ancho de banda de aplicaciones preferidas por los usuarios y el estudio de los órganos que regulan y hacen recomendaciones sobre el espectro de frecuencia disponible en banda Ka. Para este estudio se realizaron estimaciones de usuarios y suscriptores del servicio de internet, de los cuales fueron adquiridas muestras del Instituto Nacional de Estadística, CONATEL y recomendaciones propuestas por la ITU.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	4
EL PROBLEMA	4
1.1 Planteamiento del Problema	4
1.2 Objetivos de Investigación	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Justificación	5
1.4 Antecedentes	6
CAPITULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Fundamentos del Satélite	8
2.2 Segmento Espacial	9
2.2.1 Bus del Satélite	9
2.2.2 Carga útil de Comunicaciones	12
2.3 Banda de Frecuencia Ka	14
2.3.1 Historia de satélites de banda Ka	14
2.4 Fundamentos de Comunicaciones por Satélite	17
2.4.1 Sistema satelital de Tubería-Doblada	17
2.4.2 Sistema satelital de Procesamiento a bordo	21
2.4.2.1 Switches de procesamiento a bordo	23
2.5 Técnicas de acceso múltiple en enlaces satelitales	25

2.5.1 Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)	26
2.5.2 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)	27
2.5.3 Acceso múltiple por división de código (CDMA)	28
2.6.1 Comparación de Modulaciones coherentes y no coherentes	30
2.6.2 Modulación por desplazamiento de Fase (PSK)	30
2.6.3 Modulación por desplazamiento de fase binario (BPSK)	31
2.6.4 Modulación por desplazamiento en cuadratura (QPSK)	32
2.7.5 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)	33
2.7.5 Amplitud y desplazamiento de fase (APSK)	35
2.7 Repetidores de Procesamiento Digital	37
2.8 Conmutación y enrutamiento de múltiples haces	38
2.9 Digital Video Broadcasting (DVB)	39
2.9.1 El estándar Digital Videos Broadcasting (DVB)	40
2.9.2 Digital Video Broadcasting – Satellite (DVB-S)	41
2.9.3 Digital Video Broadcasting – Satellite versión 2 (DVB-S2)	42
2.9.4 Procesamiento de banda base MPEG-2	44
2.9.5 Procesamiento de banda base MPEG-4	44
2.9.6 Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite (DVB-RCS)	45
2.9.7 Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite versión 2 (DVB-RCS2)	48
2.9.8 TCP/IP sobre DVB	49
2.9.9 Objetivos del Servicio	49
2.9.10 Adaptación de los canales satelitales	50
2.9.11 Comparativa de los Estándares DVB-S y DVB-S2	51

2.10 Corrección de errores hacia adelante (FEC)	52
2.11 Las redes Satelitales	52
2.11.1 Conceptos Básicos	53
2.11.2 Tipo de Redes IP por Satélite	54
2.11.3 Enrutamiento a Bordo de los Satélites	56
2.11.4 IP Multicast	57
2.12 Regulación de los Servicios Satelitales	58
2.13 Aplicaciones Satelitales	58
2.13.1 Tecnología de la telemedicina	58
2.13.2 Tecnología de Tele-Educación	61
2.14 Multi-haces en Satélites	61
2.14.1 Esquemas de asignación de potencia y técnicas de asignación de haz	62
2.14.2 Enrutamiento Multipunto	63
CAPITULO III	65
MARCO METODOLÓGICO	65
3.1 Marco Regulatorio de los Servicios satelitales en Venezuela	65
3.1.1 El CUNABAF	65
3.1.2 CONATEL	70
3.1.3 Solicitud de CONATEL ante la ITU	71
3.2 Cálculo de ancho de banda Necesario para la Carga Útil	76
3.2.1 Proyección de la población venezolana para el 2030	76
3.2.2 Proyección de Suscriptores de Servicio de Internet en Venezuela para el 2030	89
3.2.2.1 Proyección #1	89

3.2.2.2 Proyección #2	103
3.2.3 Uso de datos de Aplicaciones populares en Internet	109
3.2.3.1 Navegación Web y Correo Electrónico	110
3.2.3.2 Facebook	110
3.2.3.4 Juegos en Línea	111
3.2.3.5 Llamadas ( Skype )	112
3.2.3.5 Servicios Streaming TV	112
3.2.4 Calculo de ancho de banda necesario para dimensionar Carga Útil.	113
3.2.4.1 Ancho de Banda necesario para la Proyección #1	113
3.2.4.2 Ancho de Banda necesario para la Proyección #2	113
3.2.5 Cálculo de número de Transponder necesarios para satisfacer la Demanda de usuarios.	114
3.2.5.1 Número de Transponder para la Proyección #1	115
3.2.5.2 Número de Transponder para la Proyección #2	116
3.2.6 Composición sistema satelital en banda Ka	116
3.2.6.1 Satélite	116
3.2.6.2 <i>Gateway</i>	119
3.2.6.3 Estación Remota.	119
3.3 Propuesta de Reuso de Frecuencia para las Proyecciones 1 y 2	120
3.3.1 Proyección #1	120
3.3.2 Proyección #2	123
3.3.3 Procesamiento a bordo.	126
3.3.3.1 Procesador de Banda Base Y Matriz de Conmutación de Microondas	126
CAPITULO IV	129



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS	134

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de diferentes tecnologías de conmutación a bordo.	23
Cuadro 2. Métodos de Modulación de Señal Coherente.	34
Cuadro 3. C/N de PSK M-aria y QAM M-aria	35
Cuadro 4. Eficiencias de modulación del sistema DVB-S2.	44
Cuadro 5. Comparativa de los Estándares DVB-S y DVB-S2.	51
Cuadro 6. Cuadro de atribución de servicios para la banda Ka.	66
Cuadro 7. Datos de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 mediante el método de crecimiento geométrico.	82
Cuadro 8. Datos de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados.	87
Cuadro 9. Diferencias de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 de los métodos usados, crecimiento geométrico y ajuste por mínimos Cuadrados.	89
Cuadro 10. Datos de estimación de suscriptores con servicio de internet vía terminal alámbrica para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados.	101
Cuadro 11. Datos de estimación de suscriptores totales para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados.	102
Cuadro 12. Utilización de haces por reflector para la proyección #1.	122
Cuadro 13. Utilización de haces por reflector para la proyección #2.	124

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ejemplo de un sistema de comunicación satelital.	8
Gráfico 2. Orientación y Estabilización de un Satélite.	11
Gráfico 3. Diagrama simplificado de la carga útil de la comunicación.	13
Gráfico 4. Descripción general de enlace con transponder de tubería doblada.	18
Gráfico 5. Descripción general de enlace con transponder regenerativo.	22
Gráfico 6. Ejemplo de una trama TDMA.	25
Gráfico 7. Diagrama de constelación vectorial para 16PSK, basado en la norma DVB-S2.	36
Gráfico 8. Encapsulamiento IP.	54
Gráfico 9. Visión de conexiones de última milla.	55
Gráfico 10. Visión de conexiones de Primera Milla.	55
Gráfico 11. Visión de conexiones de Transito a Internet.	56
Gráfico 12. Esquema general del sistema de tecnología de telemedicina.	59
Gráfico 13. Esquema de las evoluciones de los sistemas de telemedicina.	60
Gráfico 14. Mapa conceptual de las principales áreas de tecnología de la Telemedicina.	60
Gráfico 15. Área de cobertura y distribución del haz, mostrando la reutilización de frecuencias. Cada célula representa el área de cobertura de un haz dado; Cada color una frecuencia dada.	62
Gráfico 16. Atribución de las bandas de frecuencia, a la región 1, 2 y 3.	65

Gráfico 17. Periodo de coordinación para redes satelitales no sujetos a coordinación con arreglo.	72
Gráfico 18. Periodo de coordinación para redes satelitales sujetos a coordinación con arreglo.	73
Gráfico 19. Proyección de la población en Venezuela para el lapso 2001-2015.	77
Gráfico 20. Estimación al cierre del 2015 de usuarios del servicio de internet.	78
Gráfico 21. Penetración de usuarios del servicio de internet en el lapso de tiempo 2001-2016.	78
Gráfico 22. Proyección de la población en Venezuela para el lapso 2016-2030.	79
Gráfico 23. Estimación de usuarios del servicio de internet mediante el método de Crecimiento Geométrico.	82
Gráfico 24. Calculo de los parámetros "a" y "b" que mejor se adaptan a los datos de Usuarios del Servicio de Internet.	86
Gráfico 25. Estimación de usuarios del servicio de internet mediante el método de mínimos Cuadrados.	87
Gráfico 26. Comparación de métodos de estimación para usuarios de internet.	88
Gráfico 27. Aumento de suscriptores del servicio de difusión para el periodo 2000-2015.	90
Gráfico 28. Suscriptores del servicio de internet.	91
Gráfico 29. Suscriptores de telefonía fija local.	92
Gráfico 30. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores de telefonía fija mediante el método de mínimos Cuadrados.	94
Gráfico 31. Estimación de crecimiento de suscriptores de telefonía fija mediante el método de mínimos Cuadrados.	95
Gráfico 32. Estimación de suscriptores de telefonía fija con terminal alámbrica suscripto a un plan de internet para el año 2030.	96

Gráfico 33. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores totales del gráfico 28 suministrado por CONATEL para el periodo 2012-2015.	100
Gráfico 34. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores de banda ancha fija del gráfico 28 suministrado por CONATEL para el periodo 2009-2015.	100
Gráfico 35. Comparación de estimación por mínimos cuadrados de los suscriptores totales y suscriptores de banda ancha para el periodo 2016-2030.	102
Gráfico 36. Calculo de los parámetros "a" y "b" que mejor se adaptan a los datos del total de Suscriptores para el periodo 2006-2012.	106
Gráfico 37. Estimación de crecimiento de total de suscriptores mediante el método de mínimos Cuadrados para el periodo 2013-2030.	106
Gráfico 38. Calculo de los parámetros "a" y "b" que mejor se adaptan a los datos del total de Suscriptores de Banda Ancha Móvil para el periodo 2009-2012.	108
Gráfico 39. Estimación de crecimiento de total de suscriptores de Banda Ancha Móvil mediante el método de mínimos Cuadrados para el periodo 2013-2030.	109
Gráfico 40. Diagrama de bloques de un Transponder de tubería doblada.	117
Gráfico 41. Diagrama de subsistema amplificador de alta potencia HPA.	117
Gráfico 42. Diagrama de un Transponder regenerativo o con procesamiento a bordo.	118
Gráfico 43. Ejemplo de reflectores en un satélite con banda Ka.	119
Gráfico 44. Representación de los haces puntuales para cubrir el área.	120
Gráfico 45. Plan de Frecuencia para la proyección #1.	122
Gráfico 46. Ejemplo de proyección de 17 spotbeams en el territorio venezolano.	123
Gráfico 47. Plan de Frecuencia para la proyección #2.	125
Gráfico 48. Ejemplo de proyección de 20 spotbeams en el territorio venezolano.	126

Gráfico 49. Resumen de carga útil para la proyección #1.	127
Gráfico 50. Resumen de carga útil para la proyección #2.	128

## INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones satelitales surgieron de la necesidad de establecer enlaces fiables de comunicación internacional con una amplia cobertura. Los primeros enlaces terrestres basados en cables, permitieron una mayor calidad de las comunicaciones que los inseguros y ruidosos enlaces de radio en altas frecuencias, pero por su manera de solo enlazar dos puntos geográficos éstos no eran de fácil difusión hacia varios usuarios. Las comunicaciones satelitales permiten enviar y recibir información desde el espacio cubriendo así grandes áreas de la tierra. El solo hecho de poder enviar una señal que pueda recibirse con intensidad similar y simultánea en cualquier punto del área geográfica es su característica más notable y su principal utilización.

Debido a la congestión de usuarios en las bandas inferiores a la Ka y el uso de varios transpondedores a bordo del satélite para tener gran cobertura de difusión de señal hacia los usuarios, surge el estudio de la tecnología que brinda la banda Ka, la cual permite que se diseñen haces de cobertura con diámetros aproximados de 600Km con 500Mhz de ancho de banda, por lo que un solo satélite pudiera tener el equivalente de 15 satélites de banda Ku por ejemplo, bajando el costo por Mbit a niveles que podrían competir con las tecnologías terrestres de ADSL.

El estudio de las tecnologías de procesamiento a bordo del satélite permite identificar la carga útil que se adapta a los requerimientos de tráfico utilizados por los usuarios y permite un crecimiento de estos en un futuro por el aumento de aplicaciones en el mercado, crecimiento de población y el óptimo servicio que brindan estos satélites.

Con el estudio de requerimientos específicos de usuario se puede saber cuáles tecnologías de satélites se adaptan a ellos, estos pueden ser satélites con transponder transparente o los satélites regenerativos que utilizan procesamiento a bordo para prestar los servicios que demandan los usuarios.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema

Hoy en día, el rápido desarrollo de los satélites de comunicaciones ha traído la congestión de las bandas frecuencia por debajo de 20GHz. Este hecho ha obligado a la utilización de bandas de frecuencias altas como la banda Ka (20/30GHz). Trabajar en la banda Ka nos permite mejor aprovechamiento de ancho de banda, ofreciendo a los usuarios llegar más alto al nivel de servicios requeridos. Además, la banda Ka es el futuro para el uso de aplicaciones de banda ancha.

El plantear el uso de un sistema satelital, es aprovechar sus capacidades de cobertura amplia, su despliegue rápido y eficiente, proporcionando una infraestructura de telecomunicaciones en las zonas terrestres donde son deficientes o no existen, ya sea por motivos de costos o es imposible llegar por su ubicación.

El análisis de demanda de ancho de banda a nivel de servicios de telecomunicaciones es importante para la gestión de espectro dentro del dinamismo de uso requerido del canal, el cual permitirá prevenir fallos, detectar amenazas y tomar las decisiones correctas para el dimensionamiento de una carga útil satelital.

En base a lo antes planteado y buscando obtener información necesaria para el despliegue satisfactorio de la carga útil satelital, se plantean las siguientes interrogantes: ¿Es la banda Ka factible para los requerimientos de aplicaciones de telecomunicaciones usadas por los usuarios?, ¿Qué tecnología de carga útil con procesamiento a bordo se adapta en un sistema satelital a los requerimientos de servicio?, ¿es factible la implementación de una carga útil con procesamiento a bordo para dar servicio fijo por satélite a Venezuela? ¿Qué elementos y dispositivos conformarían la red terrestre satelital para proveer estos tipos de servicios?



## **1.2 Objetivos de Investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Dimensionar una carga útil satelital en banda Ka basada en demandas de usuario.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar las relaciones de demandas de ancho de banda de usuarios asociado a los requerimientos para la carga útil de un sistema satelital.
2. Evaluar los mecanismos de coordinación y regulación para los servicios fijos satelitales que operan en banda Ka.
3. Caracterizar los parámetros de la carga útil ajustados a las demandas y necesidades de servicios de telecomunicaciones satelital.
4. Asociar los requerimientos de los servicios con las tendencias de carga útil con procesamiento a bordo.

## **1.3 Justificación**

En el dimensionamiento de un satélite de telecomunicaciones se hace necesario analizar el territorio con la finalidad de que el sistema tenga un alcance total a lo largo y ancho de todas las ciudades y zonas apartadas, prestando un servicio de telecomunicaciones de calidad para los usuarios presentes. Para esto es imprescindible estudiar la demanda y requerimientos a nivel de usuario de aplicaciones como telemedicina, sistemas móviles, tele educación, GPS, sistema de televisión, internet, entre otros, para así obtener la carga útil del satélite el cual comprende todo el instrumental que el satélite necesita para hacer su trabajo. Para estimar los anchos de banda asociados a estas aplicaciones se considera en principio que no resulta admisible la existencia de lugares en el cual no haya cobertura para prestar servicios de telecomunicaciones por el simple hecho de que sea imposible llegar de manera terrestre o sea muy costoso, por tratarse de un sistema de comunicación satelital.

Se propone la banda de frecuencia Ka (20/30GHz) la cual tiene como ventaja en la actualidad aumentar la cobertura y brindar una calidad de servicio con mayor velocidad de transferencia de información para las aplicaciones requeridas por los usuarios finales. El estudio de requerimientos es necesario para validar la carga útil del

satélite y ver qué planes de frecuencia que se proponen son adecuados. Es necesario conocer que equipos pueden ser utilizados en cada área para determinar la variación de las antenas para conseguir una cobertura óptima.

Con el estudio de requerimientos de demanda de usuario se podrá gestionar las aplicaciones que los usuarios utilizan, para prevenir fallos, detectar amenazas o reparar problemas. Con estos análisis se puede tomar la decisión de que tecnología de satélites se adapta a estos, por ejemplo: los satélites con transponder transparente, satélites regenerativos que utilizan procesamiento a bordo sin conmutación o con conmutación, para prestar los servicios demandan los usuarios.

#### **1.4 Antecedentes**

Los diseñadores de sistemas de comunicación por satélite se están orientado al uso de la tecnología de la banda Ka y otros rangos de frecuencia mayores por las atribuciones que brindan antes las bandas con menos rango de frecuencia (banda Ku, X, C entre otros). Los sistemas de banda Ka operan a una frecuencia de enlace ascendentes alrededor de los 30GHz y de enlace descendente cerca de 20GHz. Los enlaces satelitales han migrado a la banda Ka debido a las demandas que hay en el mercado, tanto por la capacidad que requieren los usuarios y los valores de costo que nos proporciona esta tecnología.

Operar en la banda Ka para comunicaciones satelitales permite brindar una calidad de servicio con mayor velocidad de transferencia de información, servicio de voz, datos, video e internet, siempre enfocado a la operación de los usuarios en las grandes ciudades y muy importante llegar a los usuarios que se encuentran en zonas apartadas ofreciendo la misma calidad de servicio.

Actualmente la mayoría de las comunicaciones satelitales son de retransmisión de radio los cuales usan decenas de transponder, cada uno con un ancho de banda de decenas de mega Hertz. La mayoría de los transponder utilizados operan de manera transparente sin modificar o hacer usa de la señal banda base, éstos solo hacen un cambio de la frecuencia del enlace ascendente a la frecuencia del enlace descendente.

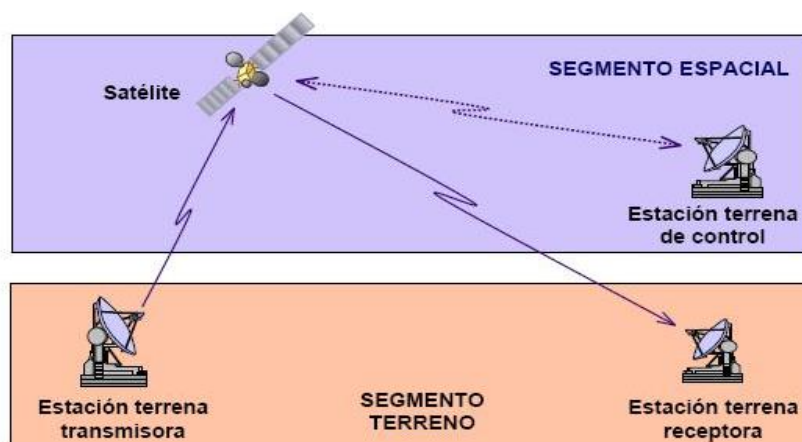
Sin embargo, se han desarrollado satélites de tecnología moderna, que tienen el nombre de Satélites regenerativos los cuales, por utilizar procesamiento a bordo, donde la señal es desmodulada, decodificada, recodificada y modulada en el satélite sirven para aplicar técnicas de procesamiento de señales y no tener que usar una estación terrestre como HUB el cual proporciona un tiempo de retardo agregado.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentos del Satélite

Un sistema de comunicación por satélite consiste en un segmento espacial y un segmento terrestre. El segmento espacial está formado por los satélites en el espacio, mientras que el segmento terrestre está constituido por dispositivos de comunicación de cada usuario, estaciones terrestres que se conectan con la red terrestre y la estación de control que se encarga de monitorear y controlar el satélite. Para realizar una llamada telefónica, enviar un correo electrónico, ver programas de televisión o intercambiar información, el usuario en la tierra genera una información y se envía al satélite a través de un dispositivo de comunicación ya sea directamente o mediante una estación terrena. El satélite a continuación transmite la información hacia la tierra al usuario receptor previsto, posiblemente mediante una estación terrena como se muestra en el Gráfico 1, mediante la transmisión de información a través de un satélite, los usuarios que se encuentran muy alejados, por ejemplo, en distintos continentes, se pueden comunicar sin la necesidad de cables. [1]



**Gráfico 1. Ejemplo de un sistema de comunicación satelital**  
Sistema espacial, Vanessa Costa y Raúl González, 2009, España.

## 2.2 Segmento Espacial

Los satélites de comunicación consisten en un bus y una carga útil. La carga útil es todo el instrumental que el satélite necesita para hacer su trabajo, esto puede incluir antenas, cámaras, radares y electrónica. La carga útil es distinta para cada satélite, por ejemplo, la carga útil para un satélite climático incluye cámaras para observar las nubes, mientras que los satélites de comunicaciones incluyen antenas para transmitir información a la tierra. El bus es la parte del satélite que transporta al espacio la carga útil y todo su equipo, mantiene todas las partes del satélite unidas el cual consiste en la estructura, energía, control de actitud, sistema de propulsión, subsistema de telemetría, seguimiento y comando (TT&C), entre otros. [1]

### 2.2.1 Bus del Satélite

El exterior del satélite se hace característicamente de un material ligero como el aluminio, titanio y con más frecuencia el epoxi de grafito que proporciona la necesaria estructura de apoyo del satélite. Lo que abarca la estructura interna hecha de epoxi de grafito es el soporte central de paneles o cilindros, los soportes de equipos internos y externos durante el lanzamiento del satélite y ayuda a mantener una alineación precisa entre los elementos de la carga útil. [1]

La estructura está integrada con módulos de control térmico y radiación. Cuando se opera en el espacio, la excesiva radiación del sol puede causar mal funcionamiento temporal de la electrónica y daños físicos de los circuitos electrónicos del satélite. La tierra y el sol lados opuesto del satélite, pueden experimentar diferentes temperaturas que van de -100 a +100 grados centígrados, para mantener la sensibilidad de los componentes electrónicos en un rango de temperatura aceptable en virtud de los diferentes ángulos, las superficies externas de los paneles del equipo de transporte utilizan espejos especiales y recubrimientos que maximicen el rechazo de calor o minimicen la luz solar incidente. Además, se utilizan tubos de calor el cual se usa para llevar el calor del interior a la superficie o a radiadores. [1]

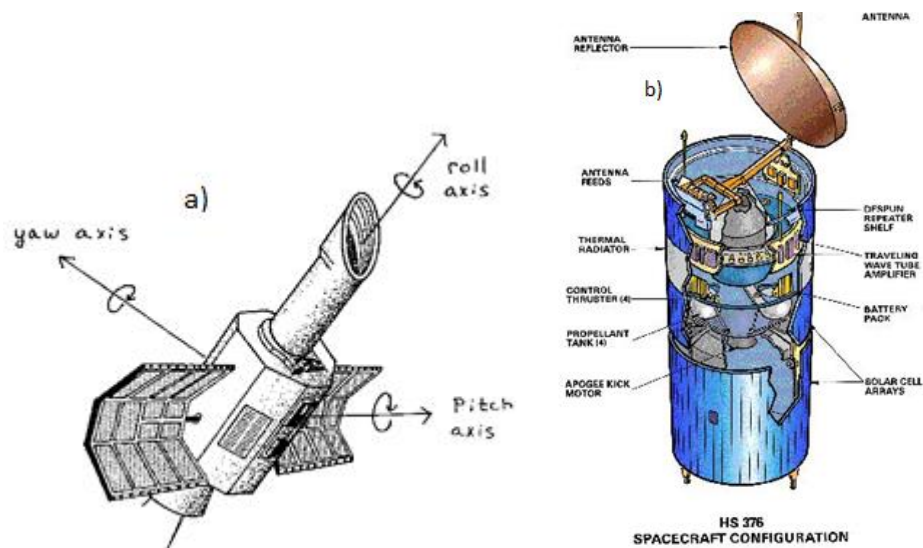
La electricidad necesaria para alimentar todos los dispositivos electrónicos a bordo proviene de dos fuentes, la primera fuente viene de los paneles solares que

convierten la luz solar en electricidad. La segunda fuente es de las baterías a bordo que se recargan cuando los paneles solares se perciben los rayos del sol. Durante los periodos de eclipse cuando la tierra bloquea al sol, las baterías cargadas entran en funcionamiento para satisfacer la demanda de energía de los dispositivos electrónicos y el satélite siga en funcionando. Por lo tanto, estas baterías deben almacenar la suficiente energía para alimentar al satélite cuando no hay otra fuente de energía disponible. Actualmente las baterías constituyen un gran porcentaje de peso total en el satélite, entre 15% y 20%. [1]

El subsistema de control de actitud es responsable del mantenimiento del satélite orientado en cuanto a sus sistemas de coordenadas: yaw, pitch y roll, como se muestra en el gráfico 2a. Sin el control de actitud, un satélite no será capaz de señalar su comunicación de las antenas hacia la tierra en todo momento. Las primeras generaciones de satélites eran de forma cilíndrica, ver el gráfico 2b, que tienen paneles solares que cubren el exterior del cuerpo, estos satélites utilizan el método spin-stabilized de tal manera que la nave gira alrededor de un eje vertical. La desventaja del spin-estabilized es que no todas las celdas solares dan cara al sol en un momento dado, por lo tanto, los niveles de potencia son bajos. Por otra parte, las antenas de comunicación tienen que estar de forma hilada para mantener su dirección apuntada. Debido a estos inconvenientes, la mayoría de los satélites en funcionamiento sonde tres ejes, ver el gráfico 2a, utilizando ruedas de inercia estabilizadas y propulsores. La estabilización de los tres ejes utilizando estos instrumentos asegura que las antenas de comunicación apuntan hacia la tierra y los paneles solares son puntiagudas hacia el sol la mayor parte del tiempo, lo que permite niveles de potencia muy por encima de los 10 kW. [1]

Incluso con estabilización activa, la orientación de un satélite puede ser perturbado por varias fuerzas externas, incluyendo la presión de la radiación solar y el campo magnético de la tierra, y la resistencia atmosférica en el caso de las naves especiales de baja altitud. Para determinar la orientación de un satélite, el a bordo con sensores que utilizan la tierra, el sol y las estrellas como puntos de referencia. Si el

satélite necesita un ajuste de actitud, el satélite debe generar una fuerza ya sea lineal o una fuerza de rotación para maniobrar la orientación deseada. Para corregir la orientación de un satélite, se utilizan varias técnicas que se pueden usar por el control y propulsión del subsistema de actitud. Con ruedas de inercia que generan el par, con propulsores que producen la fuerza lineal, con bobinas magnéticas que generan el par mediante la interacción con el campo magnético de la tierra, y con las velas solares que generan el par al permitir que la radiación solar empuje el satélite en una dirección en particular. [1]



**Gráfico 2. Orientación y Estabilización de un Satélite**

a) 3 ejes de estabilización y orientación, James Caplinger y Randy Thompson, 1997, EEUU.

b) giro de estabilización, Hughes, 2016, EEUU.

El subsistema de propulsión de un satélite no solo se utiliza para el control de actitud, sino también para conseguir colocar el satélite en la órbita deseada, por esta razón, los satélites que utilizan propelentes químicos en general tienen que llevar una gran cantidad de combustible, que se suma a su peso y costo. Una vez que se gasta el combustible, un satélite ya no puede mantener con eficacia su orientación. El tiempo

de vida útil de un satélite se limita por este factor, y está en un rango de 3 a 15 años, dependiendo del tipo de satélite, las nuevas tecnologías basadas en la propulsión eléctrica, incluyendo el plasma y sistema de propulsión iónica, se han desarrollado para aliviar algunas de las demandas sobre el producto químico del sistema de propulsión.

Al igual que con todos los sistemas físicos, los componentes del satélite pueden fallar o dañarse. Ya que es muy poco práctico y costoso enviar técnicos al espacio para corregir cualquier anomalía en el satélite, todas las funciones de diagnóstico y control se deben realizar en el suelo. A bordo del satélite se encuentran varios sensores que informan la salud del satélite. Esta información se transmite al centro de control en la tierra a través de un sistema de telemetría, seguimiento y enlace de comunicación de comandos (TT&C). Sobre la información recibida, la estación en la tierra controla y puede tomar medidas apropiadas, como crear copias de seguridad, restablecer ciertos parámetros o cargar un nuevo software. [1]

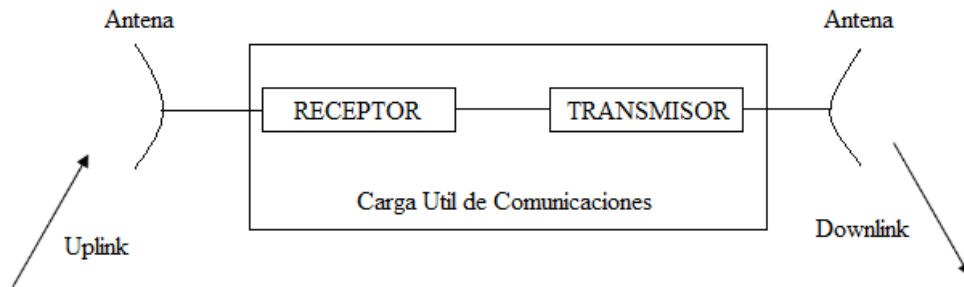
### 2.2.2 Carga útil de Comunicaciones

La carga de comunicación es responsable de establecer conexiones entre dispositivos de comunicación, que pueden estar localizados en la Tierra, en el aire o en el espacio, como se muestra en la Figura 1. En general, la carga útil de comunicación está diseñada específicamente para la aplicación particular que un satélite está destinado a servir. Aquí describimos brevemente el principio de la comunicación por satélite y algunos de los componentes esenciales de una carga útil de comunicaciones por satélite, incluyendo antenas, receptores y transmisores.

La carga útil de comunicación recibe las señales de enlace ascendente, mejora y/o procesa estas señales para contrarrestar los efectos del canal, y luego las reenvía en el enlace descendente. El tipo de mejora o procesamiento depende del tipo de satélite. Típicamente, la carga útil consiste en repetidores transparentes (también conocidos como repetidores no regenerativos o "tubos doblados"), que amplifican las señales de enlace ascendente sin procesamiento, o repetidores regenerativos con capacidades de



procesamiento a bordo. En la Figura 6 se muestra un diagrama esquemático simplificado de una carga útil de comunicación, que consta de antenas, un receptor y un transmisor. [1]



**Gráfico 3. Diagrama simplificado de la carga útil de la comunicación**

Las antenas sirven como interfaces entre señales transmitidas/recibidas y Transmisores/receptores. Dependiendo del tipo, forma y tamaño de la antena de transmitida tendrá propiedades de direccionalidad y polarización. Una antena de recepción está diseñada para que coincida con esta direccionalidad y polarización de modo que la señal transmitida pueda ser recibida. Las antenas terrestres suelen estar diseñadas para proporcionar una región de cobertura.

En algunos satélites, múltiples antenas de transmisión se utilizan para generar múltiples "spot beams" para una mayor direccionalidad y ganancia de la señal. La región de cobertura y los haces puntuales pueden ser fijados o formados dinámicamente dependiendo de la aplicación. Algunos satélites experimentales avanzados también utilizan láseres ópticos de espacio libre para transmisiones de alta velocidad entre los receptores amplifican las señales recibidas débiles y filtran las señales no deseadas. Los satélites con repetidores transparentes simplemente transmiten las señales amplificadas en el enlace descendente sin mirar la información contenida en las señales. Por el contrario, los satélites con repetidores regenerativos no sólo realizan amplificación y filtrado, sino que también regeneran la Información contenida en las señales. Las señales regeneradas se transmiten entonces en el enlace descendente.

## 2.3 Banda de Frecuencia Ka

Es una banda de frecuencias altas que opera para enlace ascendente 27.5GHz y 31GHz y el enlace descendente utiliza frecuencias entre 18.3GHz y 18.8GHz y entre 19.7GHz y 20.2GHz, siendo la primera en permitir un ancho de banda suficiente para llevar varios servicios simultáneamente como múltiples comunicaciones de voz, conexiones entre computadoras y teleconferencia, permite el uso de aplicaciones que requieran ancho de banda en demanda, de antenas y equipos satelitales pequeños, además de ofrecer una señal muy fuerte que difícilmente se deteriora en su recorrido.

### 2.3.1 Historia de satélites de banda Ka

En la década de los 70', investigadores de Estados Unidos, Europa y Japón comenzaron a explorar el espectro de banda ka. Japón fue el primer país en ofrecer servicios de banda Ka, aunque solo se introdujeron en ese momento las tecnologías básicas para los transpondedores transparentes de tubería doblada. Durante las últimas dos décadas, se han lanzado varios satélites experimentales para explorar el uso de la banda Ka. Los lanzamientos europeos incluyeron ITALSAT 1 (1991) y 2 (1996); Kopernicus DFS - 1 (1989), 2 (1990) y -3 (1992); Y Olympus (1989). Japón ha lanzado Sakura CS (1997), CS-2A (1983), CS-2B (1983), CS-3A (1988) y CS-3B (1988); N-STAR -1 (1995) y -2 (1996); ETS - 6 (1994); Y Superbird-1 (1989), -B1 (1992), y -A1 (1992). [2]

En 1984 la NASA formo un programa Advance Communications Technology Satellite (ACTS) para desarrollar tecnologías de satélite en la banda Ka. Sus objetivos eran aliviar la congestión de la órbita en bandas inferiores, promover la utilización eficaz del espectro para aumentar las capacidades de comunicación, y asegurar el predominio continuo de los Estados Unidos en las comunicaciones satelitales. El primer satélite ACTS de banda ka fue lanzado en septiembre de 1993 demostró equipos de estación terrena Comercial-Off-The-Shelf (COTS) que incorpora tecnología de conversión de frecuencia bidireccional y tecnología de integración de sistemas multimedia.

En 1994, el vicepresidente Al Gore presento el concepto de infraestructura global de información (GII) como una red de redes mundial en la primera conferencia mundial de desarrollo de las telecomunicaciones en Argentina. Este evento estimulo un fuerte interés industrial en la banda Ka en los Estados Unidos. Un año después, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) autorizo 13 sistemas geoestacionarios (GEO) de banda fija por satélite (SFS) como parte de las presentaciones de la primera ronda. Los autorizados fueron Lockheed Martin (Astrolink), Loral Skyline (Cyberstar), Echostar Corporation (Echostar), GE Americom (GE Star), KaStar Satellite Communications (KaStar), Motorola (Millennium), Morning Star Satellite Company (Morning Star), NetSat 28 Company (NetSat28), Orion Company (Orion), PanAmSat Corporation (PanAmSat), VisionStar Incorporated (VisionStar) y AT&T (VoiceSpace). [2]

Las comunicaciones satelitales en banda Ka se hicieron populares porque podían aprovechar:

- Gran Ancho de Banda: La gran cantidad de ancho de banda disponible en la banda Ka es la principal motivación para el desarrollo de sistemas de satélite de banda Ka, ya que las bandas de frecuencia más bajas se han congestionado.
- Disminución del tamaño de la antena: A medida que la frecuencia se eleva, el tamaño de la antena disminuirá para una ganancia y ancho de haz determinados. Para un tamaño de antena fijo, esto reducirá significativamente la interferencia de los sistemas satelitales adyacentes. También el precio de las antenas será menor, lo que hace que el servicio de banda ancha sea accesible para millones de usuarios finales tanto comerciales y residenciales.
- Mayor Capacidad del Sistema: Los satélites de banda Ka proporcionan haces puntuales más pequeños para aumentar la densidad de potencia de los satélites y permitir reutilizaciones de frecuencias grandes, lo que dará lugar a una mayor ocupación de espectro.

- Acceso Ubicuo: Los servicios están disponibles en cualquier ubicación dentro de la huella del satélite, especialmente en lugares donde la red por cable terrestres imposible o económicamente inviable.
- Capacidad Flexible de Ancho de Banda bajo Demanda: Esta característica maximiza el ancho de banda y la utilización de recursos, y minimiza el costo para los usuarios finales.

Por otra parte, los enlaces de satélite en banda Ka sufren degradación debido a los efectos de propagación atmosférica, que son más graves en la banda Ka, que la degradación que ocurre en las bandas de frecuencias más bajas. Los principales factores de propagación son la atenuación por lluvia, las pérdidas por antenas húmedas, la despolarización por la lluvia y el hielo, la absorción gaseosa, la atenuación por nubes, el ruido atmosférico y el centelleo troposférico. Entre estos factores, la atenuación de la lluvia es el obstáculo más difícil para los sistemas de banda Ka. [2]

Muchos satélites de banda Ka han demostrado que la fuerza de la señal disminuye drásticamente durante la lluvia, pero por muchas estrategias y técnicas están disponibles para mitigar el desvanecimiento de la lluvia. Por ejemplo, el programa ACTS introdujo haces de proyección muy pequeños para enfocar la señal de satélite en un área pequeña para que las señales puedan penetrar la lluvia. Los sistemas satelitales también pueden utilizar la codificación para superar los impedimentos de la transmisión. Otra estrategia es bajar la tasa de bits durante el periodo de lluvia. Este enfoque sería inadecuado para muchas aplicaciones, pero podría ser satisfactorio para algunos, como el acceso a internet. El control de potencia de enlace ascendente es otra técnica para mitigar las pérdidas de señal en las fuertes lluvias. [2]

En los últimos años, debido a la demora en el crecimiento del mercado, el desgaste, la consolidación y las inmaduras industrias de satélite en banda Ka, muchas compañías con licencia de satélite, como Astrolink y KAstar, posponen o cancelaron sus sistemas de satélites propuestos. Hughes Network (HNS) es la única compañía con una presentación de la FCC que no cancelo su sistema de satélite de banda Ka de los

sistemas de Spaceway que ofrece servicios de banda ancha para la región de América del norte. [2]

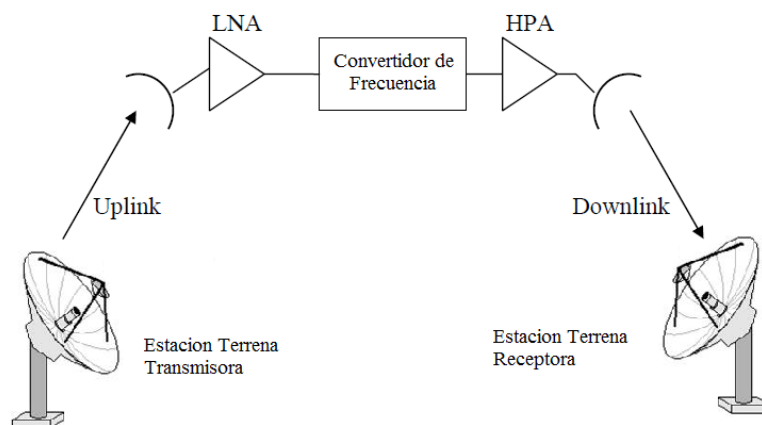
## **2.4 Fundamentos de Comunicaciones por Satélite**

Para analizar las características de los enlaces de un sistema de comunicaciones por satélite, primero deben estudiarse las características del transpondedor de satélite. Hay dos tipos básicos de transpondedores, tubos curvados y procesamiento a bordo (OBP). Los primeros transpondedores de satélite se basaban en la transmisión analógica, pero la mayoría de los modernos sistemas de satélite transmiten señales digitalmente para garantizar la fiabilidad y la exactitud de la transmisión de información. Las técnicas de conmutación digital en la OBP han facilitado el despliegue a gran escala de redes terrestres.

### **2.4.1 Sistema satelital de Tubería-Doblada**

El transponder de tubería doblada actúa como un repetidor transparente. Consiste en antenas para recibir y transmitir, un receptor de amplificador de bajo ruido (LNA), un convertidor de frecuencia, y un amplificador de alta potencia (HPA). El transmisor de la estación terrenal transmitirá señales al receptor de satélite. Las señales de enlace ascendente serán recibidas en la antena receptora, convertidas hacia abajo, alimentadas a la HPA, y luego transmitidas a la estación terrena de recepción a través de la antena transmisora. Normalmente, no se hace ningún cambio en la señal excepto una amplificación para superar las grandes pérdidas de trayectoria y una conversión de frecuencia para separar los enlaces hacia arriba y hacia abajo.

En general, el transpondedor es transparente para los usuarios, ya que la señal de transmisión de una estación terrena "rebotará" y llegará a otra estación terrena con sus características sin cambios. El gráfico 4 muestra el enlace de satélite de tubería doblada básica.



**Gráfico 4. Descripción general de enlace con transponder de tubería doblada**

La forma convencional de caracterizar el comportamiento del enlace por satélite utilizando transpondedores de tubería doblada es usar la relación de portador a ruido ( $C/N$ ). La relación  $C/N$  representa la diferencia de dB entre la potencia de señal de portadora deseada y la potencia de ruido no deseada en el receptor. También indica la calidad de la señal recibida para transmisiones tanto analógicas como digitales. En los sistemas de comunicaciones por satélite, el cálculo  $C/N$  se denomina a menudo presupuesto de enlace de potencia. El cálculo  $C/N$  en decibeles se muestra en la ecuación 1 a continuación:

$$\left. \frac{C}{N} \right|_{dB} = (P_t + G_t + G_r - L_p - A) - (k + T_n + B) - \text{Otras pérdidas} \text{ [dB]} \quad (1)$$

Donde:

$P_t$ = Potencia de la Transmisora [dBW]

$G_t$ = Ganancia de la antena transmisora [dB]

$G_r$ = Ganancia de la antena receptora [dB]

$L_p$ = Pérdidas por Espacio Libre=  $10 \log \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$  [dB]

$\lambda$  = Longitud de onda de la señal [m]

$R$ =Distancia de la Transmisión [m]

A= Atenuación por lluvia [dB]

$k$ = Constante de Boltzmann=  $1.39 \times 10^{-23}$  J/K= -228.6 dBW/K/Hz

$T_n$ = Ruido de Temperatura [dBK]

B= Ancho de banda de ruido en el que se mide la potencia de ruido [dBHz]

Otras pérdidas= tales como pérdidas gaseosas en la atmósfera, margen de enlace y margen de implementación, entre otros.

El enlace ascendente (Uplink) se refiere a las señales entregadas desde una estación terrena a un satélite en el espacio, y el enlace descendente se refiere a la señal entregada desde el satélite a la estación terrena, como se muestra en la figura 3. Para el enlace ascendente, la potencia transmitida es la potencia transmitida desde una estación terrena hasta el satélite. El  $G_t$  es la ganancia de potencia de la antena transmisora de la estación terrena.  $G_r$  es la ganancia de la antena receptora del satélite.

La señal recibida es siempre mucho más débil que la señal de transmisión, ya que las señales pasan por un largo camino en el cielo. La pérdida de trayectoria ( $L_p$ ), depende de la distancia entre el transmisor y el receptor, y la frecuencia de operación. La pérdida de trayectoria para los satélites GEO de banda Ka es grande en comparación con los satélites en órbitas inferiores y para los satélites que operan en bandas de baja frecuencia.

La suma de  $P_t$  y  $G_t$  en decibelios se presenta como Potencia Radiante Isotrópica Efectiva (EIRP). La EIRP se especifica comúnmente en comunicaciones y regulaciones por satélite. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y las Comisiones Federales de Comunicación (FCC) han indicado las limitaciones de potencia de los transmisores en términos de EIRP.

Como se mencionó antes, ya que las fuertes lluvias degradarán significativamente el rendimiento del enlace, la relación C / N también disminuirá. La tolerancia de atenuación de lluvia para un enlace depende de muchos factores, como la disponibilidad de enlaces en un año promedio, la ubicación geográfica de la estación

terrena y la frecuencia de operación del enlace. La estimación de la atenuación de la lluvia se puede calcular utilizando el modelo de lluvia recomendado por la UIT. [3]

La ganancia de la antena para transmitir y recibir es una cantidad sin unidad. Se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena. Cuando se conoce el tamaño de antena o la anchura de haz de la antena, la ganancia de la antena puede obtenerse directamente con la siguiente ecuación 2.

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi(\eta_A A_r)}{\lambda^2} \quad (2)$$

Donde:

$A_e$  = Apertura efectiva [ $m^2$ ]

$A_r$  = Apertura física [ $m^2$ ]

$\eta_A$  = Eficiencia de la apertura de la antena

La expresión en decibeles de la ganancia de potencia de la antena es:

$$G_{dB} = 10 \times \log_{10}(G) \quad [dB] \quad (3)$$

En las comunicaciones por satélite, una antena reflectora parabólica se adopta generalmente para estaciones espaciales y estaciones terrenas.

Cuando un satélite utiliza un transpondedor de tubería doblada, la relación C/N para el enlace ascendente y el enlace descendente se definen por separado utilizando (Ecu.1). C/N UP se utiliza para presentar el valor C/N de enlace ascendente como una relación, y se utiliza (C/N) DN para el valor C/N de enlace descendente. La relación C/N global que define el rendimiento del enlace de satélite no debe calcularse por sus valores de dB, sino utilizando la fórmula recíproca donde los valores de C/N están en las relaciones de potencia mostradas en (Ecu.4) a continuación.

$$\frac{1}{(C/N)_{Total}} = \frac{1}{(C/N)_{UP}} + \frac{1}{(C/N)_{DN}} \quad (4)$$



El valor total de C/N depende de los diseños de enlace ascendente y de enlace descendente. Deben hacerse compromisos de ingeniería para obtener un valor C/N total óptimo. Si el C/N total es demasiado pequeño, el receptor no detectará las señales transmitidas, ya que el ruido supera las señales deseadas. Cuanto mayor sea el valor C/N, mejor será la recepción del sistema; Sin embargo, el sistema se vuelve inaccesible debido a que los tamaños físicos de las estaciones espaciales y terrestres o de las potencias transmitidas se incrementarían indeseablemente. Para un formato de modulación particular, C/N está directamente relacionado con la tasa de errores de bits (BER).

La ecuación 4 se usa normalmente cuando se utiliza un transpondedor de tubería doblada transparente analógico. Las señales de enlace ascendente con ruido alcanzarán el receptor de la estación espacial. Las señales con ruido se amplificarán y se traducirán a la señal de enlace descendente a través de un convertidor de frecuencia, mostrado en el gráfico 4. Esto afectará directamente la potencia de señal de enlace descendente recibida y la relación C/N total.

#### **2.4.2 Sistema satelital de Procesamiento a bordo**

El satélite convencional de tubería doblada emite señales en la misma ruta. Desde el receptor hasta el transmisor, todas las señales en un transponder en específico estarán normalmente juntas, procedentes de la misma estación terrena transmisora y pasando a la misma estación terrena receptora. Esto limita la flexibilidad de la aplicación de la red de satélite. El sistema de satélites OPB, que consta de transpondedores regenerativos y de conmutación a bordo con múltiples haces puntuales, proporciona ancho de banda a demanda con un bajo tiempo de procesamiento, interconectividad flexible y menores costos de estación terrestre.

En un sistema de satélite OPB, tanto el enlace ascendente como el enlace descendente del sistema OPB son independientes entre sí. Las señales de enlace ascendente con distorsiones o ruido que llega al receptor de la estación espacial son

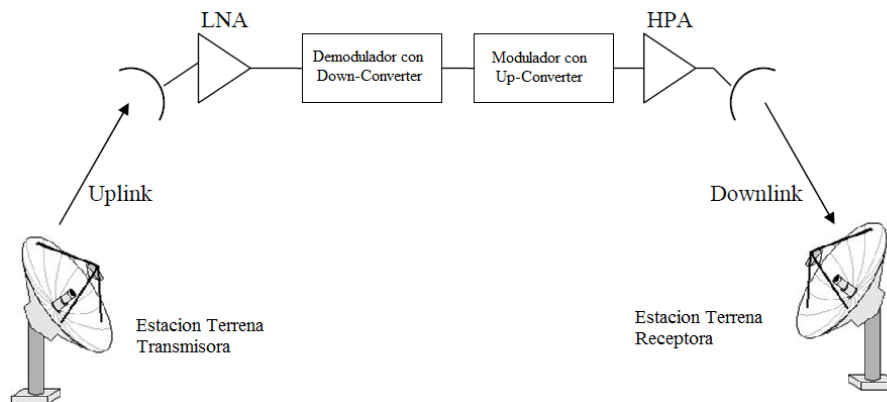
convertidas y desmoduladas y desmultiplexadas y reconstruidas. Las señales reconstruidas son entonces moduladas, multiplexadas y convertidas para ser transmitidas en el enlace descendente. Por lo tanto, la degradación del enlace ascendente no tendrá ningún efecto sobre la transmisión de enlace descendente. Por lo tanto, la degradación del enlace ascendente no tendrá ningún efecto sobre la transmisión de enlace descendente. Este proceso, denominado procesamiento de banda de base (BB), mejora significativamente el rendimiento general del enlace en la estación terrena receptora. El gráfico 5 muestra la arquitectura básica del sistema OBP y su enlace. Debido a que la demodulación se aplica digitalmente en el transpondedor regenerativo, es necesario representar la relación C/N en términos de relación de bits errados (BER). BER utilizado en señales digitales es medir la probabilidad de error de bit que ocurrirá en una cantidad de tiempo dada en el sistema. Diferentes esquemas de modulación utilizados en las comunicaciones digitales proporcionan diferentes interpretaciones. [4]

$$BER_{total} = BER_{Uplink} + BER_{Downlink} \quad (5)$$

Donde:

$BER_{Uplink}$  = probabilidad de error de bit en el enlace de subida

$BER_{Downlink}$  = probabilidad de error de bit en el enlace de bajada



**Gráfico 5. Descripción general de enlace con transponder regenerativo**

#### 2.4.2.1 Switches de procesamiento a bordo

Hay cuatro tipos de switches a bordo propuestos: interruptor de circuito, conmutador de celda, conmutador de paquetes rápido e interruptor híbrido. Cada interruptor de procesamiento integrado tiene sus propias características y tecnologías. Los conmutadores de circuito adoptados por transpondedores de procesamiento a bordo son eficientes para la utilización del ancho de banda; Sin embargo, cuando la red de conmutación de circuitos se utiliza para soportar tráfico basado en paquetes, la asignación de ancho de banda se desperdicia porque la asignación de anchura de banda es fija. Por lo tanto, los interruptores de circuito no son adecuados para servicios de banda ancha. Los conmutadores de celda se conocen como conmutadores de modo de transferencia asíncrono (ATM). La utilización del ancho de banda es mayor en comparación con otros conmutadores. Además, la sobrecarga ATM requiere 5 bytes en una celda de 53 bytes, que es grande para el ancho de banda limitado de los enlaces inalámbricos. Los interruptores híbridos son sólo la combinación de conmutadores de circuitos y paquetes; Sin embargo, con la tecnología actual, no hay productos disponibles para interruptores híbridos.

Entre los cuatro conmutadores, el conmutador de paquetes es la selección más popular para las redes de satélite, ya que proporciona tanto tráfico basado en paquetes como tráfico basado en circuitos en entornos de red basados en el Protocolo de Internet (IP).

Cuadro 1. Comparación de diferentes tecnologías de conmutación a bordo

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Conmutación de Circuitos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Excelente solución para el aprovisionamiento de servicios basados en circuitos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reconfiguración de los planes de tiempo / frecuencia de la estación terrena para cada circuito de puesta a punto</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil control de la congestión limitando el acceso a la red</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay asignación de ancho de banda fijo</li> <li>• Baja utilización de ancho de banda</li> <li>• La dificultad de implementación de redes privadas autónomas.</li> </ul>
<b>Conmutación de Paquetes Rápidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto-enrutamiento / capacidades de autoconfiguración</li> <li>• La utilización de ancho de banda flexible y eficiente</li> <li>• puede acomodar el tráfico por conmutación de circuitos</li> <li>• Es fácil implementar una red privada autónoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el tráfico de conmutación de circuitos, se requiere una mayor sobrecarga que la conmutación de circuitos, debido a las cabeceras de paquetes</li> <li>• Puede ocurrir contención / congestión</li> </ul>
<b>Conmutación Híbrida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaz de soportar diferentes tipos de tráfico</li> <li>• Menor complejidad de procesado a bordo de conmutación de paquetes rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se puede mantener la máxima flexibilidad para los servicios en el futuro, porque se desconoce la distribución futura de circuito por satélite y el tráfico de paquetes</li> <li>• Pérdida de recursos del satélite con el fin de estar diseñado para manejar la capacidad total del tráfico por satélite.</li> </ul>

- Conmutación de celdas**
- Auto-enrutamiento con una pequeña sobrecarga y capacidades de configuración automática
  - Es fácil de implementar redes privadas autónomas
  - Proporciona flexibilidad y la eficiente utilización de ancho para todas las fuentes de tráfico.
  - Puede acomodar el tráfico por conmutación de circuitos
  - Velocidad comparable a la rápida conmutación de paquetes
  - Para conmutación de circuitos se requieren gastos generales de tráfico superiores a paquetes de conmutación debido a 5 byte de cabecera atm.
  - Contención y puede ocurrir congestión.

## 2.5 Técnicas de acceso múltiple en enlaces satelitales

Debido a que se dispone de grandes cantidades de ancho de banda en los satélites GEO de banda Ka, es necesaria una técnica adecuada de gestión del ancho de banda. Una de las mejores maneras consiste en usar una técnica de acceso múltiple. En los sistemas de comunicaciones por satélite, el acceso múltiple permite que muchas estaciones terrenas compartan un transpondedor incluso si sus portadores tienen diferentes características de señal.

Hay tres tipos comunes de acceso múltiple desplegados en sistemas de comunicaciones por satélite son acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y acceso múltiple por división de código (CDMA). Una solución híbrida común se utiliza combinando técnicas tales como FDMA /TDMA. Se ha propuesto para la estación terrena utilizar FDM para el

enlace ascendente y TDMA para el enlace descendente para maximizar la eficacia del ancho de banda. FDMA y TDMA se presentarán en la siguiente sección. CDMA se discutirá brevemente también porque algunos sistemas de satélite CDMA se propusieron en los últimos años.

### 2.5.1 Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)

FDMA es una técnica de acceso multiplex popular que se utilizó por primera vez en sistemas de comunicaciones por satélite debido a su simplicidad y flexibilidad. En FDMA, las señales pueden ser analógicas o digitales; Sin embargo, las señales analógicas con FDMA se han vuelto obsoletas en los Estados Unidos, aunque algunos viejos sistemas satelitales todavía funcionan con formatos FDMA, particularmente para TV.

En general, FDMA separa el ancho de banda total del sistema en segmentos / canales más pequeños, y asigna cada canal a un usuario. Cada usuario transmite a una frecuencia asignada particular. Los filtros se utilizan para separar los canales de modo que no interfieran entre sí. La desventaja de un filtro es que no se puede sintonizar fácilmente para variar el ancho de banda de canales o la asignación de frecuencia de canal. Esto hace ineficiente el uso del ancho de banda del transpondedor y de la capacidad del satélite. [4]

Otro inconveniente de la FDMA es la no linealidad del amplificador de potencia del transpondedor que genera productos de intermodulación entre las portadoras. Esto degradará el rendimiento del enlace. Con el fin de reducir dicha interferencia, se puede reducir la potencia transmitida del satélite y de la estación terrena. Esto se llama retroceso. Por lo general, la potencia de retroceso de 2-3 dB es necesaria cuando se utiliza FDMA. Por otra parte, FDMA se vuelve útil para la transmisión de enlace ascendente cuando se utiliza una red de concentrador, puesto que sólo un portador que ocupa el ancho de banda total del transpondedor será transmitido al satélite.

### 2.5.2 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

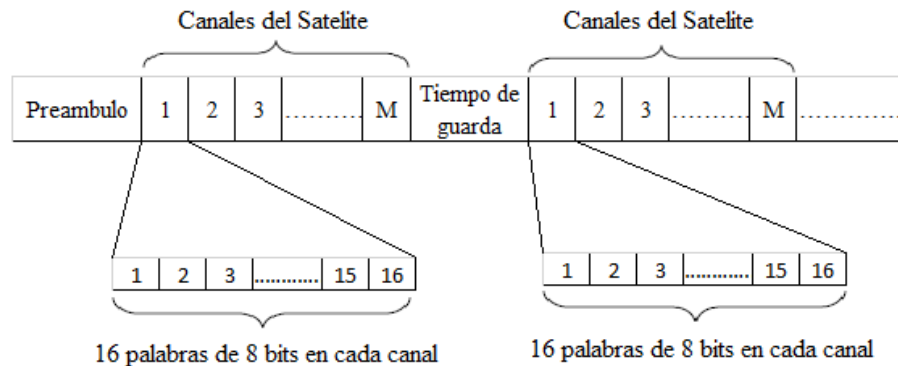
TDMA es una técnica de acceso múltiple digital que permite que las señales de o desde estaciones terrenas individuales sean recibidas o transmitidas por el satélite en intervalos de tiempo separados, que no se superpongan, llamados ráfagas. Para los enlaces ascendentes, cada estación terrena debe determinar el tiempo y el alcance del sistema de satélites de modo que las ráfagas de señales transmitidas se cronometran para llegar al satélite en las ranuras de tiempo adecuadas, aunque es muy difícil sincronizar muchas estaciones terrenas con tiempos de sincronización apropiados. Para los enlaces descendentes, no se requiere un tiempo preciso. [4]

En comparación con FDMA, TDMA ofrece las siguientes características:

1. Dado que solo una señal está presente en el receptor en un momento dado, no hay intermodulación causada por la no linealidad de los transpondedores de satélite. El transpondedor de satélite puede ser conducido casi a la saturación con el fin de proporcionar la máxima potencia de satélite.
2. La capacidad TDMA no disminuye abruptamente con un aumento en el número de estaciones de acceso.
3. La introducción de nuevos requerimientos de tráfico y cambios se acomodan fácilmente alterando la longitud y la posición de la ráfaga.

Cada trama TDMA está formada por ranuras que contienen un preámbulo, tiempo de guarda e información de datos. El preámbulo contiene sincronización y otros datos esenciales para operar la red. El tiempo de guarda se utiliza para evitar que las transmisiones de una estación se superpongan con la siguiente ranura de tiempo de transmisión de la estación. Para los enlaces ascendentes, las ráfagas/tiempos transmitidos de los usuarios son críticos. Deben llegar a los transpondedores en las ranuras requeridas para que la información requerida pueda ser extraída en las estaciones terrenas recibidas sin errores.

Una longitud de tiempo típica de una trama TDMA es de 2 ms, lo que reduce la proporción de la sobrecarga al tiempo de transmisión del mensaje. Se utilizan normalmente 16 palabras de 8 bits en un canal digital terrestre. El gráfico 6 muestra dos tramas TDMA que consisten en preámbulo y canal de satélite en cada trama.



**Gráfico 6. Ejemplo de una trama TDMA**

En el receptor, las corrientes de bits de datos más altas deben ser recuperadas usando técnicas de modulación discutidas en la Sección 2.7, que requiere demodulación de señales de RF, generación de un reloj de bits, muestreo de la forma de onda de recepción y recuperación de bits. Este proceso requiere un gran almacenamiento de bits (en el preámbulo y las ranuras de tiempo de guarda), de modo que las señales originales pueden ser reconstruidas a pesar de que las transmisiones de señal se retrasan. En un sistema de satélite GEO de banda Ka, el tiempo de retardo para la transmisión unidireccional es de unos 240-250 ms a una distancia de 35.786 km entre una estación terrena y el satélite. La estación terrena tendría que estar en el ecuador en el punto sub-satélite. [4]

### 2.5.3 Acceso múltiple por división de código (CDMA)

CDMA fue diseñado por primera vez para usos militares en la década de 1960. CDMA fue diseñado para difundir la energía de las señales de información a través del ancho de banda. Las señales de propagación están por lo general por debajo del nivel de ruido, lo que hace que las señales de detección o interferencia sean más difíciles.



CDMA permite que se transmitan señales de múltiples estaciones terrenas a un satélite a la misma frecuencia y tiempo. Dado que las señales múltiples se extienden sobre un ancho de banda asignado determinado, se necesita un proceso de codificación específico. Dos procesos comunes de modulación adoptados en CDMA son la secuencia directa (DS), la llamada modulación de pseudocódigo (PN) y la modulación por salto de frecuencia (FH). [5]

Como resultado de cualquiera de las dos técnicas, el ancho de banda de la señal transmitida es mucho mayor que el ancho de banda de la señal de información en la banda base. Es por eso que estos procesos se conocen como espectro expandido o una técnica de acceso múltiple de espectro expandido. [5]

DS es el único tipo de proceso de propagación que se utiliza en las comunicaciones por satélite. La señal de información de usuario se difunde utilizando un código pseudoaleatorio de gran ancho de banda; Esto hace que el ancho de banda final de las señales sea 10 a 100 veces mayor que el ancho de banda original como se ha mencionado anteriormente. El receptor puede decodificar cada señal mediante el código único del usuario. [5]

FH se utiliza comúnmente en los sistemas Bluetooth y no era de uso común en los sistemas de satélite, aunque una combinación de DS y FH se ha propuesto. En lugar de difundir señales de información sobre un ancho de banda ancho con un código pseudoaleatorio, las señales originales pueden saltar o cambiar la frecuencia basándose en un código PN único. [5]

Se propuso que muchas redes CDMA se utilizaran especialmente en sistemas de comunicaciones por satélite cuando se desean bajas velocidades de transmisión de datos, baja potencia transmitida y terminales portátiles pequeños. Esto se hace generalmente en una banda de frecuencia más baja, tal como bandas L, C y S.

## 2.6 Técnicas de Modulación Digital para Enlaces por Satélite

Durante muchos años, se han desarrollado varias técnicas de modulación para optimizar características particulares de un enlace de transmisión digital. La tasa de error de bits deseada determinará los valores  $C/N$  requeridos mínimos para cada técnica de modulación. Los diferentes tipos de modulaciones digitales se dividen en tipos coherentes y no coherentes

### 2.6.1 Comparación de Modulaciones coherentes y no coherentes

En esta sección se describirán técnicas de modulación coherentes. Con un requerimiento  $C/N$  mínimo determinado, el desempeño BER de un sistema coherente es mejor que un sistema no coherente. Además, la modulación coherente puede incorporar información tanto de amplitud como de fase, aunque los circuitos de sincronización y los circuitos de circuito de fase bloqueada aumentan la complejidad del sistema. Por otro lado, la modulación no coherente es insensible a la información de fase, lo que degrada el rendimiento de BER [5]. Dado que ninguno de los sistemas de satélites utiliza hoy en día la modulación no coherente, la modulación coherente, como la modulación por desplazamiento de fase binario (BPSK), la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), la modulación por desplazamiento de fase  $M$  (M-PSK) y la amplitud en cuadratura Modulación (QAM), se hablará de ellos a continuación.

### 2.6.2 Modulación por desplazamiento de Fase (PSK)

La modulación por desplazamiento de fase es la modulación digital más comúnmente utilizada en los sistemas de comunicaciones por satélite digitales. El BER es el parámetro utilizado para medir el rendimiento del enlace de satélite. El BER se refiere a la probabilidad de error de bit,  $P_e$ . La probabilidad de error de bits se calcula a partir de las características del tipo de modulación utilizada y la energía por bit por densidad de ruido ( $E_b/N_0$ ), que también se puede obtener directamente de los valores

C/N. Cuanto mayor sea el valor de Eb/No, menor será la probabilidad de error de bit.  
 Para un sistema ideal, el Eb/No se puede representar como:

$$\frac{E_S}{N_o} = \left(\frac{C}{N}\right) \left(\frac{B_n}{R_s}\right) \quad (6)$$

Donde:

$E_S$ = energía por símbolo [J]

$N_o$ = densidad espectral de potencia de ruido unilateral [W/Hz]

C= potencia de la portadora [W]

N= potencia de ruido [W]

$R_s$ = símbolo [Baudios]= 1/ $T_s$ , donde  $T_s$ = duración del símbolo [s]

$B_n$ = ruido de ancho de banda [Hz]

Para simplificar el cálculo del BER, se supone que la interferencia entre símbolos es cero y que se utilizan filtros de coseno de raíz (RCC) ideales en el transmisor y el receptor.

### 2.6.3 Modulación por desplazamiento de fase binario (BPSK)

El desplazamiento de fase binario consiste en representar los símbolos binarios 1 y 0. La probabilidad de error para BPSK se muestra en la ecuación 7.

$$P_e = Q \left[ \sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{C}{N}} \quad (7)$$

Donde:

$E_b$ = energía en un solo bit [J]

$N_o$ = Densidad espectral de potencia de ruido unilateral [W x Hz]

C= potencia de la portadora [W]

N= potencia de ruido [w]

El BER generalmente se calculará con la función Q o con la función de error complementaria (erfc). Muchos paquetes de software computacional, como Matlab, ya tienen las características de función incorporadas para Q y erfc. BPSK se utiliza en algunos enlaces por satélite, aunque se considera que tiene una eficiencia de ancho de banda bajo en comparación con la modulación por desplazamiento en cuadratura (QPSK), presentado en la siguiente sección. [5]

#### 2.6.4 Modulación por desplazamiento en cuadratura (QPSK)

La técnica QPSK es ampliamente utilizada en enlaces por satélite. QPSK transmite dos bits por símbolo. Puesto que dos bits se envían por símbolo, los símbolos tienen cuatro posibles estados. [5] La ecuación 8 muestra la probabilidad de error como:

$$P_e = Q \left[ \sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right] = \frac{1}{2} \text{erfc} \sqrt{\frac{C}{2N}} \quad (8)$$

Comparando la ecuación 7 y la ecuación 8, se puede notar que QPSK lleva el doble de información por Símbolo como BPSK, necesita un 3 dB adicional de C/N para lograr el mismo  $P_e$  de BPSK. Como resultado, la velocidad de símbolo para el portador QPSK es:

$$R_s = \frac{R_b}{2} \quad [sps] \quad (9)$$

Donde:

$R_b$ = velocidad de datos [bit por segundo (bps)]

$R_s$ = velocidad de símbolo [símbolo por segundo (sps)]

Modulación M-aria por desplazamiento de fase

Si un símbolo representa más de un bit, el sistema se conoce como M-ario. M representa el número de posibles estados. M tiene que ser mayor o igual a 4, de manera

que la ecuación 10, puede usarse para obtener la probabilidad de error para la modulación M-PSK.

$$P_e = \text{erfc} \left[ \sqrt{\frac{C}{N}} \sin^2 \left( \frac{\pi}{M} \right) \right] \quad (10)$$

M también está relacionado con I, el número de bits por símbolo. (Ecuación 11) muestra la relación entre el número de bits por símbolos y el número de estados (M).

$$I = \log_2(M) \quad (11)$$

La ecuación 11 se puede utilizar generalmente para cualquier esquema de modulación de niveles múltiples. La eficiencia del ancho de banda es una consideración crítica cuando se adopta un nivel más alto de esquemas de modulación. [5] La eficiencia del ancho de banda para cualquier modulación usualmente se define como:

$$\eta = \frac{R_b}{B} \quad (12)$$

donde:

$\eta$ = eficiencia del ancho de banda [bits/seg/Hz]

$R_b$ = velocidad de bit [bit/seg]

$B$ = ancho de banda de la señal transmitida [Hz]

### 2.7.5 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

QAM es básicamente una modulación que combina cuatro estados de fase de QPSK con múltiples amplitudes portadoras. Por ejemplo, 16-QAM es una modulación en la que cada símbolo representa 4 bits y tiene 16 estados posibles. Los M estados posibles se pueden calcular a partir de (Ecuación 11) anterior cuando se conoce el número de bits por símbolo, I. La probabilidad de error en la modulación QAM se calcula como:

$$P_e = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}} \operatorname{erfc} \left[ \sqrt{\frac{3}{2(M-1)}} \left( \frac{C}{N} \right) \right] \quad (13)$$

Tomando  $M = 16$  como ejemplo, 16-PSK necesita un adicional de 4 dB de  $C/N$  para lograr una probabilidad de error de  $10^{-6}$  en comparación con 16-QAM. Por lo tanto, muchas nuevas generaciones de satélites de banda Ka diseñados para el acceso a Internet usarán QAM-16 entre el satélite y el hub, por lo que el rendimiento de la BER de 16-QAM es mucho mejor que 16-PSK. Se pueden mantener valores de BER más bajos. El cuadro 2 a continuación presenta el resumen de todas las ecuaciones teóricas y relaciones de tasa de símbolos:

Cuadro 2. Métodos de Modulación de Señal Coherente

Tipo de Modulación	Tasa de Error de Bit	$R_s$ [ tasa de Símbolos ]
BPSK	$P_e = Q \left[ \sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{C}{N}}$	$R$
QPSK	$P_e = Q \left[ \sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{C}{2N}}$	$\frac{1}{2} R$
M-aria PSK (MPSK)	$P_e = \operatorname{erfc} \left[ \sqrt{\frac{C}{N} \sin^2 \left( \frac{\pi}{M} \right)} \right]$	$\frac{R_b}{M}$
M-aria QAM (MQAM)	$P_e = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M}} \operatorname{erfc} \left[ \sqrt{\frac{3}{2(M-1)}} \left( \frac{C}{N} \right) \right]$	$\frac{R_b}{M}$

Donde:  $E_b$  = energía en un solo bit [J],  $N_o$  = densidad espectral de potencia de ruido unilateral [W/Hz],  $C$  = potencia de la portadora [W],  $N$  = potencia de ruido [W],  $R_s$  = velocidad de símbolo,  $R_b$  = velocidad de bit.

Las modulaciones de orden superior en el cuadro 3, requieren valores de  $C/N$  más altos que pueden ser más difíciles de conseguir en un enlace por satélite. Por lo tanto, usar la corrección de errores hacia adelante (FEC) o la potencia de control de enlace ascendente para obtener un BER mejor para un  $C/N$  dado, puede ser un método preferible, como se describe en la siguiente sección. [5]

Cuadro 3.  $C/N$  de PSK M-aria y QAM M-aria

Modulación M-aria	C/N (dB)	
	deseado @ PSK BER= $10^{-8}$	Modulación M-aria QAM C/N (dB) deseado @ BER= $10^{-8}$
2-PSK (BPSK)	10.76	-
4-PSK (QPSK)	13,53	4-QAM 13.77
8-PSK	19.12	8-QAM 17.53
16-PSK	24.97	16-QAM 20.02
32-PSK	30.95	32-QAM 24.36

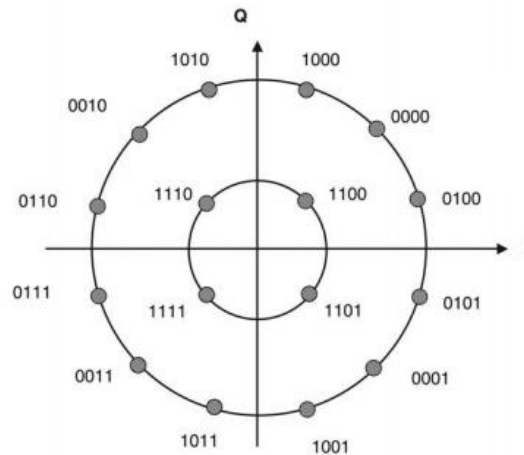
### 2.7.5 Amplitud y desplazamiento de fase (APSK)

QPSK es un método de modulación eficiente principalmente en términos de potencia; Sin embargo, hay circunstancias en las que su ancho de banda ocupado excede lo que está disponible. Se puede encontrar una solución a través de una forma de onda más compleja que viene bajo la clase general llamada modulación eficiente de ancho de banda (BEM). Un punto a tener en cuenta es que mientras la técnica BEM puede ser eficiente en términos de ancho de banda, no lo es en términos de potencia. Será necesario compensar este trade-off usando más EIRP de satélite o una antena de estación terrena más grande (es decir, mayor G/T en recibir).

La forma más común de BEM es la modulación de amplitud y de desplazamiento de fase (APSK), en la que tanto la fase como la amplitud varían para transportar los bits de información. El gráfico 7 presenta el diagrama fasorial, también denominado constelación de señales, para la versión de 16APSK adoptada por la norma

DVB-S2. En ella se observan dos círculos concéntricos, el primero idéntico a una forma de onda QPSK y el círculo exterior siendo dividido en 12 sectores (es decir, PSK de 12 fases). En total, hay 16 estados de señal posibles para corresponder a 4 bits de datos. Esto se indica en la figura en la que hay 16 combinaciones diferentes de cuatro bits, con sólo una diferencia de bit entre localizaciones adyacentes en el espacio de señal.

Esta forma de onda utiliza un cambio entre dos estados de amplitud y hasta 12 estados de fase diferentes. Se diseñó para mejorar el rendimiento en un canal repetidor del tipo encontrado en los satélites repetidores de tubería doblada. Una forma de onda 32APSK que añade un anillo externo con 16 estados de fase adicionales produce cinco bits por estado de señal. [6]



**Gráfico 7. Diagrama de constelación vectorial para 16PSK, basado en la norma DVB-S2**

Con las constelaciones de BEM, siempre hay regiones de estado de datos más pequeñas en la constelación de fase-amplitud que con BPSK o QPSK. El ruido, sin embargo, corrompe la fase y la amplitud, por lo que puede causar más fácilmente decisiones de estado de datos erróneas en el receptor. Así, con una tasa de datos más alta por unidad de ancho de banda, la C/N en el canal debe ser significativamente mayor de lo que sería aceptable para PSK o FSK.



El beneficio final de BEM se encuentra en una matriz dinámica llamada codificación adaptativa y modulación (ACM) en la que el formato de modulación y velocidad de codificación se alteran automáticamente en el enlace para aumentar el rendimiento en condiciones ideales.

Debido a la mayor velocidad de datos por unidad de ancho de banda, el C/N en el canal debe ser significativamente mayor de lo que sería aceptable para PSK o FSK. Idealmente, el canal RF debe ser lineal para permitir que el formato de modulación complejo pase sin alteraciones. Las mejoras continuas en el rendimiento de los canales por satélite hacen que la modulación híbrida sea más práctica. Un ejemplo sería una carga útil de procesamiento digital, en la que la nave espacial recibe una portadora modulada híbrida, recupera los bits y retransmite la señal de una manera lineal.

## **2.7 Repetidores de Procesamiento Digital**

Las capacidades de servicio del tubo doblado han sido bien establecidas durante 40 años de evolución, culminando en grandes satélites de tres ejes con hasta 100 Transpondedores. Debido a las limitaciones de la tubería doblada, junto con los avances en DSP y dispositivos de estado sólido y la disponibilidad de chips VLSI de alta velocidad, los repetidores de procesamiento digital están entrando en el mercado de satélites en mayor número. En general, los ingenieros de comunicaciones por satélite han aplicado esas tecnologías sobre el terreno para mejorar el costo y el rendimiento de las estaciones terrenas y los terminales de usuario. [6]

Los ejemplos incluyen los módems digitales que se encuentran en los datos VSAT, DVB-S y DVB-S2 codificadores y receptores utilizados en sistemas de TV DTH, y dispositivos portátiles que soportan varias aplicaciones de voz y datos a través de satélites.

En años anteriores, el procesamiento digital se limitó a la conmutación de RF o IF para su uso en sistemas TDMA de banda ancha como el SS/TDMA de INTELSAT.

Ese tipo de servicio depende de estaciones terrenas grandes y caras que pueden desarrollar las cantidades de Información para justificar la inversión en el satélite.

Las generaciones actuales de naves espaciales MSS tienen cargas útiles de procesamiento que introducen servicios de canalización de banda estrecha para telefonía digital y datos de baja velocidad. Una limitación importante en estos diseños es la velocidad máxima de procesamiento y las tasas de muestreo permitidas por la tecnología DSP entonces existente. Ahora hay versiones de banda ancha que ofrecen verdaderas aplicaciones multimedia a VSATs de banda Ka de bajo costo, donde el usuario puede acceder a la red directamente a través del satélite a velocidades de megabit por segundo. El enfoque fundamental del procesamiento digital es alterar activamente las señales en el satélite antes de ser retransmitidas al suelo. Esto implica funciones tales como selección y enrutamiento de canales de banda estrecha, conmutación de canales o paquetes de división de tiempo, decodificación y recodificación de flujos de datos para FEC a bordo, y reformato completo de datos para una transmisión óptima de enlace descendente. Las tecnologías para lograr que incluyen alta velocidad de conversión A / D, transformada rápida de Fourier (FFT) de cálculo, filtrado digital, buffer de velocidad de datos y codificación. [6]

## **2.8 Conmutación y enrutamiento de múltiples haces**

Los satélites utilizados para servicios de voz y datos interactivos actuales son muy exigentes en términos de la cantidad total de información que se va a transferir. Además, el sistema de antena de satélite debe tener la mayor ganancia posible para minimizar la potencia del transmisor de enlace ascendente, ya que a menudo proviene de un dispositivo de bajo costo como un teléfono de mano o un terminal de ultrasonido de apertura (USAT). La forma más directa de abordar esto desde una perspectiva de arquitectura satelital es emplear muchos haces de pequeño punto para cubrir la región de interés. Cada haz tiene una ganancia mucho mayor que la del típico satélite de tipo cobertura de área; Y proporciona un alto grado de reutilización de frecuencia con el enfoque de haz múltiple. [6]

El patrón de enrutamiento actual, que define la matriz de distribución de tráfico, se almacena en una memoria integrada. El patrón se carga desde la estación de control de tierra utilizando un enlace de comunicación de datos (que puede ser parte del sistema de comando). Debido a que los requisitos de transferencia de tráfico cambian con el tiempo, el patrón de enrutamiento se puede modificar subiendo nuevos datos a la memoria del conmutador. Un acercamiento es mantener varios patrones en la memoria incorporada de modo que una nueva configuración pueda activar en respuesta rápida a la demanda. El patrón también podría ser alterado automáticamente en momentos específicos del día.

La sincronización de la red global es crítica porque los burst deben llegar a la hora correcta para ser transferidos entre los haces sin colisiones. Eso, por supuesto, es fácil de hacer cuando el enrutador incorpora el mismo enlace ascendente y enlace descendente. La sincronización de la red global es crítica porque los estallidos deben llegar a la hora correcta para ser transferidos entre los haces sin colisiones. Eso, por supuesto, es fácil de hacer cuando el enrutador incorpora los mismos haces de enlace ascendente y enlace descendente juntos. Las estaciones deben tener asignaciones estrictas de franjas horarias dentro del marco general para asegurar que las ráfagas no chocan. [6]

## **2.9 Digital Video Broadcasting (DVB)**

La tecnología digital video broadcasting (DVB) permite la difusión de "contenedores de datos", en los que se pueden transmitir todo tipo de datos digitales. Simplemente entrega imágenes comprimidas, sonido o datos al receptor dentro de estos 'contenedores'. No existen restricciones en cuanto al tipo de información en los contenedores de datos. La información de servicio de DVB actúa como un encabezado al contenedor, asegurándose de que el receptor sabe lo que necesita decodificar.

Una diferencia clave del enfoque DVB en comparación con otros sistemas de radiodifusión de datos es que los diferentes elementos de datos dentro del contenedor

pueden llevar información de temporización independiente. Esto permite, por ejemplo, sincronizar información de audio con información de vídeo en el receptor, incluso si la información de vídeo y audio no llega al receptor exactamente al mismo tiempo.

### 2.9.1 El estándar Digital Videos Broadcasting (DVB)

Digital video broadcasting (DVB) es un término que se utiliza generalmente para describir los servicios de televisión digital y transmisión de datos que cumplen con los estándares DVB.

De hecho, no hay un solo estándar DVB, sino más bien una colección de normas, recomendaciones técnicas y directrices. Éstos fueron desarrollados por el Proyecto sobre la Radiodifusión de Vídeo Digital, generalmente llamado el 'Proyecto DVB. [7]

El proyecto DVB se inició en 1993 en colaboración con la Unión Europea de Radiodifusión (UER), el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC). El proyecto DVB es un consorcio de unas 300 organizaciones miembros. A diferencia de las actividades tradicionales de las agencias gubernamentales en todo el mundo, el Proyecto DVB está dirigido por el mercado y, por lo tanto, trabaja en términos comerciales, con plazos ajustados y requisitos realistas, siempre con el objetivo de promover sus tecnologías a través de economías de escala. Aunque está basado en Europa, el proyecto DVB es internacional, y sus miembros están en 57 países alrededor del mundo. [7] Las especificaciones DVB se refieren a:

1. Codificación de fuente de señales de audio, datos y video.
2. codificación de canales.
3. Transmisión de señales DVB a través de rutas de comunicaciones terrestres y por satélite.
4. Codificación y acceso condicional.
5. Los aspectos generales de la radiodifusión digital.
6. Plataformas de software en terminales de usuario.

7. Interfaces de usuario que admiten el acceso a servicios DVB.
8. El canal de retorno, desde un usuario de vuelta a una fuente de información o programa para soportar servicios interactivos.

Las especificaciones DVB están interrelacionadas con otras especificaciones reconocidas. La codificación DVB de la información audiovisual y la multiplexación se basan en los estándares desarrollados por el Moving Picture Experts Group (MPEG), un esfuerzo conjunto de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). La principal ventaja de MPEG en comparación con otros formatos de codificación de audio y video es que las sofisticadas técnicas de compresión utilizadas hacen que los archivos MPEG sean mucho más pequeños para la misma calidad. Por ejemplo, el primer estándar, MPEG1, fue introducido en 1991 y soporta compresión 52: 1, mientras que el MPEG2 más reciente soporta compresión de hasta 200: 1.

#### 2.9.2 Digital Video Broadcasting – Satellite (DVB-S)

Uno de los primeros estándares desarrollados por el Proyecto DVB y formulados por el ETSI fue para la difusión de video digital por satélite (generalmente denominado "estándar DVB-S"). También existen especificaciones para la retransmisión de señales DVB a través de redes de cable y redes de distribución de televisión por satélite (SMATV). [7]

Las técnicas utilizadas para DVB vía satélite son clásicas en el sentido de que han sido Utilizado durante muchos años para proporcionar enlaces de datos de satélite punto a punto y punto a multipunto en Aplicaciones "profesionales". La contribución clave del Proyecto DVB a este respecto ha sido el desarrollo de conjuntos de chips altamente integrados y de bajo coste que adaptan la señal de banda base DVB al canal de satélite. Las transmisiones de datos vía satélite son muy robustas, ofreciendo una tasa de error de bits máxima en el orden de  $10^{-11}$ . [7]

En aplicaciones de satélite, la velocidad máxima de datos para un contenedor de datos es típicamente de 38 Mbit / s. Este contenedor puede alojarse en un solo transpondedor de satélite de 33MHz. Proporciona suficiente capacidad para entregar, por ejemplo, de cuatro a ocho programas de televisión estándar, 150 canales de radio, 550 canales RDSI, o cualquier combinación de estos servicios. Esto representa una mejora significativa con respecto a la transmisión por satélite analógica convencional, en la que el mismo transpondedor se utiliza típicamente para acomodar un único programa de televisión con una flexibilidad operativa mucho menor. [7]

Un solo satélite de radiodifusión de alta potencia moderno típicamente proporciona por lo menos veinte transpondedores de 33MHz, permitiendo la entrega de unos 760 Mbit / s de datos a un gran número de usuarios equipados con antenas parabólicas pequeñas (alrededor de 60 cm). Un modelo genérico simple de un canal de transmisión por satélite digital comprende varios bloques de construcción básicos, que incluyen procesamiento en banda base y adaptación de canal en el transmisor y las funciones complementarias en el receptor. El centro del modelo es, por supuesto, el canal de transmisión por satélite. La adaptación del canal se realizaría muy probablemente en la estación terrena de transmisión de satélite, mientras que el procesamiento en banda de base se realizaría en un punto cercano a la fuente del programa. [7]

### 2.9.3 Digital Video Broadcasting – Satellite versión 2 (DVB-S2)

DVB-S2 es un sistema digital de transmisión por satélite desarrollado por el Proyecto DVB. Utiliza las últimas técnicas de modulación y codificación para ofrecer un rendimiento que se aproxima al límite teórico de dichos sistemas. La transmisión por satélite fue la primera área abordada por el Proyecto DVB en 1993 y las normas DVB constituyen la base de la mayoría de los servicios de TV por satélite en todo el mundo, y por lo tanto de la mayoría de la televisión digital en general. DVB-S2 reemplazará gradualmente a DVB-S en el futuro, ya que los nuevos servicios de HD atraen a los usuarios a actualizar sus receptores a modelos DVB-S2 más eficientes. [8]

El sistema DVB-S original, en el que se basa DVB-S2, especifica el uso de la modulación QPSK junto con diversas herramientas para la codificación de canales y la corrección de errores. Otras adiciones se hicieron con la aparición de DVB-DSNG (Digital Satellite News Gathering), por ejemplo, permitiendo el uso de la modulación 8PSK y 16QAM. DVB-S2 se beneficia de desarrollos más recientes y tiene las siguientes características técnicas clave:

1. Hay cuatro modos de modulación disponibles, con QPSK y 8PSK destinados a aplicaciones de radiodifusión en transpondedores de satélite no lineales conducidos cerca de la saturación. 16APSK y 32APSK, que requieren un nivel más alto de C/N, se dirigen principalmente a aplicaciones profesionales como la recopilación de noticias y servicios interactivos.
2. DVB-S2 utiliza un esquema de corrección de errores de avance (FEC) muy potente, un factor clave para permitir el rendimiento excelente en presencia de altos niveles de ruido e interferencia. El sistema FEC se basa en la concatenación de BCH (Bose-Chaudhuri-Hcquengham) con la codificación interna LDPC (Low Density Parity Check).
3. La codificación y modulación adaptativa (ACM) permite cambiar los parámetros de transmisión basados marco por fotograma dependiendo de las condiciones particulares de la ruta de entrega para cada usuario individual. Está dirigido principalmente a servicios interactivos unicasting ya aplicaciones profesionales de punto a punto.
4. DVB-S2 ofrece modos opcionales compatibles con versiones anteriores que utilizan la modulación jerárquica para permitir que los receptores DVB-S antiguos continúen operando, a la vez que proporcionan capacidad y servicios adicionales a receptores más nuevos.

La razón de utilizar esquemas de modulación alta, es porque se puede lograr agrupar más de un bit en un símbolo. Es por esto que las modulaciones de alto orden incrementan drásticamente la eficiencia del sistema. El siguiente Cuadro 4 presenta las eficiencias de modulación en el sistema DVB-S2. [8]

Cuadro 4. Eficiencias de modulación del sistema DVB-S2

Modulación	Eficiencia de Modulación Bits / Símbolo
QPSK	2
8PSK	3
16APSK	4
32APSK	5

#### 2.9.4 Procesamiento de banda base MPEG-2

MPEG es un grupo de expertos de la industria que contribuyen al desarrollo de estándares comunes a través de un comité conjunto del UIT-T y la ISO / CEI. La norma MPEG-2 establecida fue adoptada en DVB para la codificación de fuente de información de audio y video y para multiplexar un número de flujos de datos de fuente e información auxiliar en un único flujo de datos adecuado para la transmisión. Por lo tanto, muchos de los parámetros, campos y sintaxis utilizados en el procesamiento de banda base DVB se especifican en las normas MPEG-2 pertinentes. Los estándares MPEG-2 son genéricos y de alcance muy amplio. Algunos de los parámetros y campos de MPEG-2 no se utilizan en DVB. [7]

#### 2.9.5 Procesamiento de banda base MPEG-4

También conocido como MPEG-4 Systems, proporciona las tecnologías para representar de manera interactiva y sincrónica y entregar contenidos audiovisuales compuestos de varios objetos incluyendo audio, visual, gráficos vectoriales 2D / 3D y etc.

Especifica un modelo de terminal para la gestión de tiempo y memoria intermedia, un marco para la identificación, descripción y dependencias lógicas de las corrientes elementales, una estructura de paquetes que transporta información de



sincronización y una representación multiplexada de flujos elementales individuales en una sola corriente.

Dado que los sistemas MPEG-4 deben ser capaces de trabajar en un escenario "push" donde el emisor transmite los datos al terminal sin recibir ninguna señal solicitando los datos, MPEG-4 Systems define un modelo conceptual del terminal que cumple MPEG-4 para el remitente estimar el comportamiento del terminal en términos de gestión de búfer y sincronización de datos procedentes de diferentes corrientes elementales. En este modelo, se definen dos interfaces conceptuales para describir el comportamiento del decodificador. DAI (interfaz de aplicación DMIF) es la interfaz entre el desmultiplexor y el búfer de decodificación, y ESI (interfaz de corriente elemental) es la interfaz entre el búfer de decodificación y el decodificador. DAI proporciona una serie de paquetes, llamados paquetes SL, al búfer de decodificación de cada flujo elemental. SL contiene una unidad de acceso completo o el fragmento de la misma como una carga útil y también lleva la información de temporización de la carga útil para la decodificación y la composición en una cabecera. Cada unidad de acceso permanece en el búfer de decodificación antes de que llegue el tiempo de decodificación y produce una unidad de composición como resultado de la decodificación que seguirá siendo la memoria de composición hasta que llegue el tiempo de composición. Mediante el uso de este modelo conceptual, el emisor puede garantizar que el flujo no rompa el terminal que lo recibe provocando un desbordamiento de búfer. [8]

#### 2.9.6 Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite (DVB-RCS)

Los principales elementos de un canal de retorno DVB por satélite (DVB-RCS) son la estación central y los terminales de satélite de usuario. La estación central controla los terminales a través del enlace directo (también llamado enlace saliente), y los terminales comparten el retorno (también llamado enlace entrante). La estación central transmite continuamente el enlace directo con multiplexación por división de tiempo (TDM). Los terminales transmiten según sea necesario, compartiendo los

recursos del canal de retorno utilizando el acceso múltiple de división de tiempo de múltiples frecuencias (MF-TDMA). [7] El sistema DVB-RCS soporta comunicaciones en canales en dos direcciones:

1. Canal de avance, desde la estación central a muchos terminales.
2. Los canales de retorno, de los terminales a la estación central.

Se dice que el canal directo proporciona un servicio "punto a multipunto", porque es enviado por una estación en un solo punto a estaciones en muchos puntos diferentes. Es idéntico a un canal de difusión DVB-S y tiene una sola portadora, que puede ocupar toda la anchura de banda de un transpondedor (ancho de banda limitado) o utilizar la potencia del transpondedor disponible (potencia limitada). Las comunicaciones a los terminales comparten el canal utilizando diferentes ranuras en la portadora TDM. [7]

Los terminales comparten la capacidad del canal de retorno de uno o más transpondedores de satélite transmitiendo en ráfagas usando MF-TDMA. En un sistema, esto significa que hay un conjunto de frecuencias portadoras de canal de retorno, cada una de las cuales está dividida en intervalos de tiempo que pueden asignarse a terminales, lo que permite que muchos terminales transmitan simultáneamente al concentrador. El canal de retorno puede servir a muchos propósitos y por consiguiente ofrece opciones de algunos parámetros de canal. Un terminal puede cambiar la frecuencia, la tasa de bits, la velocidad FEC, la longitud de la ráfaga o todos estos parámetros, desde la ráfaga hasta la ráfaga. Las ranuras del canal de retorno se asignan dinámicamente. [7]

Los tiempos de transmisión del enlace ascendente y descendente entre el hub y el satélite están casi fijos. Sin embargo, los terminales están en diferentes puntos, por lo que los tiempos de tránsito de la señal entre ellos y el satélite varían. En el canal directo, esta variación no tiene importancia. Así como los sistemas de televisión por satélite reciben con éxito señales cada vez que llegan, los terminales reciben señales de enlace descendente sin tener en cuenta las pequeñas diferencias en sus tiempos de llegada. [7]

Sin embargo, en el enlace ascendente, en la dirección de retorno de los terminales al hub, pequeñas diferencias en el tiempo de tránsito pueden interrumpir la transmisión. Esto se debe a que los terminales transmiten en ráfagas que comparten un canal de retorno común al estar espaciados entre sí en el tiempo. Por ejemplo, una ráfaga de un terminal podría tardar porque tarda más en llegar al satélite que una ráfaga enviada por otro terminal. Una ráfaga que es anterior o posterior a lo que debería ser, pueden chocar con las ráfagas enviadas por los terminales utilizando las ranuras TDMA vecinas.

La diferencia en los tiempos de transmisión a los terminales a lo largo de la huella de un satélite puede ser compensada mediante el uso de intervalos de tiempo que son considerablemente más largos que los estallidos transmitidos por los terminales, por lo que antes y después de una ráfaga hay un tiempo de guarda suficientemente largo para evitar colisiones con las ráfagas en las ranuras vecinas en el marco TDMA. El tiempo de retardo unidireccional entre un hub y un terminal varía de 250 a 290 ms, dependiendo de la ubicación geográfica del terminal con respecto al concentrador. Así que el diferencial de tiempo,  $T$ , podría ser tan grande como 40 ms. Por lo tanto, la mayoría de los sistemas de satélites TDMA minimizan el tiempo de guardia mediante la incorporación de varios medios de ajuste de temporización para compensar las diferencias de trayecto satelital. [7]

DVB-RCS tiene dos métodos integrados de pre-compensación del tiempo de transmisión de ráfaga de cada terminal:

1. Cada terminal 'conoce' sus coordenadas GPS locales y por lo tanto puede calcular su propio tiempo de transmisión de ráfaga.
2. El hub supervisa los tiempos de llegada de ráfagas y puede enviar datos de corrección a los terminales si es necesario.

### 2.9.7 Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite versión 2 (DVB-RCS2)

El estándar DVB-RCS2 recientemente aprobado - la segunda generación de los estándares DVB-RCS bien establecidos y ampliamente adoptados es el avance más significativo en la tecnología TDMA en modo de ráfaga dentro de los últimos 15 años. DVB-RCS2 establece un nuevo punto de referencia que otras tecnologías de redes TDM / TDMA que son propietarias o no estándar que todavía tienen que coincidir. [10]

La naturaleza específica de la tecnología TDMA para lograr estos objetivos en las redes de satélites se llama MF-TDMA (Multi-Frecuencia TDMA). Es apoyado bastante por la industria, pero no por todos los proveedores TDM/TDMA, ya que algunos carecen de la flexibilidad dinámica necesaria. La dinámica de MF-TDMA es que emplea frecuencia rápida de salto dentro del grupo portador de TDMA en el que el salto a través de portadores se produce automáticamente en respuesta a las necesidades de la red (es decir, que no requieren la intervención humana). [10]

La tecnología MF-TDMA dinámica fue estandarizada en la primera versión del estándar DVB-RCS en 2001. Hoy existen versiones estándar (DVB-RCS) y propietarias de Dynamic MF-TDMA. Pero muchos proveedores carecen de las características clave necesarias para producir los niveles más altos de eficiencia, rendimiento y fiabilidad exigidos por muchos clientes. En particular, carecen de la ayuda de tecnologías de adaptación para su uso en TDMA Carrier grupos (como ACM) y carecen de eficacia espectral buena en el módem.

El soporte de ACM por ráfaga en portadoras TDMA puede producir un aumento de 2x a 2,5x en la eficiencia media y el rendimiento de esas portadoras en redes de banda Ku o Ka, al tiempo que aumenta considerablemente la fiabilidad a nivel de enlace. Cuando se combina con ACS, se obtienen ventajas adicionales en el rendimiento y la fiabilidad. [10]

### 2.9.8 TCP/IP sobre DVB

DVB-RCS utiliza los envoltorios digitales MPEG-2, en los que el tráfico del cliente "independiente del protocolo" está encerrado en las cargas útiles de un flujo de paquetes de 188 bytes. El envoltorio digital MPEG-2 ofrece una carga útil de 182 bytes y tiene un encabezado de 6 bytes. La secuencia para la transmisión de tráfico TCP / IP de Internet incluye:

1. El mensaje TCP/IP llega y se somete a la optimización TCP.
2. Los paquetes IP se dividen en partes más pequeñas y se colocan en secciones de datos con un medio de almacenamiento digital de 96 bits - encabezados de comando y control (DSM-CC).

Las secciones de datos DSM-CC se dividen además en paquetes MPEG2-TS de 188 bytes en el procesamiento en banda base. [7]

### 2.9.9 Objetivos del Servicio

El sistema DVB-S está diseñado para proporcionar la llamada calidad "Quasi Effor Free" (QEF). Esto significa menos de un evento de error no corregido por hora de transmisión, correspondiente a una tasa de errores de bits (BER) entre  $10^{-10}$  y  $10^{-11}$  en la entrada del desmultiplexor MPEG-2 (es decir, después de toda la decodificación de corrección de errores). Esta calidad es necesaria para asegurar que los decodificadores MPEG-2 puedan reconstruir de manera fiable la información de vídeo y audio.

Este objetivo de calidad se traduce en una relación mínima  $C/N$ , que determina a su vez los requisitos para la estación terrena de transmisión y el equipo de recepción por satélite del usuario para una determinada red de radiodifusión por satélite. El requisito se expresa realmente en  $E_b/N_0$  (energía por bit a relación de densidad de ruido), en lugar de  $C/N$ , de modo que es independiente de la velocidad de transmisión.

El estándar DVB-S especifica los valores  $E_b/N_0$  en los que se debe alcanzar la calidad QEF cuando la salida del modulador está conectada directamente a la entrada

del demodulador (es decir, en un bucle IF). Se hace una concesión para la implementación práctica de las funciones del modulador y del desmodulador y para la pequeña degradación introducida por el canal de satélite. Los valores oscilan entre 4,5 dB para la codificación convolucional de velocidad 1/2 y 6,4 dB para la codificación convolucional de velocidad 7/8.

La velocidad del código interno se puede variar para aumentar o disminuir el grado de protección de error para el enlace de satélite a expensas de la capacidad. La reducción o aumento de la capacidad asociada a un cambio en la tasa de código y el correspondiente aumento o reducción del requisito  $E_b/N_0$ .

Este último también se expresa como un aumento o una reducción equivalente en el diámetro de la antena de recepción (el tamaño de la antena parabólica del usuario), todos los demás parámetros de enlace restantes sin alterar. [7]

#### 2.9.10 Adaptación de los canales satelitales

La norma DVB-S está destinada a los servicios directos al hogar (DTH) a los descodificadores receptores integrados para el consumidor (IRD), así como a la recepción a través de sistemas de antenas colectivas (SMATV) y en las estaciones de cabecera de televisión por cable. Puede soportar el uso de diferentes anchos de banda de transpondedor de satélite, aunque un ancho de banda de 33MHz es de uso común. Todos los componentes de servicio (programas) son multiplexados por división de tiempo (TDM) en un solo flujo de transporte MPEG-2, que se transmite a continuación en una sola portadora digital.

La modulación clásica es por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK). Se emplea una estrategia de protección de errores concatenada basada en un código interno convolucional y un código exterior de Reed-Solomon (RS) acortado. Se proporciona flexibilidad para que la capacidad de transmisión se pueda intercambiar frente a una mayor protección contra errores variando la velocidad del código convolucional. Por

lo tanto, los enlaces por satélite pueden hacerse más robustos, a expensas del rendimiento reducido por transpondedor de satélite (es decir, menos servicios DVB).

La norma especifica las características de la señal modulada digitalmente para asegurar la compatibilidad entre equipos desarrollados por diferentes fabricantes. El procesamiento en el receptor es, en cierta medida, abierto para permitir a los fabricantes desarrollar sus propias soluciones propietarias. También define los objetivos de calidad de servicio e identifica los requisitos de rendimiento global y las características del sistema que son necesarios para cumplir con estos objetivos.

### 2.9.11 Comparativa de los Estándares DVB-S y DVB-S2

Cuadro 5. Comparativa de los Estándares DVB-S y DVB-S2

<b>Parámetro</b>	<b>DVB-S</b>	<b>DVB-S2</b>
<b>Códec de Video</b>	MPEG-2	MPEG-2, MPEG 4
<b>Códec de Audio</b>	MPEG-1 Capa 2	AAC, AC-3, MPEG 1
<b>Multiplexaje</b>	MPEG Transport Stream	MPEG Transport Stream, ATM, IP
<b>Tamaño del paquete de transporte</b>	188 byte	Variable, depende del Multiplexaje
<b>Código externo</b>	RS (204, 188, 8)	BCH Variable
<b>Código Interno</b>	Convolutacional (FEC: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)	LDPC (FEC: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 y 9/10)
<b>Ancho de banda del Transpondedor</b>	Hasta 54 MHz	Variable
<b>Roll-off</b>	0,35 (Coseno Elevado)	0.20, 0.25, 0.35
<b>Esquema de Modulación</b>	QPSK, BPSK (Opcional)	QPSK, 8PSK, 16APSK o 32APSK
<b>Symbol Rate</b>	1 a 45 Ms/s	Variable

## **2.10 Corrección de errores hacia adelante (FEC)**

FEC no sólo se puede utilizar para optimizar el presupuesto del enlace y maximizar la eficiencia del ancho de banda de potencia, sino que también puede proporcionar una compensación flexible entre el BER y el ancho de banda ocupado. Con varias selecciones de códigos y códigos, el FEC puede utilizarse para rebajar los parámetros del presupuesto del enlace o para mejorar el BER de un determinado enlace, especialmente en una estación terrena pequeña con un tamaño de antena limitado.

FEC es un método de corrección de errores para un enlace de transmisión. Utilizando la redundancia añadida a los bits de información, el receptor puede detectar y corregir errores de transmisión y señales dañadas. Además, no se requiere retroalimentación del receptor. Los códigos comunes que se utilizan en los módems por satélite incluyen códigos Viterbi, códigos Reed Solomon, códigos Turbo, códigos convolucionales, etc

## **2.11 Las redes Satelitales**

Al igual que las redes terrestres, las redes de satélites llevan cada vez más tráfico Inter-net, que ahora supera el tráfico de telefonía. Actualmente, el tráfico de Internet se debe principalmente a los servicios clásicos de Internet y aplicaciones tales como WWW, FTP y correos electrónicos. Las redes satelitales sólo necesitan apoyar las aplicaciones clásicas de la red de Internet para proporcionar servicios tradicionales de mejor esfuerzo. [7]

La convergencia de Internet y las telecomunicaciones llevó al desarrollo de la voz sobre IP (VoIP), la videoconferencia sobre IP y los servicios de radiodifusión sobre IP. Por lo tanto, se espera que los paquetes IP lleven clases adicionales de servicios y aplicaciones a través de redes satelitales, requiriendo calidad de servicio (QoS) de las redes IP. Se ha llevado a cabo mucha investigación y desarrollo en redes de satélites para soportar las nuevas aplicaciones multimedia y de multidifusión en tiempo real que requieren QoS. [7]



IP ha sido diseñado para ser independiente de cualquier tecnología de red para que pueda adaptarse a todas las tecnologías de red disponibles. En el caso de las redes satelitales, existen tres tecnologías de satélite basadas en satélites relacionadas con la propiedad intelectual en los satélites:

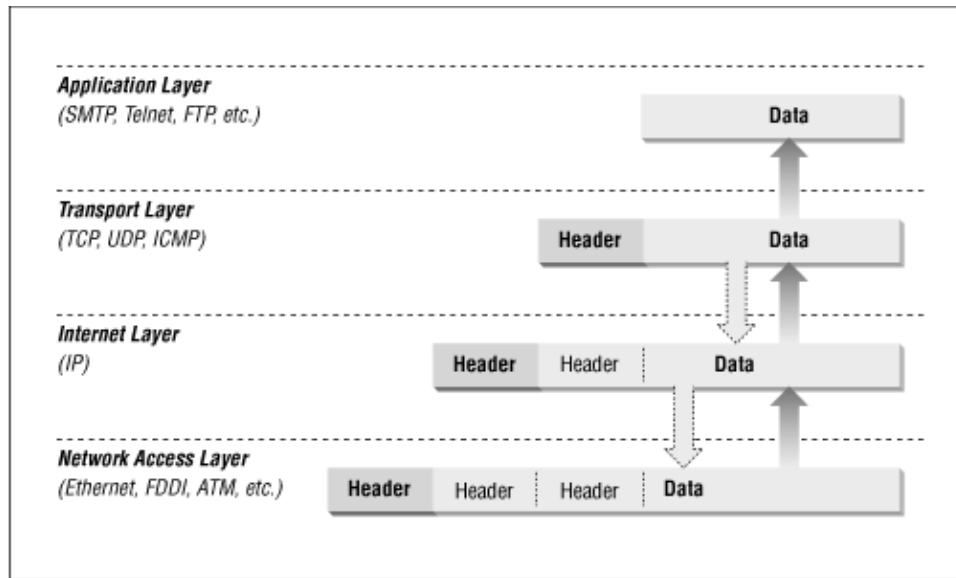
1. Redes de telecomunicaciones por satélite: durante muchos años han proporcionado servicios tradicionales de satélite (telefonía, fax, datos, etc.) y también proporcionan acceso a Internet e interconexiones de subredes de internet a través de enlaces punto a punto.
2. Satélite de redes de paquetes medios compartidos basado en el concepto de terminal de apertura muy pequeña (VSAT): estos han soportado tipos de transacciones de servicios de datos durante muchos años y también son adecuados para soportar IP.
3. Transmisión de video digital (DVB): IP sobre DVB vía satélite tiene el potencial de proporcionar acceso de banda ancha para cobertura global. DVB-S proporciona servicios de transmisión unidireccional.

Los terminales de usuario sólo pueden recibir datos vía satélite. Para los servicios de Internet, los enlaces de retorno se proporcionan mediante enlaces de acceso telefónico a través de redes de telecomunicaciones. DVB-RCS proporciona enlaces de retorno vía satélite para que los terminales de usuario puedan acceder a Internet vía satélite. Esto elimina todas las restricciones debidas a los enlaces de retorno sobre las redes de telecomunicaciones terrestres, lo que permite una gran flexibilidad y movilidad para los terminales de usuario.

#### 2.11.1 Conceptos Básicos

Debido a diferentes formatos de encuadre, se pueden utilizar diferentes técnicas de encapsulación. A veces, un paquete IP puede ser demasiado grande para caber en la carga útil del marco. En tal caso, el paquete IP tiene que ser dividido en segmentos más pequeños (fragmentados) de manera que el paquete IP pueda ser transportado sobre

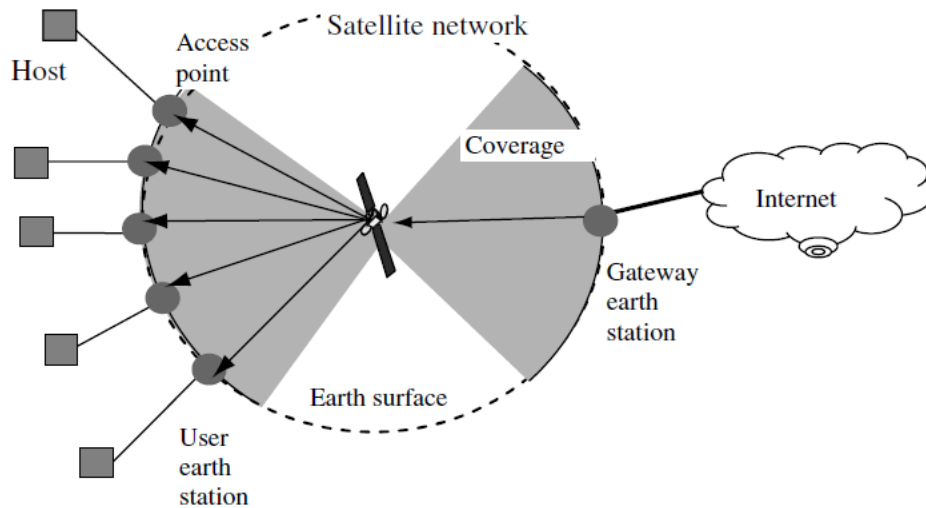
varias tramas. En este caso, se agrega una sobrecarga adicional a cada uno de los segmentos para que, al llegar al destino, el paquete IP original pueda ser reensamblado a partir de los segmentos. Se puede ver que el proceso de encapsulación puede tener un impacto significativo en el rendimiento de la red debido al procesamiento adicional y la sobrecarga. El gráfico 8 ilustra el concepto de encapsulación de paquetes IP. [7]



**Gráfico 8. Encapsulamiento IP**

### 2.11.2 Tipo de Redes IP por Satélite

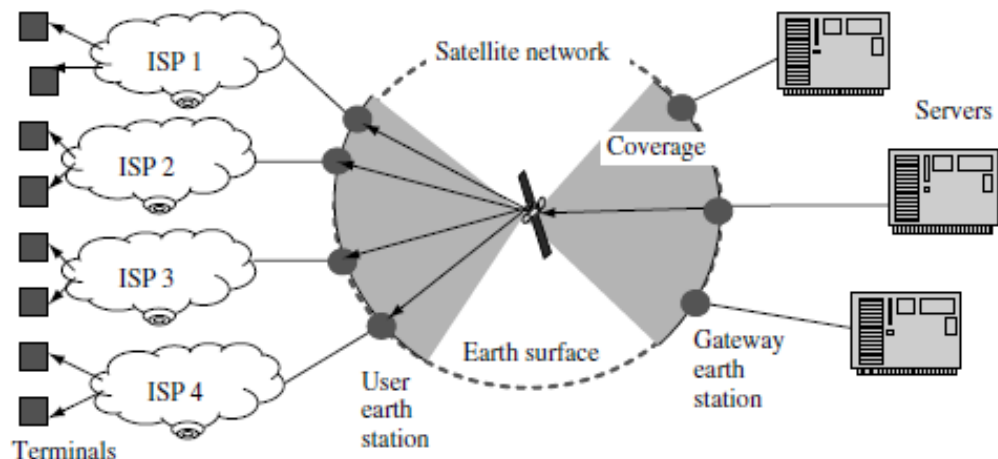
1. Conexiones de última milla (como se muestra en el gráfico 9): los terminales de usuario acceden directamente al satélite, que proporciona enlaces directos hacia adelante y de retorno. Las fuentes de tráfico se conectan a las estaciones del alimentador de satélite o del concentrador a través de Internet, enlaces de túnel o de acceso telefónico. Es la última milla para llegar a los terminales de usuario. [7]



**Gráfico 9. Visión de conexiones de última milla**

Satellite Networking – Principles and Protocols, Zhili Sun, 2005, Inglaterra

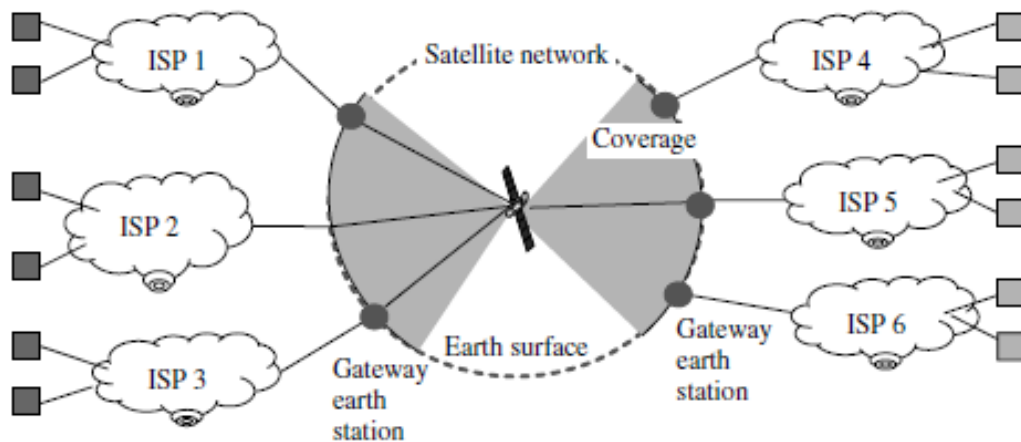
2. Conexiones de tránsito (como se muestra en el gráfico 10): el satélite proporciona conexiones entre pasarelas de Internet o pasarelas de ISP. El tráfico se enruta a través de los enlaces satelitales de acuerdo con los protocolos de enrutamiento especificados y las métricas de enlace definidas en las redes para minimizar los costos de conexión y cumplir con las restricciones de QoS requeridas para las fuentes de tráfico determinadas. [7]



**Gráfico 10. Visión de conexiones de Primera Milla**

Satellite Networking – Principles and Protocols, Zhili Sun, 2005, Inglaterra

3. Conexiones de primera milla (como se muestra en la Figura 11): el satélite proporciona conexiones de enlace directo y de retorno directamente a un gran número de ISP. Los paquetes IP empiezan desde los servidores como la primera milla de su viaje a los terminales de usuario. Como con las conexiones de la última milla, el servidor. [7]



**Gráfico 11. Visión de conexiones de Transito a Internet**  
Satellite Networking – Principles and Protocols, Zhili Sun, 2005, Inglaterra

### 2.11.3 Enrutamiento a Bordo de los Satélites

El beneficio de un enrutador IP en el cielo es que permite que las redes de satélites se integren en el Internet global utilizando los algoritmos de enrutamiento estándar. Internet consiste en una colección de subredes, también conocidos como sistemas autónomos (AS) o dominios. [7]

En las redes de satélite GEO, normalmente sólo hay un satélite que cubre una gran área para formar una subred; No hay enrutamiento dentro de la red de satélite. Con una constelación, hay muchos satélites que forman una subred para cubrir la tierra. Por lo tanto, el enrutamiento dentro de la red de satélite de constelación es necesario. Las relaciones de enlace entre los satélites dentro del mismo plano de órbita son fijas, pero cambian dinámicamente en diferentes planos. Dado que las ubicaciones de todos

los satélites en las órbitas son predecibles, es posible hacer uso de las predicciones para actualizar dinámicamente las tablas de enrutamiento a bordo de satélites y mejorar el algoritmo de enrutamiento. [7]

#### 2.11.4 IP Multicast

La multidifusión permite que una fuente de red de comunicaciones envíe datos a múltiples destinos simultáneamente mientras transmite sólo una copia de los datos a la red. La red replica los datos y los ventila a los destinatarios según sea necesario. [7] La multidifusión puede considerarse como parte de un espectro de tres tipos de las comunicaciones:

1. Unicast: transmitir datos de una sola fuente a un único destino (por ejemplo, descargar una página web desde un servidor al navegador de un usuario, o copiar un archivo de uno Servidor a otro). [7]
2. Multicast: transmite datos de una sola fuente a múltiples destinos. La definición también abarca comunicaciones en las que puede haber más de una fuente (es decir, multipunto a multipunto). Las videoconferencias proporcionan un ejemplo de este último, donde cada participante puede ser considerado como una fuente única de multidifusión a los otros participantes en la videoconferencia. [7]
3. Broadcast: transmisión de datos de una sola fuente a todos los receptores dentro de un dominio (por ejemplo, dentro de una LAN, o desde un satélite a todos los receptores dentro de un haz de satélite). [7]

Las ventajas de la multidifusión son las siguientes:

1. Reducción del uso de ancho de banda de la red: por ejemplo, si los paquetes de datos están siendo multidifusión a 100 destinatarios, la fuente sólo envía una sola copia de cada paquete. La red reenvía esto a los destinos, realizando solamente copias múltiples del paquete cuando necesita enviar paquetes en diversos acoplamientos de la red para alcanzar todos los destinos. Por lo tanto, una sola copia de cada paquete se transmite a través de cualquier enlace en la

red, y la carga total de la red se reduce en comparación con 100 conexiones de unidifusión diferentes. Esto es particularmente beneficioso en los sistemas de satélites donde los recursos son limitados y costosos. [7]

2. Carga de procesamiento de origen reducida: el host de origen no necesita mantener información de estado sobre el enlace de comunicaciones para cada destinatario individual. [7]

## **2.12 Regulación de los Servicios Satelitales**

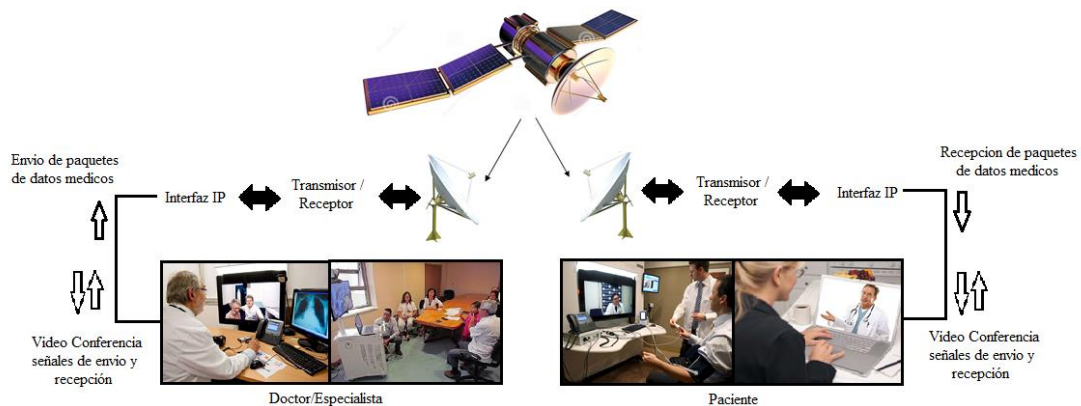
El ente regulador venezolano de las Telecomunicaciones es CONATEL, que ha dado un paso adelante para regular la prestación de los servicios satelitales en Venezuela al publicar recientemente una providencia administrativa con el objeto de someter a consulta pública el proyecto de reglamento de Telecomunicaciones vía Satélite. Los servicios satelitales, por su característica propia de no “respetar” las fronteras políticas de los países debido a su amplio espectro de cobertura, siempre han estado en una especie limbo en cuanto a la procedencia o no de su regulación por parte de los múltiples países a los cuales un mismo satélite o flota satelital irradia con su huella o *footprint*.

## **2.13 Aplicaciones Satelitales**

### **2.13.1 Tecnología de la telemedicina**

La telemedicina es una confluencia de Tecnología de la Comunicación, Tecnología de la Información, Ingeniería Biomédica y Ciencias Médicas. El sistema de telemedicina consta de hardware y software personalizados tanto en el paciente como en el médico especialista termina con algunos de los equipos de diagnóstico como ECG, rayos X y patología Microscopio / Cámara proporcionada en el extremo del paciente. Están conectados a través de un sistema very small apertura terminal (VSAT) y controlados por la estación central. A través de un sistema de telemedicina que consiste en un equipo sencillo con sistemas de comunicación, las imágenes

médicas y otra información relativa a los pacientes se pueden enviar a los médicos especialistas, ya sea por adelantado o en una base de tiempo real a través del enlace por satélite en forma de paquetes de datos digitales. Estos paquetes se reciben en el centro especializado, las imágenes y otros datos se reconstruyen para que el médico especialista puede estudiar los datos, realizar el diagnóstico, interactuar con el paciente y sugerir el tratamiento adecuado durante una videoconferencia con el extremo del paciente. Por tanto, las instalaciones de telemedicina permiten al médico especialista y el paciente separados por miles de kilómetros para ver visualmente y hablar unos con otros. Esto permite al médico especialista para evaluar el estado físico y psicológico del paciente y sugerir un tratamiento. Este control remoto teleconsulta y el tratamiento es mucho más valioso en caso post operación (Cirugía Post) seguimiento, ya que no se requiere al paciente para viajar y por lo tanto se ahorraría dinero y tiempo De esta manera, la aplicación sistemática de las Tecnologías de la Información y Comunicación para la práctica de la asistencia sanitaria se expande rápidamente el alcance del sistema de salud.

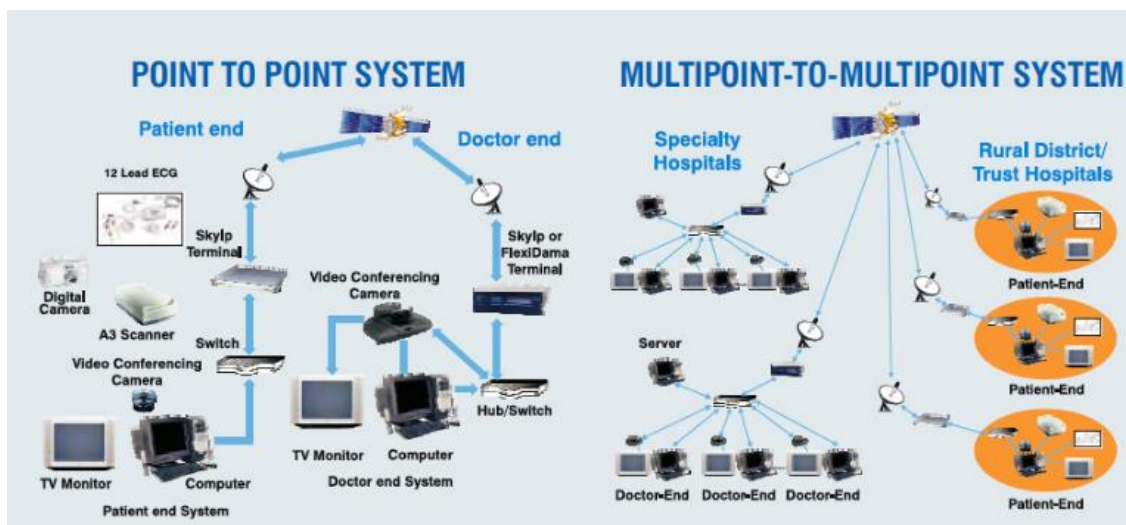


**Gráfico 12. Esquema general del sistema de tecnología de telemedicina**

Su evolución ha sido:

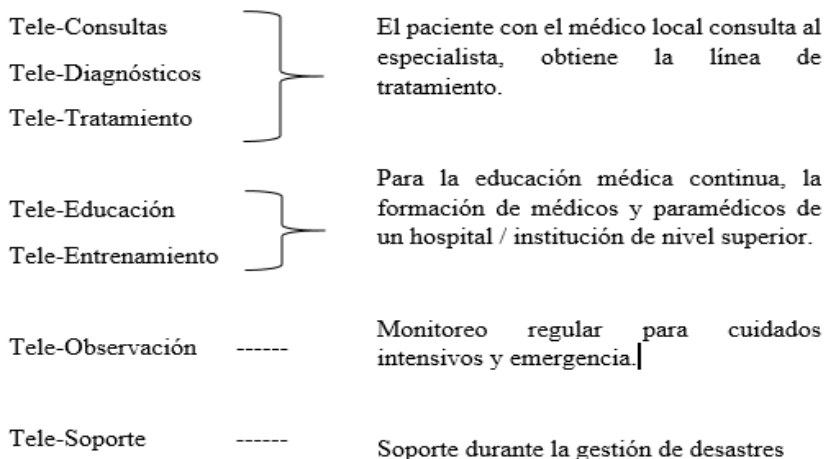
1. Punto a Punto del Sistema: El paciente se conecta a un especialista medico dentro del hospital.

2. Punto a Multipunto Sistema: El paciente a la vez puede conectarse a cualquiera de los fines médicos especialistas dentro de un hospital.
3. Multipunto a Multipunto sistema: Varios pacientes finales se conectan simultáneamente a diferentes doctores finales en diferentes hospitales en diferentes ubicaciones geográficas.



**Gráfico 13. Esquema de las evoluciones de los sistemas de telemedicina.**

Las principales áreas de tecnología de la telemedicina son:



**Gráfico 14. Mapa conceptual de las principales áreas de tecnología de la telemedicina.**



### 2.13.2 Tecnología de Tele-Educación

Establece actividades educativas, donde profesores y estudiantes no necesitan encontrarse en el mismo lugar físico, ni en el mismo momento de tiempo se hace uso de las tecnologías telemáticas

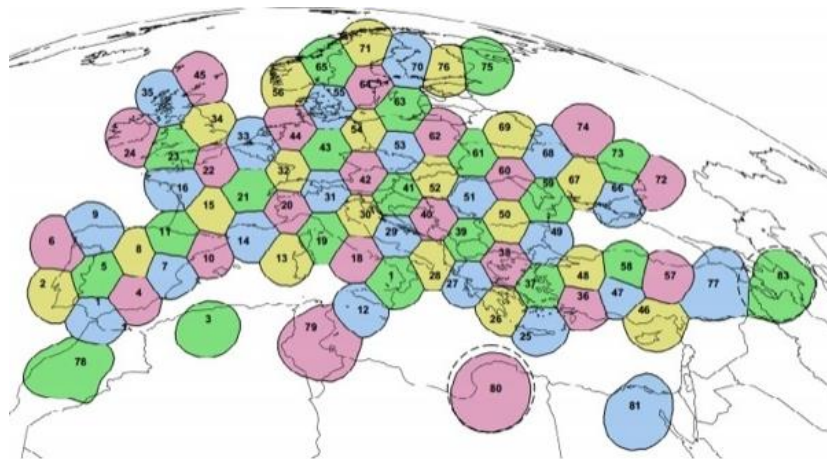
Tele-educaciones la unión de teleformación y teleaprendizaje. El primero conlleva una interacción alumno-profesor en la que el profesor sigue actuando como guía en el proceso educativo, mientras que el segundo representa un sistema de información en el que el alumno es el único responsable de su educación, basándose esta en materiales de lectura.

Campus y aulas virtuales, autoaprendizaje, bibliotecas electrónicas o videoconferencia con el profesor, son algunas de las características que definen la forma de trabajar a docentes y alumnos a través de una interfaz multimedia sin restricciones de lugar ni tiempo.

### 2.14 Multi-haces en Satélites

Actualmente, la mayoría de los satélites comerciales soportan múltiples spots *beams*. Estos satélites utilizan Múltiples haces estrechos en su área de cobertura en vez de un amplio *haz*. El área de cobertura del satélite está dividida en celdas, cada una servida por un haz individual, se puede ver un ejemplo en el gráfico 15. [11]

Las distintas regiones y, por lo tanto, los distintos haces tienen demandas distintas, cambiando con el tiempo. Con el fin de garantizar la flexibilidad en la asignación de recursos, las técnicas dinámicas de asignación de potencia o las técnicas de formación de haz permiten a los satélites con multi-haz implementen la asignación de ancho de banda basada en demanda entre haces. [11]



**Gráfico 15. Área de cobertura y distribución del haz, mostrando la reutilización de frecuencias. Cada célula representa el área de cobertura de un haz dado; Cada color una frecuencia dada.**

El diseño de satélites con *spot beams* este acoplado con modulación ACM, ya que esta permite ganancias de capacidad. Esto incluye la flexibilidad para adaptarse a los cambios de canal y las condiciones ambientales. Los sistemas ACM mejoran la tasa de transmisión y las tasas de errores de bit. ACM consiste en la adaptación de la modulación, codificación y otros parámetros de señal. [11]

#### 2.14.1 Esquemas de asignación de potencia y técnicas de asignación de haz

El rendimiento de un satélite está relacionado con la potencia, aumentando la potencia aumenta la capacidad. Sin embargo, el límite de potencia total del satélite restringe su capacidad total. El aumento de la potencia conduce a una mejor señal, mejorando el enlace de radio y, por tanto, aumentando la capacidad. Las peticiones generadas por los terminales dentro de un determinado haz constituyen la demanda agregada de tráfico de ese haz. [11]

Varios sistemas de satélites actuales tienen el mismo ancho de banda y asignación de potencia para todos los haces. La asignación de potencia de haz fijo se traduce en un problema de asignación de recursos facilitado y en una implementación de estación receptora simplificada.

Con el fin de lograr la reasignación de capacidad, se han ideado diversos métodos tales como el uso de tubos de onda progresiva flexibles y amplificadores multipuertos que proporcionan potencia variable por haz, y procesadores analógicos o digitales para asignar ancho de banda por haz según demanda. Pueden formarse haces específicos del usuario controlando de forma coherente las antenas de la estación base. Estas técnicas permiten a los satélites de varios haces implementar la asignación de ancho de banda basada en la demanda entre haces. [11]

Un método alternativo es el salto de beam. El salto de haz es una técnica en la que sólo un subconjunto de los haces del satélite se ilumina en un momento dado. Este estado del permite una gestión flexible de los recursos, ya que se puede asignar más capacidad a los haces de acuerdo con las demandas de tráfico, durante la vida útil del satélite. [11]

Cuando se utiliza la técnica de salto de beam, cada haz no se ilumina simultáneamente, pero sólo un subconjunto de haces se ilumina en un momento dado. Por lo tanto, se define un plan de tiempo y de transmisión espacial, con una cierta longitud de ventana. Los haces seleccionados tienen acceso al espectro durante su intervalo de tiempo. [11]

#### 2.14.2 Enrutamiento Multipunto

El enrutamiento multipunto es una técnica de enrutamiento que recurre a múltiples rutas alternativas en una red. Este enrutamiento permite mejorar la seguridad, reaccionar ante fallas y equilibrar la carga. El enrutamiento multipunto permite que el sistema se adapte a los requisitos de rendimiento de la aplicación, utilizando rutas con diferentes características para satisfacer diferentes necesidades. Por ejemplo, el sistema puede proporcionar un trayecto de baja o de alto rendimiento dependiendo de las necesidades del usuario. Se logra una mejora en la fiabilidad debido a la posibilidad de utilizar rutas alternativas en caso de fallo. [11]

En resumen, los protocolos de enrutamiento multipunto buscan aprovechar la diversidad de rutas en una red. De hecho, con las características apropiadas, permiten balancear la carga a través de varias rutas, lo que aumenta la robustez y fiabilidad de la red. La Comparación del rendimiento de los algoritmos de trayectos múltiples con algoritmos de una sola trayectoria, en términos de rendimiento y el retraso en el establecimiento de la conexión, demuestran que el enrutamiento multipunto presenta ventajas para las aplicaciones de ráfagas. [11]

Los principales factores que un sistema debe tener en cuenta para utilizar los recursos de una red de malla inalámbrica de manera eficiente es en primer lugar, explicar la existencia de caminos múltiples, La naturaleza de la difusión del canal, incluida la existencia de múltiples. Las potencias de transmisión y las tasas, deben ser observadas ya que afectan la probabilidad de recepción correcta de paquetes. Por último, el sistema debe tener en cuenta la competencia entre múltiples flujos de datos. Se debe tener en cuenta la naturaleza de la radiodifusión de los sistemas inalámbricos y abordar cuestiones de equidad, para lograr un rendimiento óptimo. [11]

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

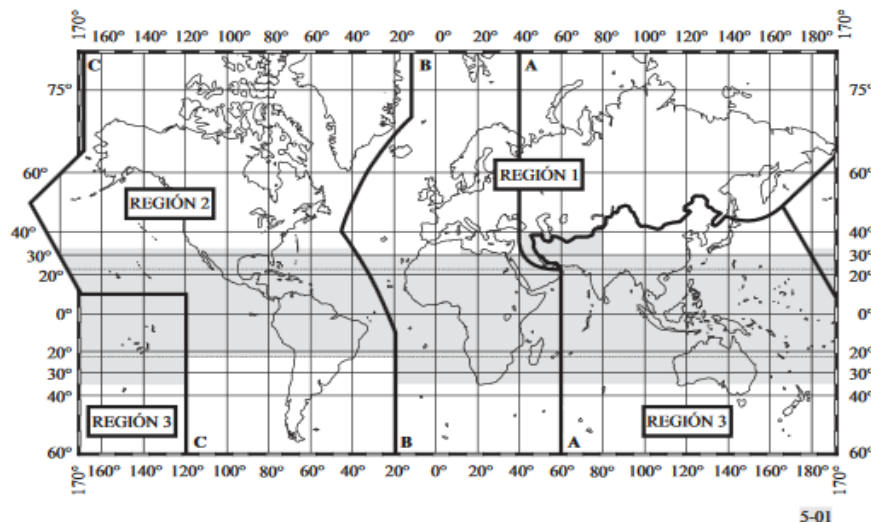
#### 3.1 Marco Regulatorio de los Servicios satelitales en Venezuela

##### 3.1.1 El CUNABAF

Los operadores satelitales y los prestadores de servicios satelitales tienen el deber fundamental de asegurar el acceso a las bandas del espectro radioeléctrico atribuidos a los servicios de comunicación por satélite.

En Venezuela el instrumento legal que recoge la atribución de las bandas de frecuencia a los distintos servicios es el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (*CUNABAF*) el cual determina el uso que debe darse a las bandas de frecuencia para asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencia y permitir la coexistencia de los servicios de una misma banda de frecuencia.

El CUNABAF debe cumplir las atribuciones establecidas en el artículo 5 del reglamento de radiocomunicaciones de la UIT, en el cual Venezuela debe cumplir lo mencionado para la región 2, ver en el gráfico 16.



**Gráfico 16. Atribución de las bandas de frecuencia, a la región 1, 2 y 3.**

Reglamento de Radiocomunicaciones, UIT, 2012

La región 1 comprende la zona limitada por la línea A, y al oeste por la línea B, excepto el territorio de la República Islámica de Irán situado dentro de estos límites. Y también la zona norte entre la línea A y C. La Región 2 comprende la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C. La región 3 comprende la zona limitada al este por la línea C y al oeste por la Línea A.

Para nuestros estudios fue tomado el cuadro de atribuciones de servicios para la banda Ka 20-30 GHz el cual puede hacerse uso en Venezuela de acuerdo a la región 2 del gráfico 16.

Cuadro 6. Cuadro de atribución de servicios para la banda Ka.

<b>Atribución a los servicios</b>			
Región 1	Región 2	Región 3	
20,1 GHz - 20,2 GHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (Espacio-Tierra)		
20,2 GHz - 21,2 GHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL POR SATÉLITE (Espacio-Tierra)		
20,2 GHz - 21,2 GHz	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)		
21,4 GHz - 22 GHz	21,4 GHz - 22 GHz	21,4 GHz - 22 GHz	
FIJO	FIJO	FIJO	
MÓVIL	MÓVIL	MÓVIL	
RADIODIFUSIÓN SATÉLITE	POR	RADIODIFUSIÓN SATÉLITE	POR
22 GHz - 22,21 GHz	FIJO MÓVIL (salvo móvil aeronáutico)		
22,21 GHz - 22,5 GHz	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL (salvo móvil aeronáutico) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)		
22,5 GHz - 22,55 GHz	FIJO MÓVIL		
22,55 GHz - 23,15 GHz	FIJO MÓVIL		

	ENTRE SATÉLITES INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-Espacio)	
23,15 GHz - 23,55 GHz	FIJO MÓVIL ENTRE SATÉLITES	
23,55 GHz - 23,6 GHz	FIJO MÓVIL	
23,6 GHz - 24 GHz	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	
24GHz – 24,05 GHz	AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	
24,05 GHz – 24,25 GHz	RADIOLOCALIZACIÓN	
24,25 GHz – 24,45GHz	24,25 GHz – 24,45GHz	24,25 GHz – 24,45GHz
FIJO	RADIONAVEGACIÓN	RADIONAVEGACIÓN FIJO SATÉLITE
24,45 GHz – 24,65GHz	24,45 GHz – 24,65GHz	24,45 GHz – 24,65GHz
FIJO ENTRE SATÉLITES	RADIONAVEGACIÓN ENTRE SATÉLITES	FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL RADIONAVEGACIÓN
24,65 GHz – 24,75GHz	24,65 GHz – 24,75GHz	24,65 GHz – 24,75GHz
FIJO FIJO POR SATÉLITE ENTRE SATÉLITES	ENTRE SATÉLITES RADIOLOCALIZACIÓN SATÉLITE	FIJO FIJO POR SATÉLITE ENTRE SATÉLITES MÓVIL
24,75 GHz – 25,55GHz	24,75 GHz – 25,55GHz	24,75 GHz – 25,55GHz
FIJO FIJO POR SATÉLITE	FIJO POR SATÉLITE	FIJO FIJO POR SATÉLITE MÓVIL
25,25 GHz – 25,5 GHz	FIJO ENTRE SATÉLITE MÓVIL	
25,5 GHz – 27 GHz	FIJO ENTRE SATÉLITE MÓVIL EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	

INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)

27 GHz – 27,5 GHz	27 GHz – 27,5 GHz
FIJO	FIJO
ENTRE SATÉLITES	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
MÓVIL	ENTRE SATÉLITES
	MÓVIL
27,5 GHz – 28,5 GHz	FIJO
	FIJO POR SATÉLITE
	MÓVIL
28,5 GHz – 29,1 GHz	FIJO
	FIJO POR SATÉLITE
	MÓVIL
	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
29,1 GHz - 29,5 GHz	FIJO
	FIJO POR SATÉLITE
	MÓVIL
	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
29,5 GHz – 29,9 GHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)
	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
	MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)

Los servicios radioeléctricos reflejados el cuadro 1 se explican a continuación:

Servicio fijo: servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio fijo por satélite: Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas en emplazamientos dados cuando se utilizan uno o más satélites. En algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites; el servicio fijo por satélite también puede incluir enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.

Servicio entre satélites: Servicio de radiocomunicación que establece enlaces entre satélites artificiales.



Servicio móvil: servicios de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles.

Servicio móvil por satélite: Servicio de radiocomunicación:

- Entre estaciones terrenas móviles y una o varias estaciones espaciales o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio.
- Entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.

Servicio móvil aeronáutico por satélite: Servicio móvil en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de aeronaves; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones o dispositivos de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.

Servicio de Radiodifusión por satélite: Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa por el público en general.

Servicio de radionavegación por satélite: servicio de radio determinación para fines de radionavegación.

Servicio de radiolocalización por satélite: Servicio de radio determinación por satélite utilizado para la radiolocalización.

Servicio de exploración de la tierra por satélite: Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas y una o varias estaciones espaciales que puede incluir enlaces entre estaciones espaciales y en el que:

- Se obtiene información sobre las características de la tierra y sus fenómenos naturales.

- Se reúne información análoga por medio de plataformas situadas en el aire o sobre la superficie de la tierra.
- Dichas informaciones pueden ser distribuidas a estaciones terrenas dentro de un mismo sistema.

Servicio de investigación espacial: Servicio de radiocomunicación que utiliza vehículos espaciales u otros objetos espaciales para fines de investigación científica o tecnológica.

Servicio de aficionados: Servicio de radiocomunicación que tiene por objeto la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos, efectuado por aficionados, esto es, por personas debidamente autorizadas que se interesan en la radiotecnica con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro.

Servicio de aficionados por satélite: servicio de radiocomunicación que utiliza estaciones espaciales situadas en satélites en la tierra para los mismos fines que el servicio de aficionados.

Servicio de radioastronomía: Servicio que entraña el empleo de la radioastronomía.

### 3.1.2 CONATEL

En Venezuela, el capítulo IV de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones nos hace mención del uso del espectro radioeléctrico asociado a las redes satelitales en el cual corresponde a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) la administración regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico satelital, así como el acceso a la utilización del recurso orbita-espectro para redes asignadas por la Republica y registradas a nombre de esta, todo ello en conformidad con los tratados internacionales suscritos y ratificados válidamente por la Republica.

CONATEL se encargará de realizar las gestiones necesarias, en coordinación con las dependencias nacionales e internacionales involucradas para procurar la disponibilidad de recurso-espectro. Las concesiones orbita-espectro y frecuencias asociadas por la Republica, tendrán la obligación de poner operativa la red satelital cinco años después de haber obtenido la concesión.

Para la prestación de servicio satelital en el país, se les dará prioridad a los satélites venezolanos. Cuando se habla de satélites venezolanos se hace mención a aquellos que utilizan recursos orbitales y espectro asignados por la Republica. Para quien prevea capacidad satelital en Venezuela a operadores debidamente registrados para prestación de terceros, tendrán que solicitar permiso de provisión de capacidad satelital.

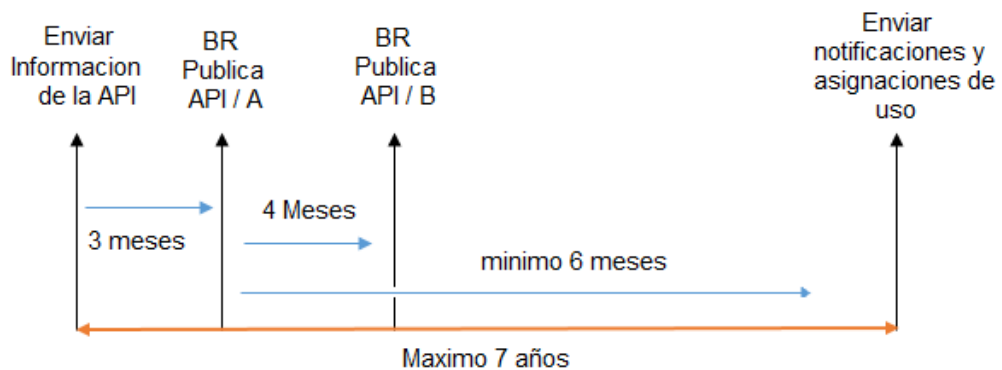
Los recaudos para obtener habilitación se pueden encontrar en la página web de CONATEL para el atributo de servicio de internet en Venezuela el cual también se puede ver en el anexo A de esta investigación.

### 3.1.3 Solicitud de CONATEL ante la ITU

1. Enviar a la oficina de radiocomunicaciones una descripción general de la red o del sistema para su publicación anticipada en la Circular Internacional de Información de sobre Frecuencias (BR IFIC) con una antelación de 7 años y no inferior a 2 años, respecto a la fecha de puesta en marcha del servicio satelital. Las características que se deben proporcionar se encuentran en el apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones el cual se encuentra en anexos.
  - 1.1. Si la información está incompleta, la oficina de radiocomunicaciones deberá inmediatamente solicitar a CONATEL la información no proporcionada.
  - 1.2. Si la información está completa, la oficina de radiocomunicaciones deberá publicar en una sección especial el BR IFIC que suministro CONATEL dentro de un plazo de 3 meses.

2. Para publicación anticipada para redes de satélites que no están sujetos a coordinación con arreglo.

2.1. Si al recibirse el BR IFIC por parte de la Oficina de Radiocomunicaciones y un operador de servicios satelitales o administrador estima que se puede causar una interferencia a su red satelital existente o proyectado, tendrá un periodo de 4 meses a partir del día que se publicó el BR IFIC para hacer llegar sus comentarios tanto a CONATEL sobre los detalles de la interferencia prevista como a la Oficina de Radiocomunicaciones. A continuación, ambas partes, CONATEL y el operador satelital cooperan y harán esfuerzos para resolver todo tipo de dificultad, pueden solicitar asistencia de la Oficina si lo solicitan, e intercambiarán toda la información que necesiten para resolver el problema.



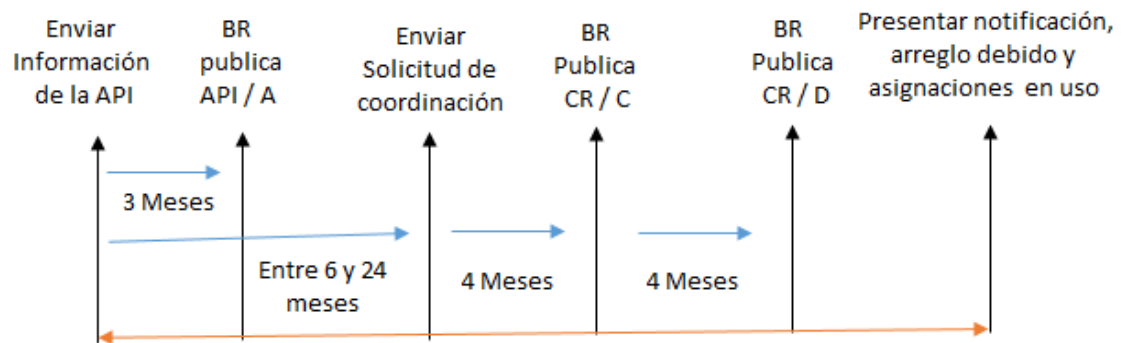
**Gráfico 17. Periodo de coordinación para redes satelitales no sujetos a coordinación con arreglo**

3. Para una publicación anticipada para redes de satélites que están sujetos a coordinación con arreglo.

3.1. Si al recibir una BR IFIC y un operador de satélite o administrador considera que sus sistemas satelitales o estaciones terrenas existentes o planificados se ven afectados, podrá comunicar a CONATEL con el fin de iniciar un procedimiento de coordinación. Se envará también una copia de los comentarios a la Oficina de Radiocomunicaciones. A continuación, ambas

administraciones tendrán que cooperar conjuntamente para resolver cualquier dificultad que haya con la asistencia de la Oficina si ellos lo desean.

- 3.2. Si la Oficina no recibe la información pautada en el punto 1, en un plazo de 24 meses a partir de la fecha de recepción por la oficina de la información completa y pertinente, se cancelará después de haber informado a CONATEL tres meses antes del término de 24 meses, Igual la oficina publicará en el BR IFIC dicha cancelación.



**Gráfico 18. Periodo de coordinación para redes satelitales sujetos a coordinación con arreglo**

#### 4. Necesidad y Solicitud de Coordinación.

- 4.1. CONATEL antes de poner en servicio una asignación de frecuencia, esta deberá efectuar una coordinación con los demás operadores satelitales o administradores de acuerdo al apéndice 5 del Reglamento de Telecomunicaciones:

- 4.1.1. Para una estación de una red de satélites geoestacionarios, de cualquier servicio de radiocomunicación espacial, en una banda de frecuencias en una región que no está sujeta a un plan, con respecto a otra red de satélites geoestacionarios, de cualquier servicio de radiocomunicación espacial y

en una banda de frecuencia y en una región en que este servicio no esté sujeto a un plan.

- 4.1.2. Para una estación terrena específica de una red de satélites geoestacionarios de servicio fijo por satélite en algunas bandas de frecuencia, con respecto a un sistema de satélites no geoestacionario del servicio fijo por satélite.
- 4.1.3. Para un sistema de satélites no geoestacionarios del servicio fijo por satélite en algunas bandas de frecuencias, con respecto a una estación terrena específica de una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite.
- 4.1.4. Para una estación espacial del servicio de radiodifusión por satélite, en una banda de frecuencias compartida a título primario con igualdad de derechos con servicios terrenales y donde aquel servicio no está sujeto a un plan, con respecto a los servicios terrenales.
- 4.1.5. Para una estación de una red de satélites que utilice la órbita de satélites no geoestacionarios con respecto a la cual se estipula el requisito de efectuar coordinación en una nota del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, con respecto a cualquier otra red de satélites que utilice la órbita de satélites no geoestacionarios, excepto la coordinación entre estaciones terrenales que funcionan en el sentido opuesto de la transmisión.
- 4.1.6. para una estación de una red de satélites que utilice la órbita de satélites geoestacionarios con respecto a la cual se estipula el requisito de efectuar coordinación en una nota del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias que haga referencia a esta disposición, con respecto a cualquier otra red de satélites que utilice la órbita de satélites no geoestacionarios con la excepción de la coordinación entre las estaciones terrenales que funcionan en el sentido opuesto de la transmisión.
- 4.1.7. Para una estación espacial transmisora de una red de satélites con respecto a la cual se estipule el requisito de efectuar coordinación en una nota del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias que haga

referencia a esta disposición, con respecto a las estaciones receptoras de los servicios terrenales cuando se rebase el valor umbral.

- 4.1.8. Para una estación transmisora de un servicio terrenal con respecto a la cual se estipula el requisito de efectuar coordinación en una nota del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias y que está situada dentro de la zona de coordinación de una estación terrena en una red de satélites no geoestacionarios.
- 4.1.9. Para cualquier estación terrena o móvil en bandas de frecuencias por encima de 100 MHz atribuidas con igualdad de derechos a servicios espaciales y terrenales con respecto a las estaciones terrenales, y cuando la zona de coordinación de la estación terrena incluye el territorio de cualquier otro país.
- 4.1.10. Para cualquier estación terrena , con respecto a otras estaciones terrenas que funcionan en el sentido opuesto de la transmisión o para cualquier estación terrena móvil con respecto a estaciones terrenas que funcionan en el sentido opuesto de la transmisión en bandas de frecuencias atribuidas con igualdad de derechos a servicios de radiocomunicación espaciales en ambos sentidos de la transmisión y cuando la zona de coordinación de la estación terrena incluye el territorio de cualquier otro país o la estación terrena se encuentra situada en la zona de coordinación de otra estación terrena.
- 4.1.11. Para cualquier estación transmisora de un servicio terrenal o una estación terrena transmisora del servicio fijo por satélite (Tierra-espacio) en una banda de frecuencias compartida a título primario con igualdad de derechos con el servicio de radiodifusión por satélite, con respecto a las estaciones terrenas incluidas en la zona de servicio de una estación espacial del servicio de radiodifusión por satélite.

5. Al recibir la información completa con los arreglos la oficina deberá proceder inmediatamente a:
  - 5.1.1. Examinar la información con respecto cuadro de bandas de frecuencia y el Reglamento de Radiocomunicaciones.
  - 5.1.2. Identificar de acuerdo al apéndice 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones, cualquier administración con la que sea necesario efectuar una coordinación.
  - 5.1.3. Publicar de manera adecuada la información completa en la BR IFIC en un plazo de cuatro meses.
  - 5.1.4. Informar a CONATEL y demás administradores su actuación y comunicar los resultados de sus cálculos señalados en la BR IFIC.
6. Acuse de Recibo de una solicitud de coordinación.
  - 6.1.1. Cuando CONATEL reciba una solicitud de coordinación con arreglo deberá, en un plazo de 30 días desde la fecha de solicitud, acusar recibo de ella.
7. Respuesta a una solicitud de Coordinación
  - 7.1.1. Cuando CONATEL reciba una solicitud de coordinación, deberá examinar lo más rápido posible el asunto con respecto a la referencia que podría sufrir en ciertos casos.

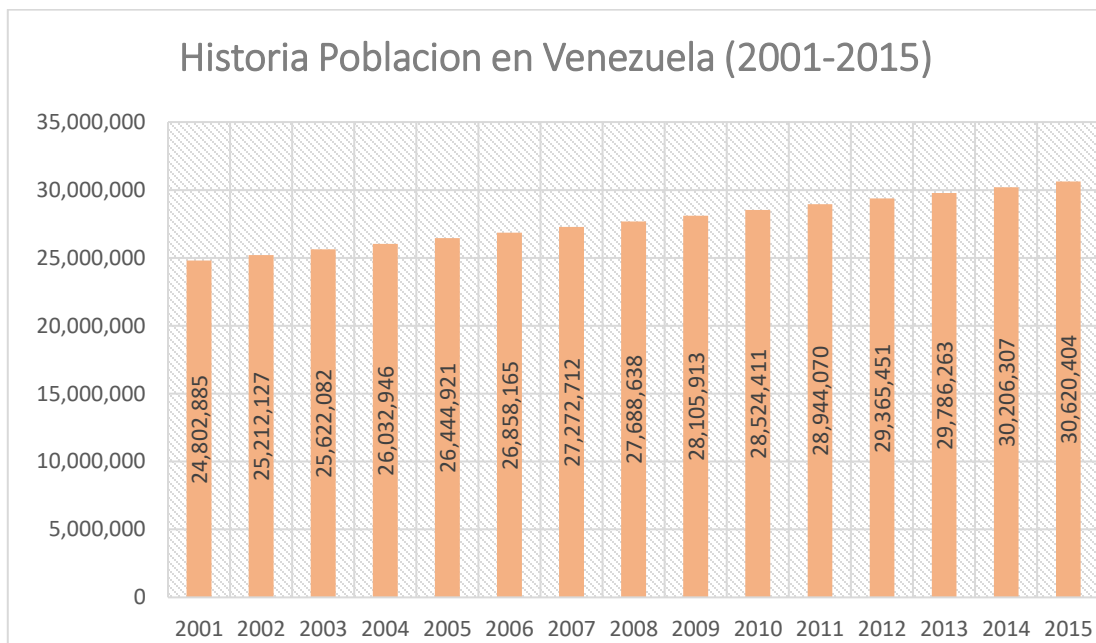
### **3.2 Cálculo de ancho de banda Necesario para la Carga Útil**

#### **3.2.1 Proyección de la población venezolana para el 2030**

Se recopilaron datos demográficos de CONATEL, ente regulador del sector de telecomunicaciones en Venezuela, entre los cuales se encuentran: usuarios del servicio de internet, suscriptores del servicio de internet, suscriptores de difusión y suscriptores de telefonía fija local. También se recopilaron datos demográficos del INE (Instituto Nacional de Estadística), en relación a la población total y estimada en Venezuela.

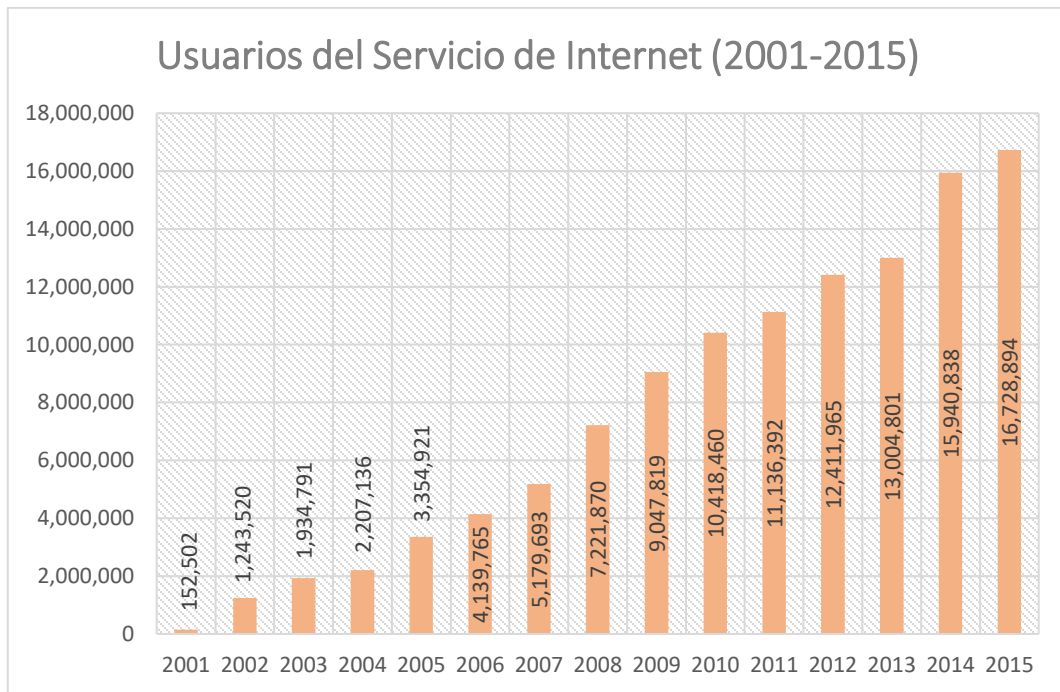


La población total de Venezuela en el periodo 2001-2015 se puede observar en el gráfico 19 y los usuarios del servicio de internet para este mismo periodo se muestra en el gráfico 20. Se calculó el porcentaje de penetración del servicio de internet en la población para cada año, esto se puede apreciar en el gráfico 21, el cual se puede observar que el promedio de crecimiento es del 3.823%.

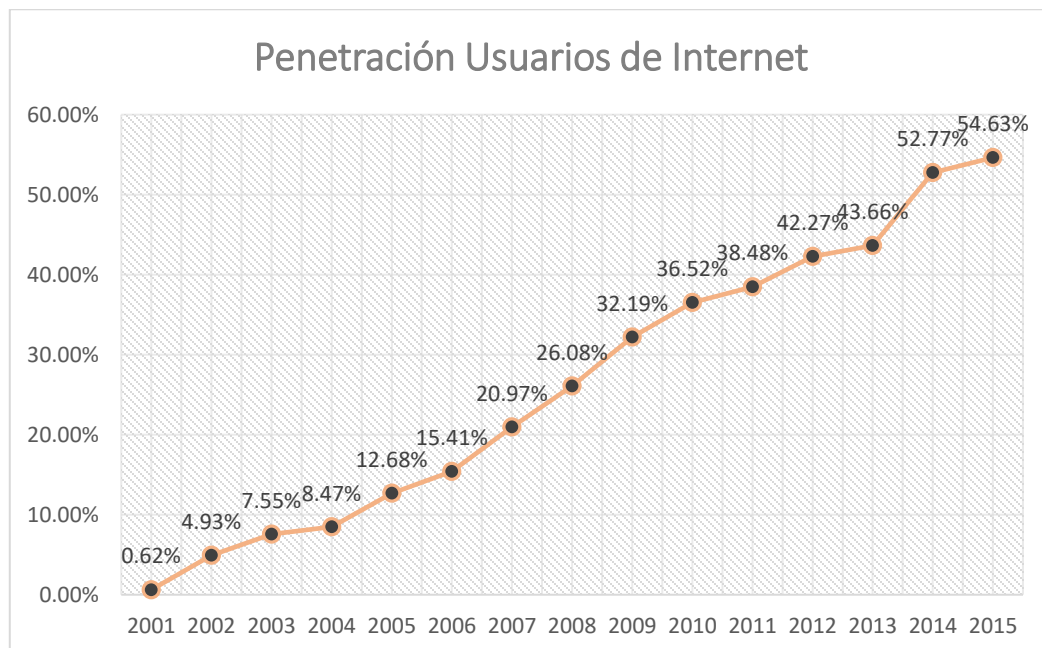


**Gráfico 19. Proyección de la población en Venezuela para el lapso 2001-2015.**

Instituto Nacional de Estadística (NE), 2014, Venezuela.



**Gráfico 20. Estimación al cierre del 2015 de usuarios del servicio de internet.**  
 Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), 2016, Venezuela



**Gráfico 21. Penetración de usuarios del servicio de internet en el lapso de tiempo 2001-2015**

Según el cálculo de tasa de crecimiento básico para el periodo 2002-2015, según la ecuación 14:

$$Tasa\ de\ Crecimiento = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100 \quad (14)$$

Donde:

$P_f$  = Población Final

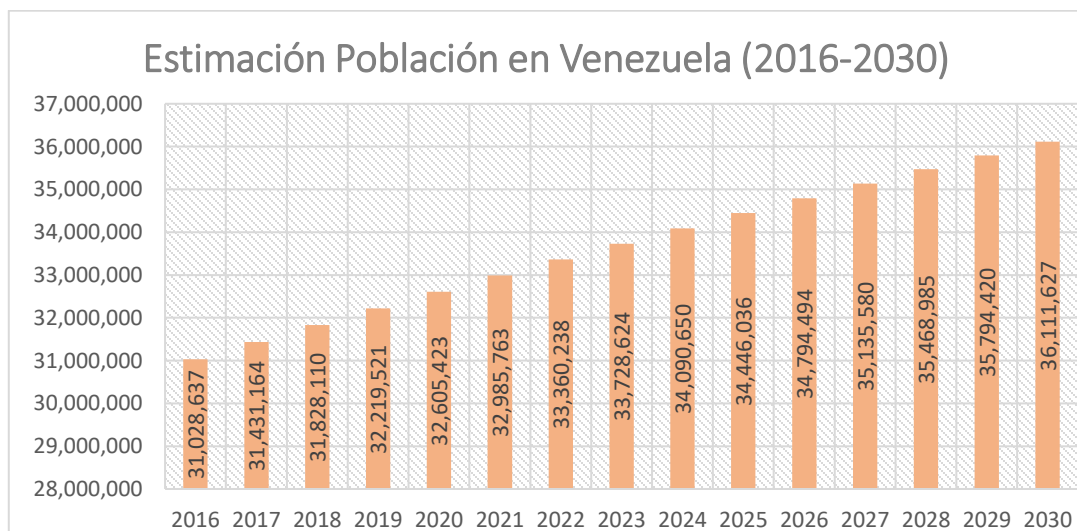
$P_i$  = Población Inicial

$$Tasa\ de\ Crecimiento = \frac{16.728.894 - 1243520}{1243520} \times 100$$

$$Tasa\ de\ Crecimiento = 1245,29 \%$$

Da como resultado que el uso del servicio de internet ha tenido una gran aceptación, llegando a obtener para el lapso 2002-2015 una tasa de crecimiento de 1245,29%.

El tiempo de vida para una carga útil oscila entre 10 y 15 años, para este dimensionamiento los cálculos fueron estimados para un tiempo de vida de 15 años, a partir del 2015.



**Gráfico 22. Proyección de la población en Venezuela para el lapso 2016-2030.**

Instituto Nacional de Estadística (INE), 2014, Venezuela.

La información que se recopiló de estimación de población total en Venezuela del INE, fue para el periodo de 2016-2030, el cual cumpliría con el tiempo de vida de la carga útil, lo cual se puede observar en observó en el gráfico 22. Para este lapso de tiempo se estimó la población activa para el consumo del servicio de internet mediante 2 métodos de proyección, esto teniendo como base los datos recopilados por CONATEL de los usuarios de internet para el lapso 2001-2015, el cual se muestra en el gráfico 20. Estos cálculos no son 100% precisos, siempre existirá un grado de incertidumbre, que puede verse afectado por varios factores, ya sea socioeconómicos, políticos o inversiones en el sistema, entre otros, en el periodo de tiempo estimado.

Se estimó mediante el método de crecimiento geométrico, que supone que los usuarios crecen a la misma razón que el último periodo censal y el crecimiento debe obedecer la ecuación:

$$Pob_{año_n} = Pob_{año_1} \times (1 + r)^{año_n - año_1} \quad (15)$$

Donde:

$Pob_{año_n}$  = Población estimada para el año n.

$Pob_{año_1}$  = Población conocida para el último periodo.

r = Tasa de Crecimiento.

$Año_n$  = año, para el cual se quiere estimar.

$Año_1$  = año, último año para el cual se conoce la población.

Esta expresión condujo a resultados exagerados por tener una tasa de crecimiento elevada, para este caso se tomó como tasa de crecimiento, el promedio de crecimiento anual entre los años 2002-2015. Se obtuvo un promedio de crecimiento de 3,823% anual para el servicio de internet, y a su vez, se sustituyó en la ecuación 15, para el cálculo de usuarios por año para el periodo 2016-2030:

$$Pob_{2030} = 16.728.894 x (1 + r)^{2030-2015} = 29.367.760,95 \approx 29.637.761$$

$$Pob_{2029} = 16.728.894 x (1 + r)^{2029-2015} = 28.286.372,92 \approx 28.286.373$$

$$Pob_{2028} = 16.728.894 x (1 + r)^{2028-2015} = 27.244.864,06 \approx 27.244.864$$

$$Pob_{2027} = 16.728.894 x (1 + r)^{2027-2015} = 26.241.588,14 \approx 26.241.588$$

$$Pob_{2026} = 16.728.894 x (1 + r)^{2026-2015} = 25.275.312,93 \approx 25.275.313$$

$$Pob_{2025} = 16.728.894 x (1 + r)^{2025-2015} = 24.344.618,18 \approx 24.344.618$$

$$Pob_{2024} = 16.728.894 x (1 + r)^{2024-2015} = 23.448.193,73 \approx 23.448.194$$

$$Pob_{2023} = 16.728.894 x (1 + r)^{2023-2015} = 22.584.777,68 \approx 22.584.778$$

$$Pob_{2022} = 16.728.894 x (1 + r)^{2022-2015} = 21.753.154,58 \approx 21.753.155$$

$$Pob_{2021} = 16.728.894 x (1 + r)^{2021-2015} = 20.952.153,74 \approx 20.952.154$$

$$Pob_{2020} = 16.728.894 x (1 + r)^{2020-2015} = 20.180.647,58 \approx 20.180.648$$

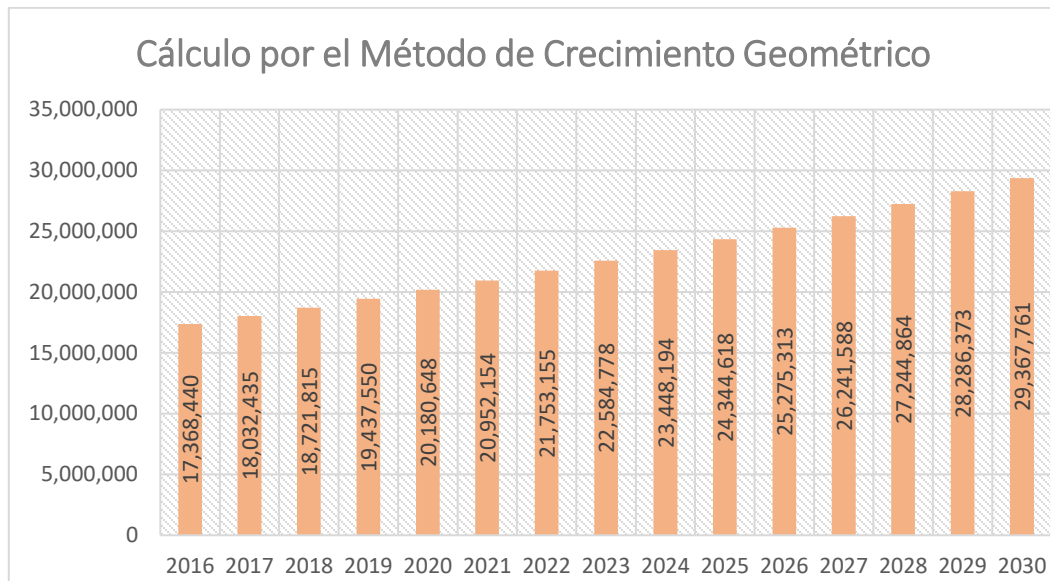
$$Pob_{2019} = 16.728.894 x (1 + r)^{2019-2015} = 19.437.550,05 \approx 19.437.550$$

$$Pob_{2018} = 16.728.894 x (1 + r)^{2018-2015} = 18.721.815,06 \approx 18.171.815$$

$$Pob_{2017} = 16.728.894 x (1 + r)^{2017-2015} = 18.032.435,06 \approx 18.032.435$$

$$Pob_{2016} = 16.728.894 x (1 + r)^{2016-2015} = 17.368.439,62 \approx 17.368.440$$

Estos cálculos se pueden observar mejor en el gráfico 23 y el cuadro 7.



**Gráfico 23. Estimación de usuarios del servicio de internet mediante el método de Crecimiento Geométrico.**

Cuadro 7. Datos de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 mediante el método de crecimiento geométrico.

Año	Usuarios
2016	17.368.440
2017	18.032.435
2018	18.721.815
2019	19.437.550
2020	20.180.648
2021	20.952.154
2022	21.753.155
2023	22.584.778
2024	23.448.194
2025	24.344.618
2026	25.275.313
2027	26.241.588

2028	27.244.864
2029	28.286.373
2030	29.367.761

El otro método que se empleó para realizar la estimación es la del ajuste por mínimos cuadrados, el cual consiste en determinar los parámetros "a" y "b" de la recta:

$$Y=ax+b \quad (16)$$

Que mejor se ajusta a los datos experimentales suministrados por CONATEL en el gráfico 20 para el periodo 2002-2015, sin entrar en detalles, las aproximaciones, son:

$$a = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (17)$$

$$b = \frac{(\sum Y_i) - a(\sum X_i)}{n} \quad (18)$$

Donde n es la cantidad de años.

Los errores en las medidas se traducirán en errores en los resultados de "a" y "b". El método de mínimos cuadrados asume que, al fijar las condiciones experimentales, los valores y<sub>i</sub>, de la variable independiente se conocen con precisión absoluta. Las mediciones de la variable X<sub>i</sub>, irán afectadas de sus errores correspondientes, si ε es el valor máximo de todos estos errores, entonces se tiene:

$$\Delta a = \frac{\sqrt{n} \epsilon}{\sqrt{n(\sum_i^n X_i^2) - (\sum_i^n X_i)^2}} \quad (19)$$

$$\Delta b = \frac{\epsilon}{\sqrt{n}} \quad (20)$$

La pendiente de la recta se escribirá a ± Δa, y la ordenada b ± bΔ.

$$Y = (a \pm \Delta a)x + (b \pm b\Delta) \quad (21)$$

El coeficiente de correlación es otro parámetro para el estudio, el cual indica el grado de dependencia entre las variables X y Y, se obtiene con la ecuación:

$$r = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2][n(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2]}} \quad (22)$$

Los cálculos son:

$$\begin{aligned} \sum X_i &= 2.002 + 2.003 + 2.004 + 2.005 + 2.006 + 2.007 + 2.008 + 2.009 \\ &\quad + 2.010 + 2.011 + 2.012 + 2.013 + 2.014 + 2.015 = 28.119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= 1.243.520 + 1.934.791 + 2.207.136 + 3.354.921 + 4.139.765 \\ &\quad + 5.179.693 + 7.221.870 + 9.047.819 + 10.418.460 + 11.136.392 \\ &\quad + 12.411.965 + 13.004.801 + 15.940.838 + 16.728.894 \\ &= 113.970.865 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i^2 &= 2.002^2 + 2.003^2 + 2.004^2 + 2.005^2 + 2.006^2 + 2.007^2 + 2.008^2 \\ &\quad + 2.009^2 + 2.010^2 + 2.011^2 + 2.012^2 + 2.013^2 + 2.014^2 + 2.015^2 \\ &= 56.477.239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i^2 &= 1.243.520^2 + 1.934.791^2 + 2.207.136^2 + 3.354.921^2 + 4.139.765^2 \\ &\quad + 5.179.693^2 + 7.221.870^2 + 9.047.819^2 + 10.418.460^2 \\ &\quad + 11.136.392^2 + 12.411.965^2 + 13.004.801^2 + 15.940.838^2 \\ &\quad + 16.728.894^2 = 1.225.702.652.597.084 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \sum X_i \cdot Y_i &= (2.002 \times 1.243.520) + (2.003 \times 1.934.791) + (2.004 \times 2.207.136) \\ &+ (2.005 \times 3.354.921) + (2.006 \times 4.139.765) \\ &+ (2.007 \times 5.179.693) + (2.008 \times 7.221.870) \\ &+ (2.009 \times 9.047.819) + (2.010 \times 10.418.460) \\ &+ (2.011 \times 11.136.392) + (2.012 \times 12.411.965) \\ &+ (2.013 \times 13.004.801) + (2.014 \times 15.940.838) \\ &+ (2.015 \times 16.728.894) = 229.194.722.381 \end{aligned}$$

$$a = \frac{14(229.194.722.381) - (28.119)(113.970.865)}{14(56.477.239) - (28.119)^2}$$

$$a = 1.249.406,72$$

$$b = \frac{(113.970.865) - (1.249.406,72)(28.119)}{14}$$

$$b = -2501292621.05$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{14} \times 0,2}{\sqrt{14(56.477.239) - (28.119)^2}}$$

$$\Delta a = 0,01$$

$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{14}}$$

$$\Delta b = 0,05$$

Se obtuvo la siguiente recta que mejor se adapta a los datos del gráfico 20:

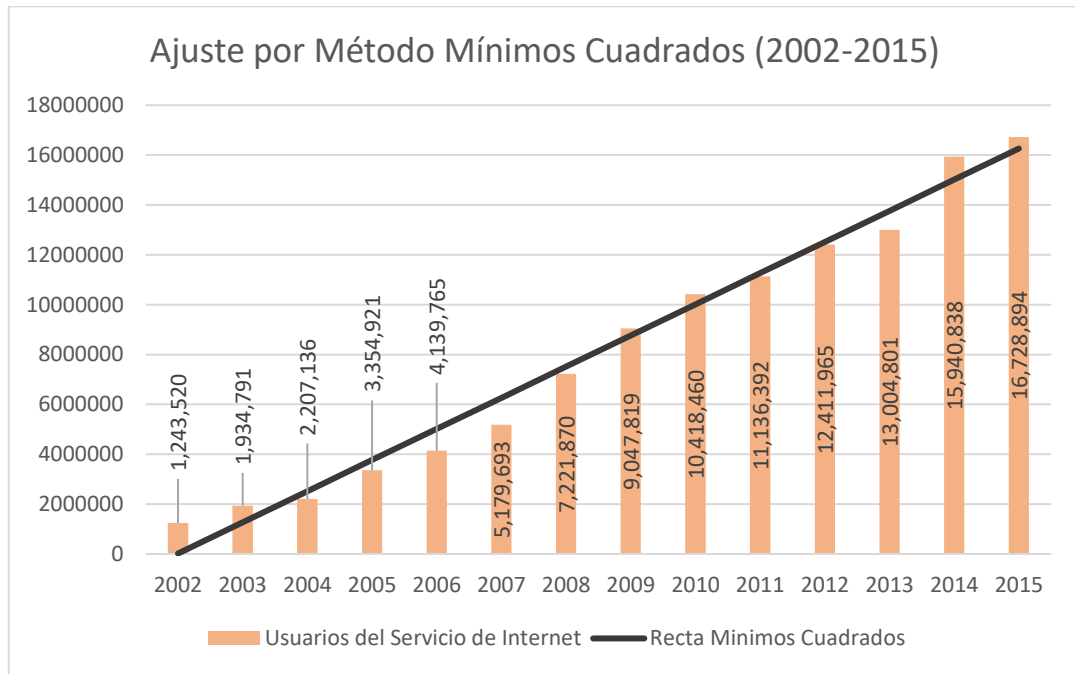
$$Y = (1.249.406,72 \pm 0,01)x + (-2501292621.05 \pm 0,05) \quad (23)$$

Su coeficiente de correlación:

$$r = \frac{14(229.194.722.381) - (28.119)(113.970.865)}{\sqrt{[14(56.477.239) - (28.119)^2][n(1.225.702.652.597.084) - (113.970.865)^2]}}$$

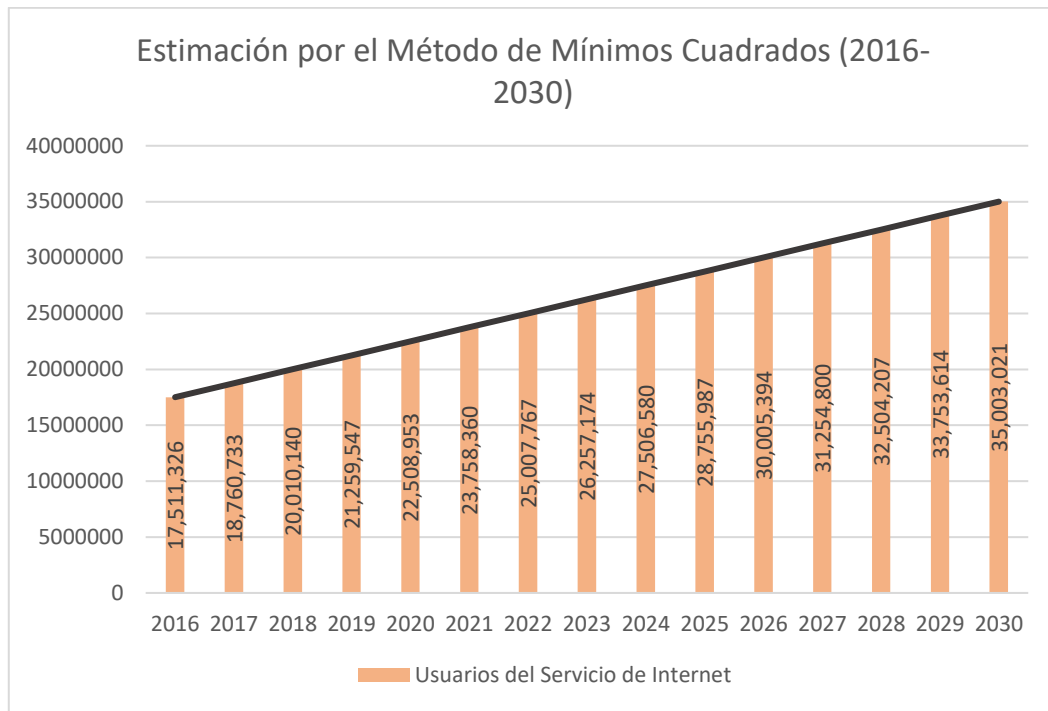
$$r = 1,09 \quad (24)$$

El cual indica que todos los puntos se encuentran sobre la recta existiendo una correlación que es perfecta y directa, en el gráfico 24 se puede observar mejor los resultados.



**Gráfico 24. Cálculo de los parámetros “a” y “b” que mejor se adaptan a los datos de Usuarios del Servicio de Internet.**

Se procedió a calcular proyección del número de usuarios del servicio de internet para el periodo 2016-2030 utilizando la ecuación 23 y se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 8 y el gráfico 25.



**Gráfico 25. Estimación de usuarios del servicio de internet mediante el método de mínimos Cuadrados.**

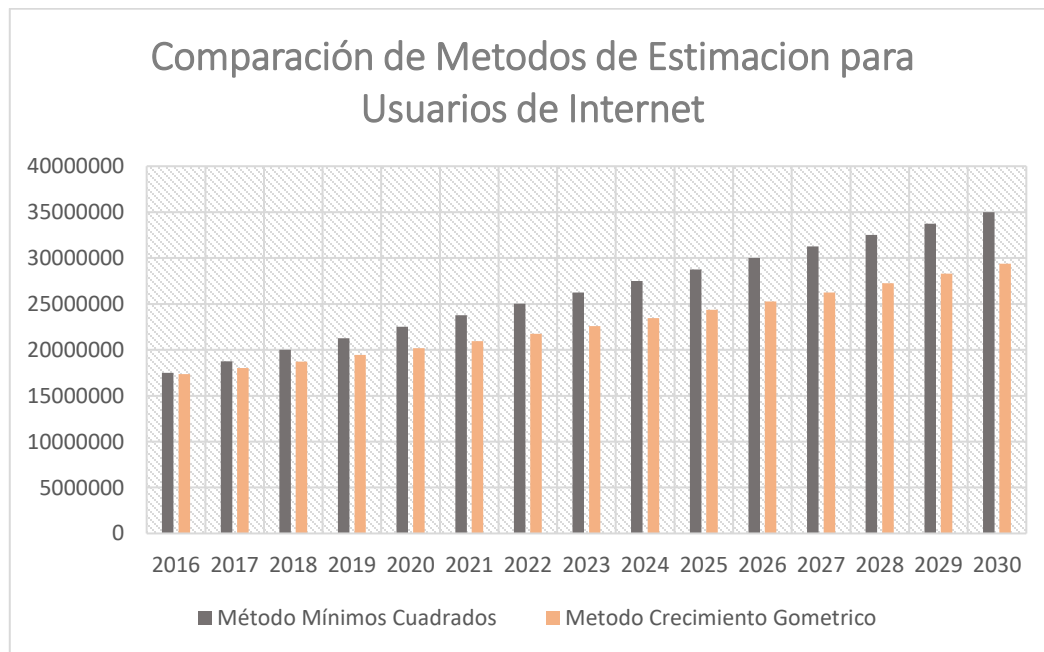
Cuadro 8. Datos de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados

Año	Usuarios
2016	17.511.326
2017	18.760.733
2018	20.010.140
2019	21.595.547
2020	22.508.953
2021	23.758.360
2022	25.007.767
2023	26.257.174
2024	27.506.580
2025	28.755.987

2026	30.005.394
2027	31.254.800
2028	32.504.207
2029	33.753.614
2030	35.003.021

Los resultados obtenidos por los 2 métodos utilizados se compararon apreciándose en el gráfico 26, se concluye que la diferencia es mínima. Debido a esto se calculó el margen de error entre los 2 métodos comparando año con año obteniendo así, los resultados del cuadro 9, una diferencia de usuarios de internet para el lapso 2016-2030 de un aproximado de 11.95% en promedio.

Para efectos de cálculo se tomó el caso más crítico a la hora de satisfacer las necesidades de cual escenario pueda ser posible para el 2030, se tomó el resultado obtenido por el método de mínimos cuadrados que estima una población de 35.003.021 personas.



**Gráfico 26. Comparación de métodos de estimación para usuarios de internet.**

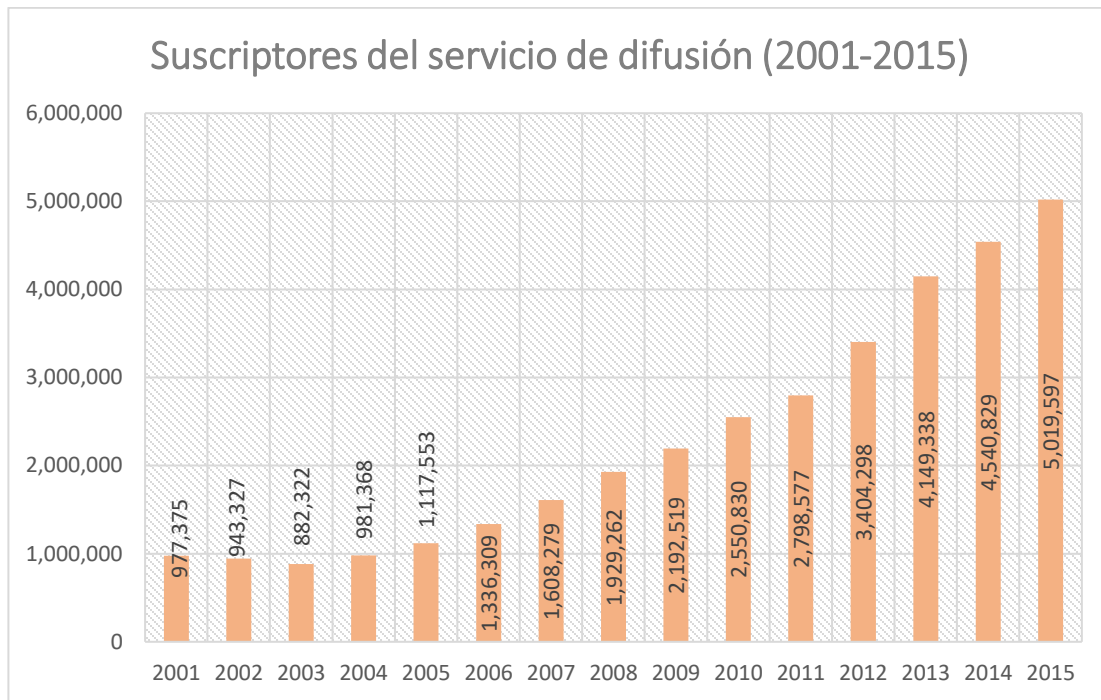
Cuadro 9. Diferencias de estimación de Usuarios de Internet para el periodo 2016-2030 de los métodos usados, crecimiento geométrico y ajuste por mínimos Cuadrados

Año	Usuarios
2016	0,82%
2017	3,88%
2018	6,44%
2019	8,57%
2020	10,34%
2021	11,81%
2022	13,01%
2023	13,99%
2024	14,75%
2025	15,34%
2026	15,76%
2027	16,04%
2028	16,18%
2029	16,20%
2030	16,10%

### 3.2.2 Proyección de Suscriptores de Servicio de Internet en Venezuela para el 2030

#### 3.2.2.1 Proyección #1

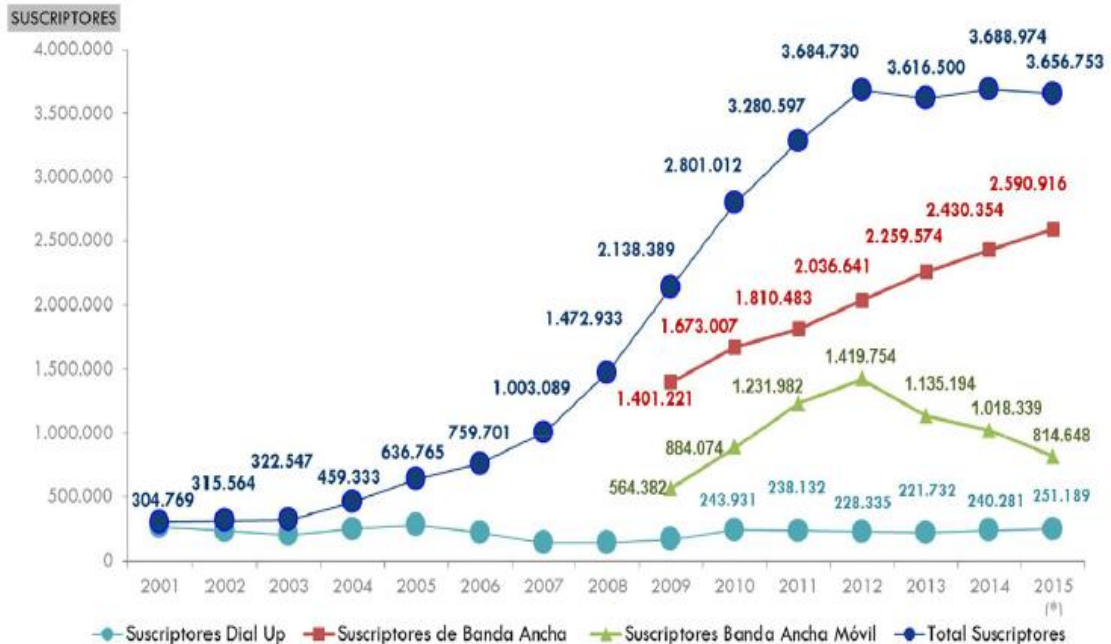
En el gráfico 27 se puede ver como el servicio satelital ha crecido y ha abarcado una gran parte de los suscriptores, aproximadamente para el 2015 un 69,22%.



**Gráfico 27. Aumento de suscriptores del servicio de difusión para el periodo 2000-2015.** Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), 2016, Venezuela.

Se observó en el gráfico 28 para Suscriptores de servicio de internet, como a partir del 2009, con la entrada del servicio de internet en los móviles basado en tecnología 3G por parte de las operadoras nacionales, hubo un aumento de usuarios hasta el 2012 debido al despliegue o alcance terrenal que ofrece el servicio de internet a nivel móvil, pero esta se ve afectada y empieza a descender por posibles factores como la disponibilidad o los planes de datos no adecuados para el consumidor.

Se observa como el servicio de internet de banda ancha fija si sigue creciendo, debido a que la población o consumidor prefiere conectarse a este medio por el uso ilimitado que presta de descarga, que las operadoras móviles no ofrecen.



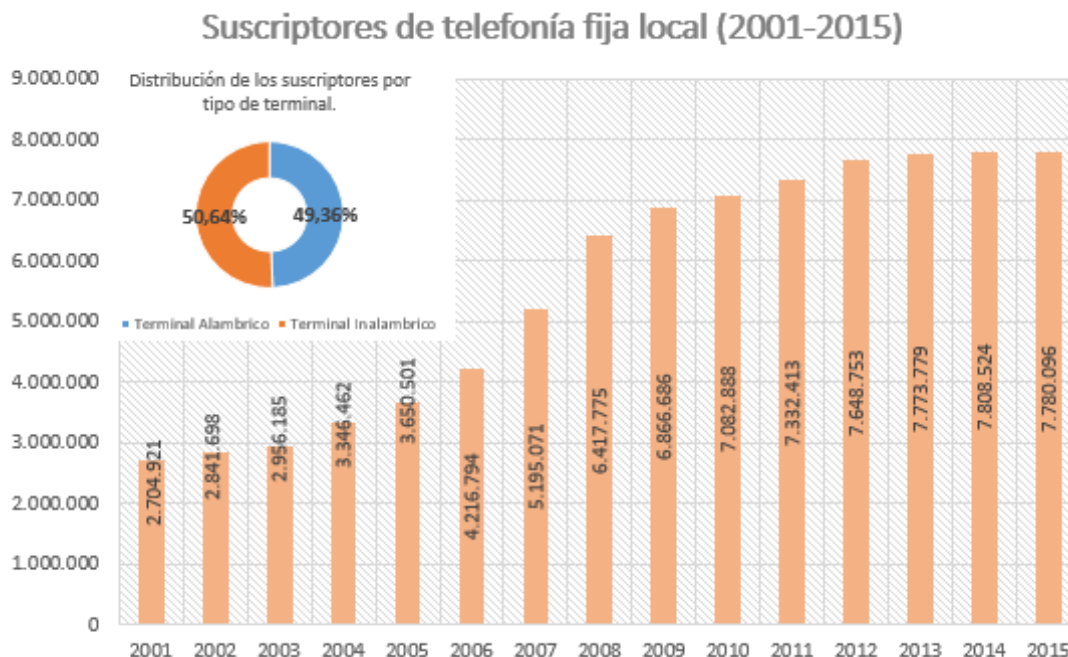
**Gráfico 28. Suscriptores del servicio de internet.** Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), 2016, Venezuela.

En el gráfico 29 para Suscriptores de telefonía local, se observó que para el 2015 hay una cantidad de 7.780.096 suscriptores de telefonía fija local, de los cuales el 49,36% son con terminal alámbrico el cual son en aproximado unos 3.840.255 suscriptores que han elegido estos terminales.

Si se compara con el gráfico 28, para el 2015 hay una cantidad de 2.590.916 suscriptores para banda ancha fija y como anteriormente se mencionó hay 3.840.255 suscriptores usando terminal alámbrica, con esto puede contabilizar que hay un 67,47% de suscriptores de telefonía fija que además de solicitar este servicio también usan el servicio de internet.

Una posibilidad de adquirir suscriptores es conseguir con la población que usa terminales inalámbricos, es brindarle un servicio de ancho de banda para hacer crecer la población activa con servicio de internet y suscriptores, ya que los usuarios que usan terminales inalámbricos, la mayoría emigra a esta tecnología por la cobertura que

brindan, el cual por líneas de cable no llegan a ellos. Brindar un servicio de internet satelital es abrir la puerta a más suscriptores y crear una demanda de ancho de banda.



**Gráfico 29. Suscriptores de telefonía fija local.** Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), 2016, Venezuela.

Con la posibilidad de brindar un ancho de banda a los suscriptores a nivel de terminales inalámbricos se busca de al menos hacer crecer un 10% los suscriptores con servicio de internet en los próximos 15 años. Tomando como dato el 50,64% de terminales inalámbricos en el gráfico 29, hay un aproximado de 3.939.841 suscriptores, el 10% de suscriptores para uso de internet sería de un aproximado de 393.984, el cual haría crecer en la gráfica 28, la curva de suscriptores de banda ancha fija.

No se eligió como opción, un aumento mayor al 10%, por los siguientes factores como la linealidad que ha mantenido los suscriptores los últimos 5 años como se ve en el gráfico 29, el cual no ha habido un aumento llamativo para tomar una decisión de apostar por una gran cantidad de suscriptores, el costo de asignación de banda ancha



fija que se ajuste a los requerimientos del usuario a nivel satelital, y la existencia del uso de estos 2 terminales alámbricos e inalámbricos por el mismo usuario.

Se calculó la recta por ajuste de mínimos cuadrados que mejor se ajusta a los datos suministrados por CONATEL en los últimos 6 años del gráfico 29, utilizando las ecuaciones 17, 18, 19, 20 y 21 a continuación:

$$\sum X_i = 2010 + 2011 + 2012 + 2013 + 2014 + 2015 = 12.075$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= 7.082.888 + 7.322.413 + 7.648.753 + 7.773.779 + 7.808.524 \\ &+ 7.780.096 = 45.416.453 \end{aligned}$$

$$\sum X_i^2 = 2010^2 + 2011^2 + 2012^2 + 2013^2 + 2014^2 + 2015^2 = 24.300.955$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i^2 &= 7.082.888^2 + 7.322.413^2 + 7.648.753^2 + 7.773.779^2 + 7.808.524^2 \\ &+ 7.780.096^2 = 344.223.037.786.755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i \cdot Y_i &= (2010 \times 7.082.888) + (2.011 \times 7.322.413) + (2.012 \times 7.648.753) \\ &+ (2.013 \times 7.773.779) + (2.014 \times 7.808.524) \\ &+ (2.015 \times 7.780.096) = 91.403.146.362 \end{aligned}$$

$$a = \frac{6(91.403.146.362) - (12.075)(45.416.453)}{6(24.300.955) - (12.075)^2}$$

$$a = 144.839,97$$

$$b = \frac{(45.416.453) - (144.839,97)(12.075)}{6}$$

$$b = -283.921.030,79$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{6} \times 0,2}{\sqrt{6(24300955) - (12075)^2}} = 0,05$$

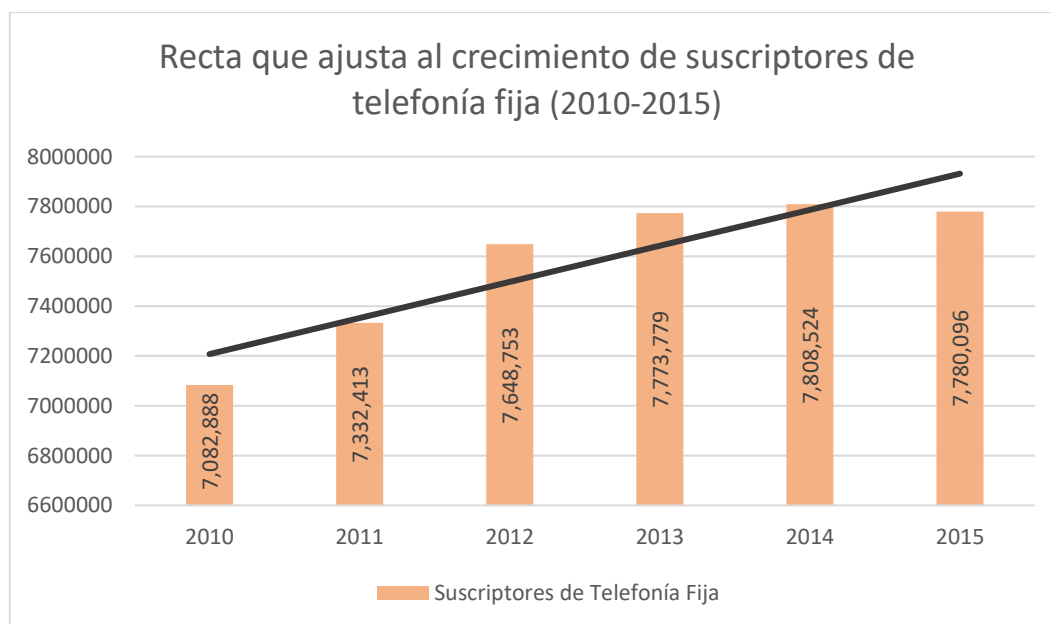
$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{6}} = 0,08$$

$$Y = (144.839,97 \pm 0,05)x + (-283.921.030,79 \pm 0,08) \quad (25)$$

$$r = \frac{6(91.403.146.362) - (12.075)(45.416.453)}{\sqrt{[6(24.300.955) - (12.075)^2][6(344.223.037.786.755) - (45.416.453)^2]}}$$

$$r = 0,9$$

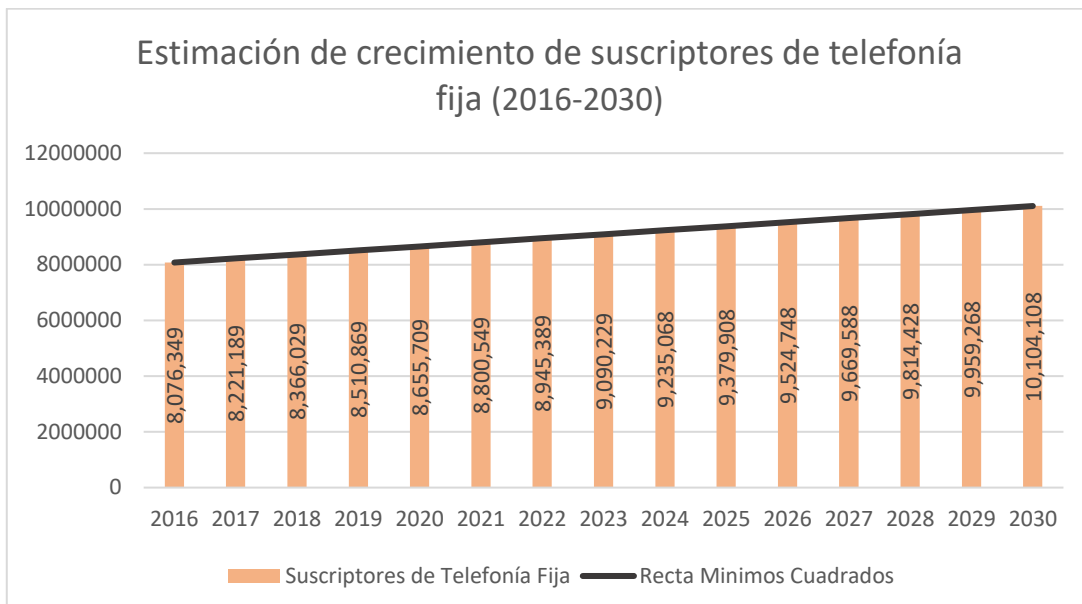
Según su coeficiente de correlación los puntos se encuentran muy cercanos a la recta y ya con la recta obtenida en la ecuación 25, se procedió a proyectar los suscriptores para el periodo 2016-2030, esto se puede apreciar en el gráfico 30.



**Gráfico 30. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores de telefonía fija mediante el método de mínimos Cuadrados.**

Se continuó con el cálculo de los suscriptores estimados para el periodo 2016-2030 con la ecuación 25 y se obtuvo el gráfico 31, el cual se puede apreciar que para

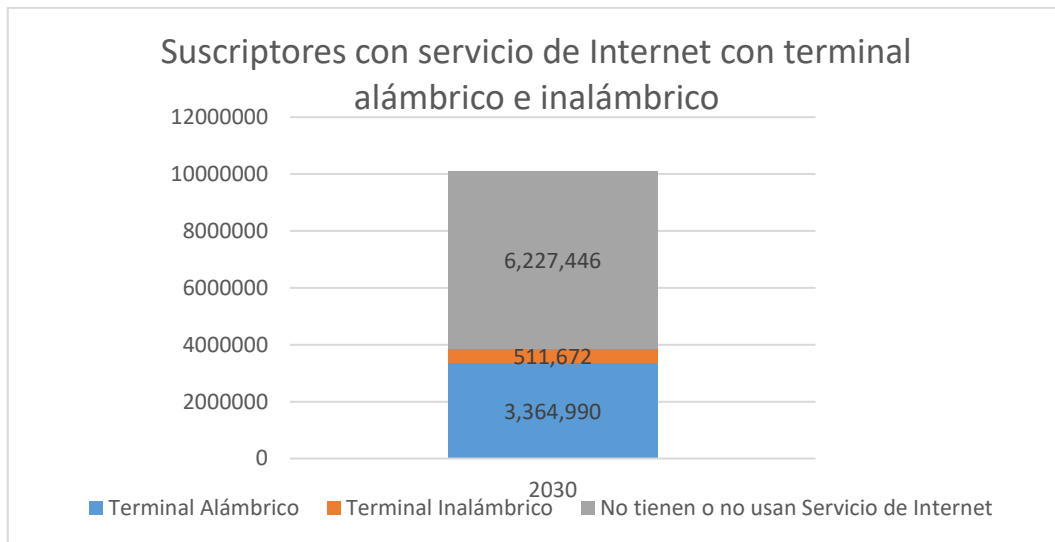
el 2030 habrá 10.104.108 suscriptores de telefonía fija, estos cálculos se mantendrán, si para estos años se cumple la linealidad de aspectos políticos, socioeconómicos, e inversión, entre otros, que se mantiene durante el periodo 2010-2015.



**Gráfico 31. Estimación de crecimiento de suscriptores de telefonía fija mediante el método de mínimos Cuadrados.**

Se hizo uso del porcentaje de terminales alámbricos e inalámbricos suministrados por CONATEL de 49,36% y 50,64% y se calculó el porcentaje de usuarios activos con servicio de internet el cual se puede apreciar en el gráfico 32, de 67,47% de suscriptores para terminal alámbrico y el 10% suscriptores de terminal inalámbrico que se estima migrar a servicio de internet satelital.

En el gráfico 28, a partir del 2013 se puede apreciar como la curva se mantiene estable para el total de suscriptores al igual que para suscriptores de telefonía fija en el gráfico 29, se notó que ya se empieza a evidenciar una posible saturación de suscriptores el cual no se podrá dar abastos a nuevos suscriptores, ya sea por la poca inversión en plantas externas o no hay abasto para planes de datos llamativos para atraer suscriptores.



**Gráfico 32. Estimación de suscriptores de telefonía fija con terminal alámbrica suscrito a un plan de internet para el año 2030.**

El resultado obtenido en el gráfico 32 es algo incierto para los terminales alámbricos la cantidad de suscriptores, ya puede pasar que, por falta de inversión en infraestructura, el no poder extender más a nivel de cableado por el urbanismo ya hecho o las zonas alejadas de los anillos de distribución, los suscriptores no tienen acceso por razones económicas o el terreno no lo permite. Para el 2030 se pronostica que habrá 4.987.387 suscriptores con terminal alámbrica el cual 3.364.990 contarán con servicio de internet, que al comparar con el año 2015 que son 3.840.255 suscriptores y 2.590.916 cuentan con servicio de internet, se observa un aumento de 774.074 suscriptores, el cual conlleva a invertir en la infraestructura colocando más ancho de banda que cubra la demanda de suscriptores.

También se observó en el gráfico 32, debido a la estabilidad y a la vez saturación antes mencionada de la curva de suscriptores totales en el gráfico 28, para el 2030 se observó que habrá una cantidad de 6.227.446 suscriptores que no tienen servicio de internet, el cual estará dividido en dos grupos el cuáles serán los suscriptores que no quieren servicio de internet y los usuarios que si desean el servicio de internet, pero no se le proporcionara servicio por la saturación del sistema aproximado para el

2030, se anexo un 10% de suscriptores en cual en el gráfico 32 representa la cantidad de 511.672 suscriptores de banda ancha móvil al cual se le ofrece un servicio de internet satelital al cual pueden migrar a este modo de servicio.

Es muy importante estos 6.227.446 suscriptores ya que influye mucho a la hora de brindar servicio de internet, ya que los suscriptores que están sin acceso a servicio de internet más los 3.876.662 suscriptores que si tienen, serian significativos para cubrir la demanda de suscriptores para el 2030, ver el gráfico 32.

Se observó el gráfico 28 el comportamiento de la curva de los suscriptores totales para el periodo 2012-2015 y suscriptores de banda ancha para el periodo 2009-2015, con estos datos se procedió a calcular la recta que se ajusta a cada uno por el método de mínimos cuadrados, las rectas son:

- Para Suscriptores de Totales:

$$\sum X_i = 2012 + 2013 + 2014 + 2015 = 8054$$

$$\sum Y_i = 3.684.730 + 3.616.500 + 3.688.974 + 3.656.753 = 14.646.957$$

$$\sum X_i^2 = 2.012^2 + 2.013^2 + 2.014^2 + 2.015^2 = 16.216.734$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i^2 &= 3.684.730^2 + 3.616.500^2 + 3.688.974^2 + 3.656.753^2 \\ &= 53.636.679.098.585 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i \cdot Y_i &= (2.012 \times 3.684.730) + (2.013 \times 3.616.500) + (2.014 \times 3.688.974) \\ &+ (2.015 \times 3.656.753) = 29.491.642.191 \end{aligned}$$

$$a = \frac{4(29.491.642.191) - (8.054)(14.646.957)}{4(16.216.734) - (8.054)^2}$$

$$a = -1.145,7$$

$$b = \frac{(14.646.957) - (-1.145,7)(8.054)}{4}$$

$$b = 5.968.606,2$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{4} \times 0,2}{\sqrt{4(16216734) - (8054)^2}} = 0,09$$

$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{4}} = 0,1$$

$$Y = (-1.145,7 \pm 0,09)x + (5.968.606,2 \pm 0,1) \quad (26)$$

$$r = \frac{4(29.491.642.191) - (8054)(14646957)}{\sqrt{[4(53636679098585) - (14646957)^2][4(16216734) - (8054)^2]}}$$

$$r = -0,04$$

Según su coeficiente de correlación no existe relación alguna de esta ecuación 26 con los datos tomados, lo que resultará una tendencia incierta para el futuro; Igual se tomó para proyectar los suscriptores para el periodo 2016-2030 ya que es la única información que se tiene para predecir el periodo mencionado, esto se puede apreciar en el gráfico 33.

- Para Suscriptores de Banda Ancha vía terminal alámbrico:

$$\sum X_i = 2009 + 2010 + 2011 + 2012 + 2013 + 2014 + 2015 = 14.084$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= 1.401.221 + 1.673.007 + 1.810.483 + 2.036.641 + 2.259.574 \\ &+ 2.430.354 + 2.590.916 = 14.202.196 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i^2 &= 2009^2 + 2010^2 + 2011^2 + 2.012^2 + 2.013^2 + 2.014^2 + 2.015^2 \\ &= 28.337.036 \end{aligned}$$

$$\sum Y_i^2 = 1.401.221^2 + 1.673.007^2 + 1.810.483^2 + 2.036.641^2 + 2.259.574^2 \\ + 2.430.354^2 + 2.590.616^2 = 29.911.714.455.308$$

$$\sum X_i \cdot Y_i = (2.009 \times 1.401.221) + (2.010 \times 1.673.007) + (2.011 \times 1.810.483) \\ + (2.012 \times 2.036.641) + (2.013 \times 2.259.574) \\ + (2.014 \times 2.430.354) + (2.015 \times 2.590.616) = 28.579.746.722$$

$$a = \frac{7(28.579.746.722) - (14.084)(14.202.196)}{7(28.337.036) - (14.084)^2}$$

$$a = 176.013,21$$

$$b = \frac{(14.202.196) - (176.013,21)(14.084)}{7}$$

$$b = -352.109.693,4$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{7} \times 0,2}{\sqrt{7(28.337.036) - (14.084)^2}} = 0,04$$

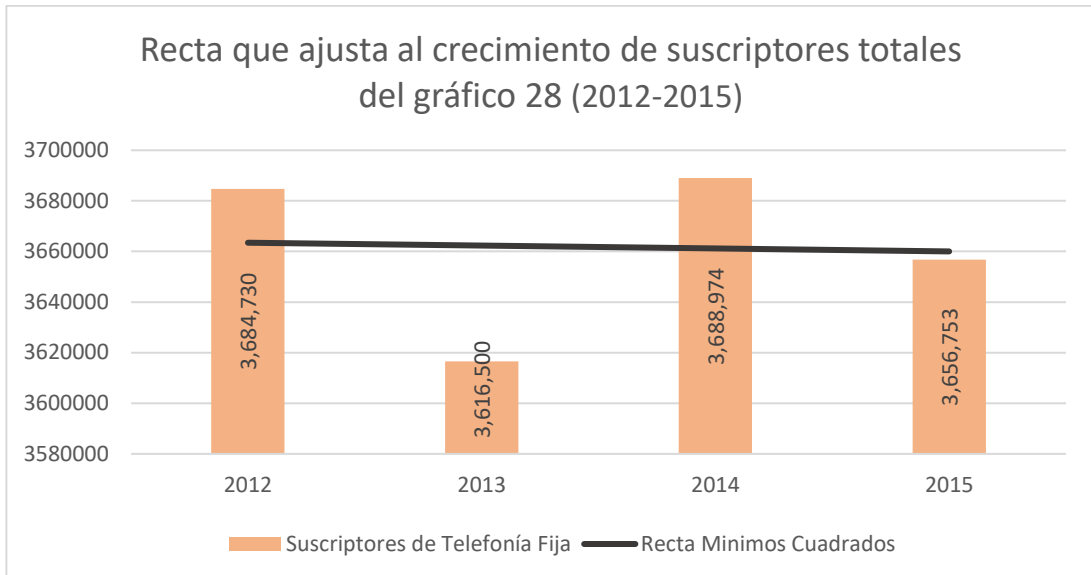
$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{7}} = 0,08$$

$$Y = (176.016,21 \pm 0,04)x + (-352.109.693,4 \pm 0,08) \quad \text{Ecu.27}$$

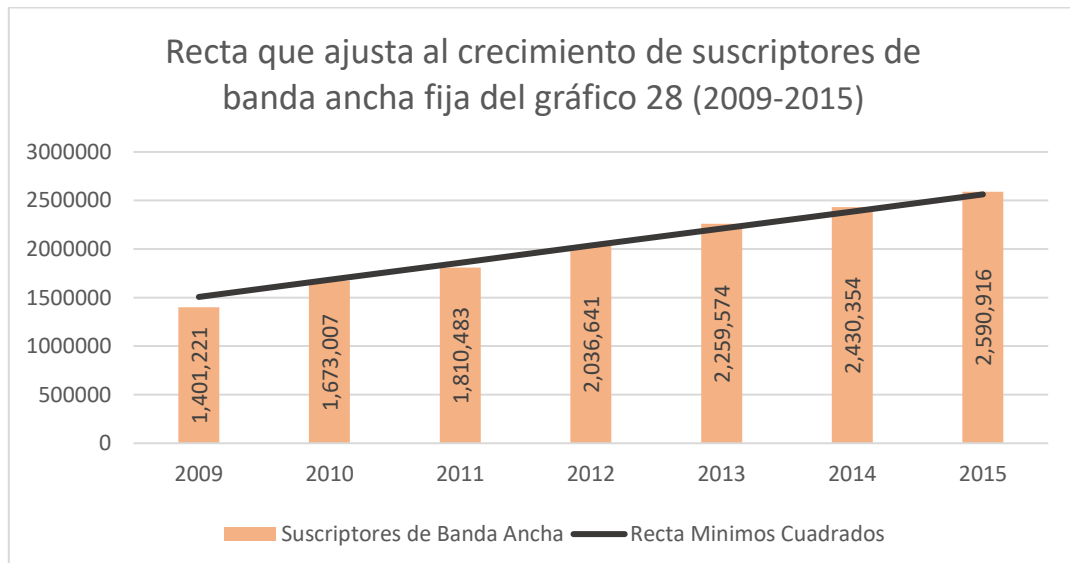
$$r = \frac{7(28.579.746.722) - (14.084)(14.202.196)}{\sqrt{[7(29.911.714.455.308) - (14.202.196)^2][7(28.337.036) - (14.084)^2]}}$$

$$r = 0,9$$

Según su coeficiente de correlación los puntos se encuentran muy cercanos a la recta y ya con la recta obtenida en la ecuación 27, se procedió a comprobar su correlación en el gráfico 34.



**Gráfico 33. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores totales del gráfico 28 suministrado por CONATEL para el periodo 2012-2015.**



**Gráfico 34. Recta que ajusta al crecimiento de suscriptores de banda ancha fija del gráfico 28 suministrado por CONATEL para el periodo 2009-2015.**

Con las rectas antes mencionadas, se estimó la cantidad de suscriptores de cada uno para el periodo 2016-2030, estos resultados se pueden apreciar en los cuadros 10 y 11. En el gráfico 35 se observó como para el año 2021 sin añadir los usuarios de banda ancha móvil, se empezaría la saturación del servicio, dando como dato un punto



de inflexión, en el cual, la infraestructura actual, si se mantiene, se saturaría dejando varios suscriptores y usuarios a la vez sin servicio de internet o con bajo ancho de banda con el fin de poder dar espacio a los usuarios sin servicio de internet. Cabe recalcar si se añade los usuarios de banda ancha móvil la gráfica 35 se saturaría antes.

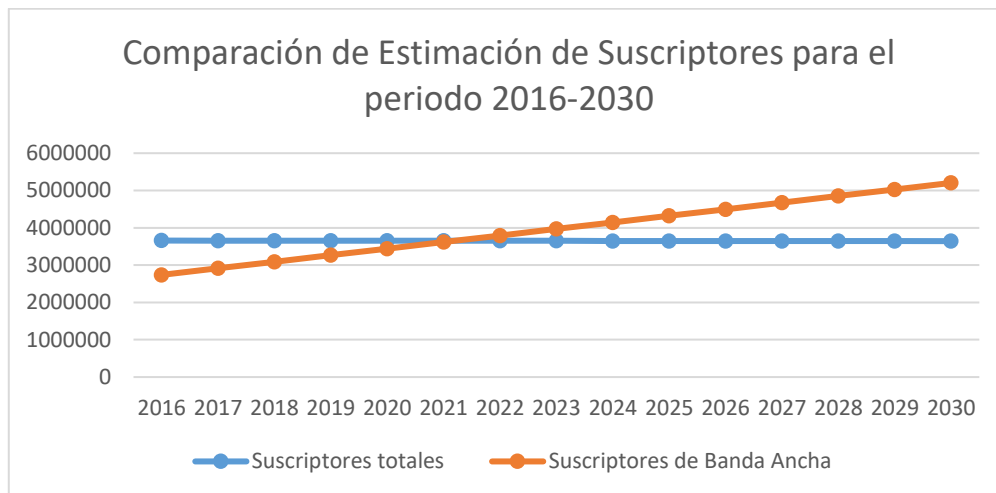
Cuadro 10. Datos de estimación de suscriptores con servicio de internet vía terminal alámbrica para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados.

Año	Usuarios
2016	2.738.986
2017	2.915.002
2018	3.091.018
2019	3.267.035
2020	3.443.051
2021	3.619.067
2022	3.795.083
2023	3.971.099
2024	4.147.116
2025	4.323.132
2026	4.499.148
2027	4.675.164
2028	4.851.180
2029	5.027.197
2030	5.203.213

Cuadro 11. Datos de estimación de suscriptores totales para el periodo 2016-2030 mediante el método de mínimos cuadrados.

Año	Usuarios
2016	3.658.875
2017	3.657.729

2018	3.656.584
2019	3.655.438
2020	3.654.292
2021	3.653.147
2022	3.652.001
2023	3.650.855
2024	3.649.709
2025	3.648.564
2026	3.647.418
2027	3.646.272
2028	3.645.127
2029	3.643.981
2030	3.642.835



**Gráfico 35. Comparación de estimación por mínimos cuadrados de los suscriptores totales y suscriptores de banda ancha para el periodo 2016-2030.**

Para el 2030 según el cuadro 10, se necesita al menos 5.203.213 suscriptores de banda ancha, faltando los suscriptores de banda ancha móvil, el cual también puede ser afectado de manera factible permitiendo llegar a lugares que antes no llegaba a nivel

de radiodifusión terrestre, creciendo así de esta manera las dos curvas del gráfico 28, con el fin de ayudar a satisfacer los 35.003.021 usuarios para dicho año. Para el dimensionamiento se tomó los usuarios estimados para el 2030 por el método de ajuste de mínimos cuadrados al dar mayores cantidades que con el método de crecimiento geométrico, esto se puede apreciar en el gráfico 26, ya que con esto se sobredimensionaría y cumplirías tanto con la población del cuadro 7 y 8 para el 2030.

Se hizo un análisis, de forma lineal, el cual consistió que para el 2015 hay un total de 3.405.564 suscriptores de banda ancha con 16.728.294 usuarios activos de internet, entonces para el 2030 con 35.003.021 usuario activos con servicio de internet se necesitan al menos 7.125.952 de suscriptores de banda ancha de los cuales 5.203.213 estimados en el gráfico son suscriptores de banda ancha, faltando en esta estimación los suscriptores de banda ancha móvil, pero que restado con la cantidad total de suscriptores obtenidos para el 2030, se obtendría 1.922.739 aproximadamente suscriptores sin servicio de internet. En el gráfico 28 se puede ver como desciende el nivel de suscriptores en el periodo 2012-2015, decayendo a 814.648 suscriptores, si se analiza mediante la tendencia que lleva en este periodo, dará como resultado que para el 2030 no habrá usuarios en este medio, situación que no pasara por el abarque y empuje de esta tecnología ya que muchos utilizan terminales como teléfonos inteligentes, tabletas, entre otros, por el cual se consideró mantener la cantidad de suscriptores del año del 2015 de 814.648 el cual se considera que se mantendrá para el año 2030 como mínimo. Quedando ahora un total de 1.108.091 suscriptores sin servicio de internet, el cual pueden hacer uso del servicio de internet satelital para el año 2030 para servicio el servicio de banda ancha satelital.

#### 3.2.2.2 Proyección #2

El resultado obtenido en el primer caso, se basa en el análisis del gráfico 28, el cual nos indicó saturación de los suscriptores totales para el periodo 2012-2015, el cual parece ser, que no hay crecimiento por falta de inversión en los sistemas de redes o infraestructura y por esto no se observa una adición superior a la que muestra este periodo mencionado.

También se observó cómo decaen los suscriptores de banda ancha móvil a pesar de las ventajas que brinda la red 3G, y en estos momentos la actual red LTE o 4G, el cual viene decayendo por varios factores de los cuáles algunos de ellos son: planes no adaptados o accesibles a las necesidades del suscriptor o la falta de terminales que soporten estas redes mencionadas. El punto a tratar es que, si existiera la inversión en la infraestructura, cambiaría los resultados del periodo 2012-2015 y este cambiaría de manera positiva los cálculos del dimensionamiento, disminuyendo la cantidad de suscriptores para la carga útil del satélite, al igual que la banda ancha móvil traería buenos resultados como lo antes mencionado.

Para tratar el estancamiento o saturación del sistema del 2012-2015, se analizó la tendencia del periodo 2006-2012 del gráfico 28 el cual hay un alza significativa de inversión y a la vez de crecimiento del sistema y se tomó para proyectar si se mantuviera esta tendencia para el periodo 2013-2030, los cálculos son los siguientes, usando ajustes por mínimos cuadrados:

$$\sum X_i = 2006 + 2007 + 2008 + 2009 + 2010 + 2011 + 2012 = 14.063$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i &= 759.701 + 1.003.089 + 1.472.933 + 2.138.389 + 2.801.012 \\ &+ 3.280.597 + 3.684.730 = 15.140.451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i^2 &= 2.006^2 + 2.007^2 + 2.008^2 + 2.009^2 + 2.010^2 + 2.011^2 + 2.012^2 \\ &= 28.252.595 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Y_i^2 &= 759.701^2 + 1.003.089^2 + 1.472.933^2 + 2.138.389^2 + 2.801.012^2 \\ &+ 3.280.597^2 + 3.684.730^2 = 40.510.792.362.585 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X_i \cdot Y_i &= (2.006 \times 759.701) + (2.007 \times 1.003.089) + (2.008 \times 1.472.933) \\ &+ (2.009 \times 2.138.389) + (2.010 \times 2.801.012) \\ &+ (2.011 \times 3.280.597) + (2.012 \times 3.684.730) = 30.431.824.241 \end{aligned}$$

$$a = \frac{7(30.431.824.241) - (14.063)(15.140.451)}{7(28.252.595) - (14.063)^2}$$

$$a = 523.506,5$$

$$b = \frac{(15.140.451) - (523.506,5)(14.063)}{7}$$

$$b = -1.049.561.636,92$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{7} \times 0,2}{\sqrt{7(28.252.595) - (14.063)^2}} = 0,04$$

$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{7}} = 0,08$$

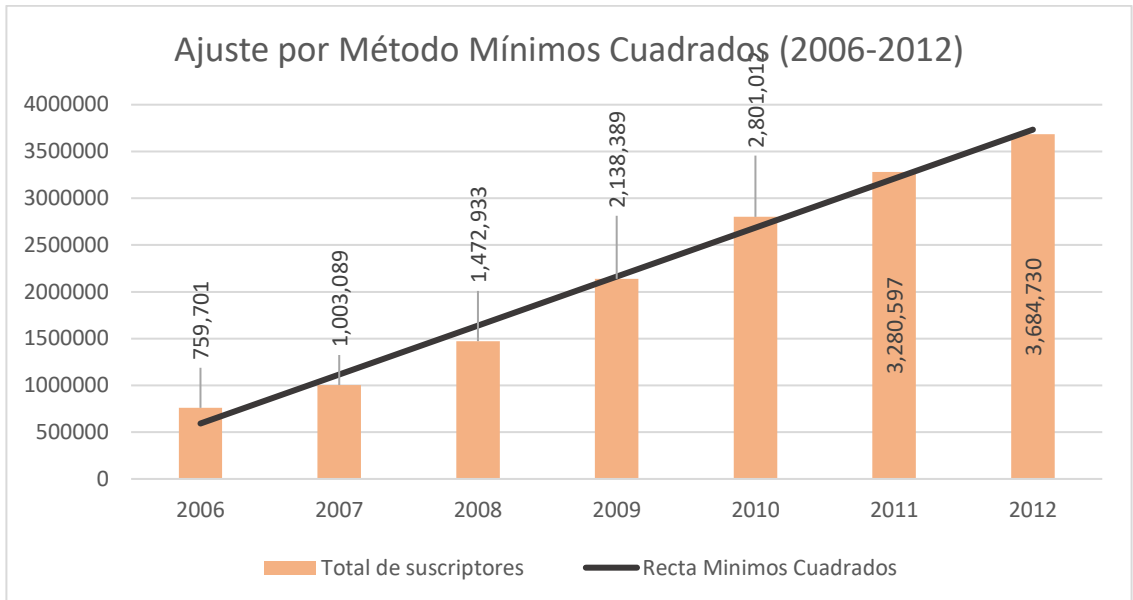
$$Y = (523.506,5 \pm 0,04)x + (-1.049.561.636,92 \pm 0,08) \quad (28)$$

$$r = \frac{7(30.431.824.241) - (14.063)(15.140.451)}{\sqrt{[7(40.510.792.362.585) - (15.140.451)^2][7(28.252.595) - (14.063)^2]}}$$

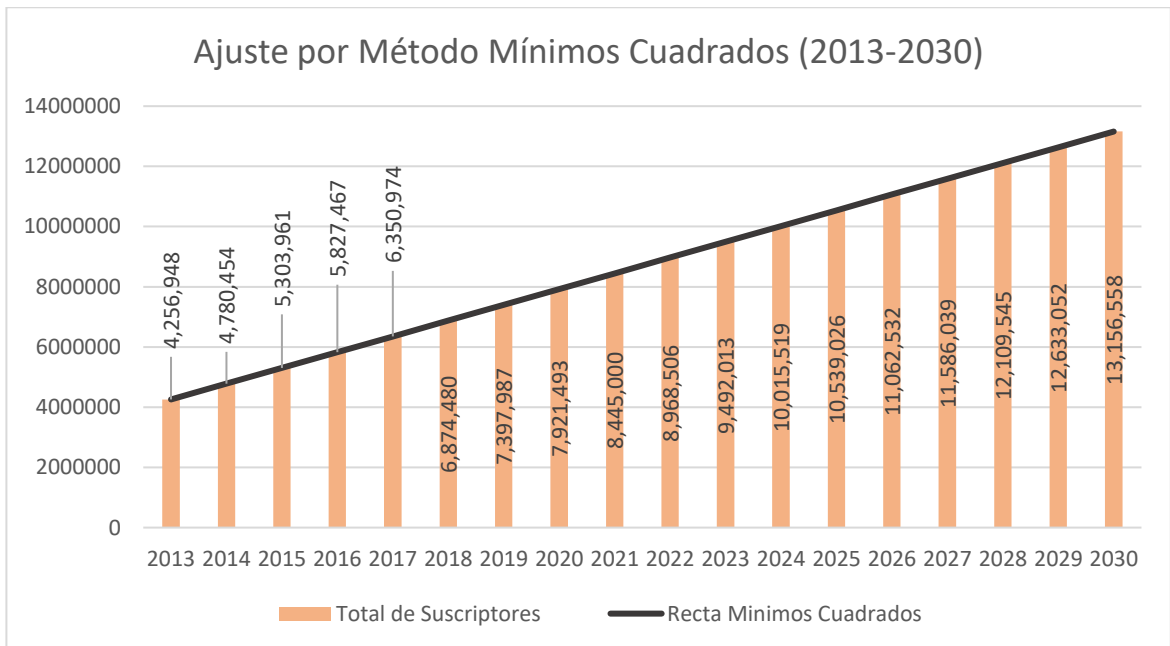
$$r = 0,9$$

Según el coeficiente de correlación los puntos se encuentran muy cercanos a la recta y ya con la recta obtenida en la ecuación 28, se continuó a comprobar la recta en el gráfico 36.

En el Gráfico 36 se aprecia la recta que mejor se adapta a los datos del periodo 2006-2012, el cual indica que hubo un crecimiento que evidencia adición de usuarios y a la vez de inversión en infraestructura, el cual si se mantiene esta idea a partir del 2012, obtendríamos otros resultados, el cual fueran positivos a la hora del dimensionamiento ya que disminuirá el nivel de suscriptores como obtuvimos en el primer caso, este se puede ver en el gráfico 37 el aumento de total de suscriptores para el año 2030.



**Gráfico 36. Cálculo de los parámetros "a" y "b" que mejor se adaptan a los datos del total de Suscriptores para el periodo 2006-2012.**



**Gráfico 37. Estimación de crecimiento de total de suscriptores mediante el método de mínimos Cuadrados para el periodo 2013-2030.**

Se puede Observar en el gráfico 37 que para el año 2030 tendremos un estimado de 13.156.558 suscriptores totales.

Tomando en cuenta los datos de crecimiento del gráfico 28, de los suscriptores de banda ancha móvil para el periodo 2009-2012, se procedió a calcular la recta que mejor se ajusta a estos datos, para estimar el total de suscriptores para el año 2030, el cálculo es el siguiente:

$$\sum X_i = 2009 + 2010 + 2011 + 2012 = 8.042$$

$$\sum Y_i = 564.382 + 884.074 + 1.231.982 + 1.419.754 = 4.100.192$$

$$\sum X_i^2 = 2009^2 + 2010^2 + 2011^2 + 2012^2 = 16.168.446$$

$$\sum Y_i^2 = 564.382^2 + 884.074^2 + 1.231.982^2 + 1.419.754^2 = 4.633.594.948.240$$

$$\begin{aligned} \sum X_i \cdot Y_i &= (2.009 \times 564.382) + (2.010 \times 884.074) + (2.011 \times 1.231.982) \\ &+ (2.012 \times 1.419.754) = 8.244.893.028 \end{aligned}$$

$$a = \frac{4(8.244.893.028) - (8.042)(4.100.192)}{4(16.168.446) - (8.042)^2}$$

$$a = 291.402,4$$

$$b = \frac{(4.100.192) - (291.402,4)(8.042)}{4}$$

$$b = -584.839.477,2$$

$$\Delta a = \frac{\sqrt{4} \times 0,2}{\sqrt{4(16.168.446) - (8.042)^2}} = 0,09$$

$$\Delta b = \frac{0,2}{\sqrt{4}} = 0,1$$

$$Y = (291.402,4 \pm 0,09)x + (-584.839.477,2 \pm 0,1)$$

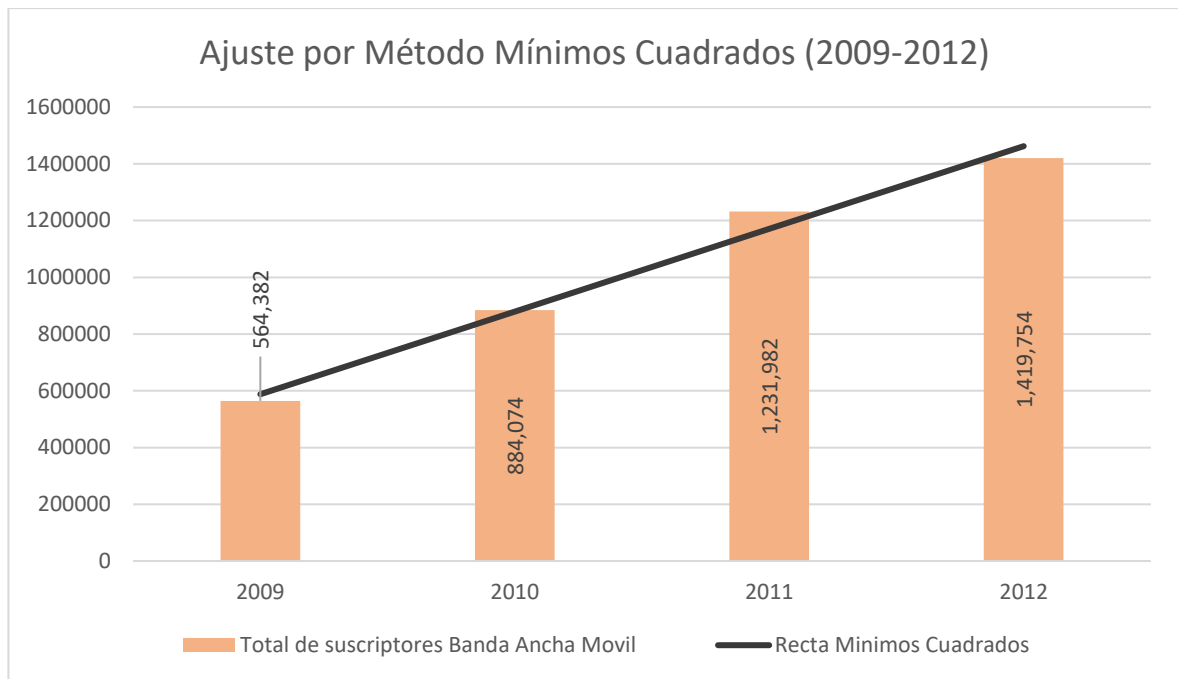
Ecu.29

$$r = \frac{4(8.244.893.028) - (8.042)(4.100.192)}{\sqrt{[4(4.633.594.948.240) - (4.100.192)^2][4(16.168.446) - (8.042)^2]}}$$

$$r = 0,9$$

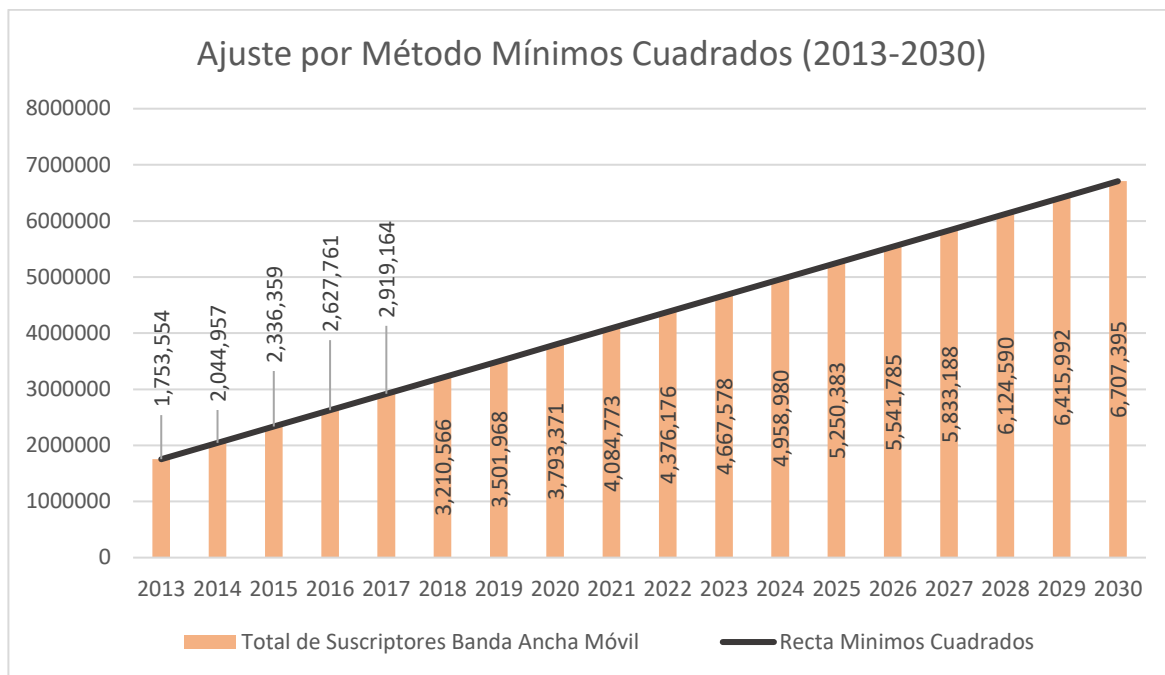
Según el coeficiente de correlación los puntos se encuentran muy cercanos a la recta y ya con la recta obtenida en la ecuación 29, se procedió a comprobar la recta en el gráfico 38.

Se eligió el periodo 2009-2012, ya que para este periodo hubo un crecimiento por parte del sistema y por eso el crecimiento de suscriptores. Con el cálculo antes hecho de la recta en el gráfico 38, obtendremos un total de 6.707.395 suscriptores de banda ancha móvil para el 2030, el cual se puede apreciar en el gráfico 39.



**Gráfico 38. Cálculo de los parámetros "a" y "b" que mejor se adaptan a los datos del total de Suscriptores de Banda Ancha Móvil para el periodo 2009-2012.**





**Gráfico 39. Estimación de crecimiento de total de suscriptores de Banda Ancha Móvil mediante el método de mínimos Cuadrados para el periodo 2013-2030.**

Se observó el cuadro 10, el cual nos dice que para el 2030 hay un total de 5.203.213 suscriptores estimados de banda ancha fija, que sumados al total de 6.707.395 suscriptores de banda ancha móvil estimados en el gráfico 39, se obtiene un total de 11.910.608 total de suscriptores al cual se les brinda un servicio de internet. De acuerdo al cálculo del gráfico 37 hay un total de 13.156.580 suscriptores, que con el cálculo antes hecho se obtendría que 1.245.950 suscriptores faltando por servicio de internet, el cual estos posiblemente con los avances tecnológicos que hay progresivamente necesitaran un servicio de internet de calidad, por esto surge el dimensionamiento de una carga útil, por el hecho de que hay una demanda de ancho de banda que se debe cubrir.

### 3.2.3 Uso de datos de Aplicaciones populares en Internet

Ya que el portal de servicios de proveedor de internet, en nuestro caso CANTV, no da un soporte de que lista de aplicaciones son más demandadas y el tiempo de uso,

la página web de whistleout.com.au, han hechos cálculos matemáticos y han calculado la cantidad de datos que consumen las aplicaciones en línea pueden consumir.

### 3.2.3.1 Navegación Web y Correo Electrónico

- Navega 48 horas al mes.
- Tamaño de web promedio es de 2,5 MB.
- Se calcula 7 GB de consumo, por mes, una sola persona.

$$\frac{7.000.000.000 \text{ Byte}}{2.500.000 \text{ Byte}} = 2.800 \text{ Páginas Web navega un usuario al mes}$$

$$48 \text{ horas} = 172.800 \text{ segundos}$$

$$7.000 \text{ MB} \times 8 \text{ bit} = 56.000 \text{ Mb}$$

$$\frac{56.000 \text{ Mb}}{172.800 \text{ segundos}} = 324.074,07 \text{ bps}$$

$$324,1 \text{ Kbps} \rightarrow \text{ancho de banda en el mes}$$

$$10,81 \text{ Kbps} \rightarrow \text{ancho de banda al día}$$

### 3.2.3.2 Facebook

- Navegación promedio de 2 MB por minuto.
- Usuario promedio navega 20 horas al mes.
- 2,5 GB por cada usuario.

$$2 \text{ MB} \rightarrow 1 \text{ minuto} \rightarrow 60 \text{ Segundos}$$

$$0,0334 \text{ MB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$33,33 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$33,33 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 266,667 \text{ bps}$$

$$266,67 \text{ Kbps} \rightarrow \text{ancho de banda al mes}$$

$$8,89 \text{ Kbps} \rightarrow \text{ancho de banda al día}$$

### 3.2.3.3 YouTube

- Video HD 1080p  $\rightarrow$  12,4 MB / minuto
- Video HD 720p  $\rightarrow$  7,4 MB / minuto
- Video 480p  $\rightarrow$  4 MB / minuto
- Video 360p  $\rightarrow$  2.66 MB / minuto

- Video 240p → 1,6 MB / minute

12.400 KB → 1 minuto → 60 Segundos

206,67 KB → 1 Segundo

206,67 KB x 8 bit = 1.653,36 Kbps

1.653,36 Kbps → ancho de banda de consumo para videos HD 1080p

7.400 KB → 1 minuto → 60 Segundos

123,34 KB → 1 Segundo

123,34 KB x 8 bit = 986,72 Kbps

986,72 Kbps → ancho de banda de consumo para videos HD 720p

4.000 KB → 1 minuto → 60 Segundos

66,67 KB → 1 Segundo

66,67 KB x 8 bit = 533,36 Kbps

533,36 Kbps → ancho de banda de consumo para videos 480p

2.660 KB → 1 minuto → 60 Segundos

44,34 KB → 1 Segundo

44,34 KB x 8 bit = 354,72 Kbps

354,72 Kbps → ancho de banda de consumo para videos 360p

1.600 KB → 1 minuto → 60 Segundos

26,67 KB → 1 Segundo

26,67 KB x 8 bit = 213,36 Kbps

213,36 Kbps → ancho de banda de consumo para videos 240p

#### 3.2.3.4 Juegos en Línea

- 50 MB de consumo por hora.
- Algunos pueden requerir más por sus actualizaciones.

50.000 KB → 1 hora → 3.600 Segundos

13,89 KB → 1 Segundo

$$13,89 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 111,2 \text{ Kbps}$$

$112,20 \text{ Kbps} \rightarrow$  ancho de banda de consumo

### 3.2.3.5 Llamadas ( Skype )

- 360 KB por minuto para Voz.
- 25 MB por hora para Video llamadas.

$$360 \text{ KB} \rightarrow 60 \text{ Segundos}$$

$$6 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$6 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 48 \text{ Kbps}$$

$48 \text{ Kbps} \rightarrow$  ancho de banda de consumo para Voz.

$$25.000 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ hora} \rightarrow 3.600 \text{ Segundos}$$

$$6,95 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$6,95 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 55,6 \text{ Kbps}$$

$55,6 \text{ Kbps} \rightarrow$  ancho de banda de consumo para Videollamadas.

### 3.2.3.5 Servicios Streaming TV

- Formato HD alrededor de 3GB por hora
- Formato SD alrededor de 700 MB por hora

$$3.000.000 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ hora} \rightarrow 3.600 \text{ Segundos}$$

$$833,34 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$833,34 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 6.674,72 \text{ Kbps}$$

$6.675 \text{ Mbps} \rightarrow$  ancho de banda de consumo para Formato HD

$$700.000 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ hora} \rightarrow 3.600 \text{ Segundos}$$

$$194,94 \text{ KB} \rightarrow 1 \text{ Segundo}$$

$$194,45 \text{ KB} \times 8 \text{ bit} = 1.555,56 \text{ Kbps}$$

$1,556 \text{ Mbps} \rightarrow$  ancho de banda de consumo para Formato SD

### 3.2.4 Calculo de ancho de banda necesario para dimensionar Carga Útil.

Se utilizó un modelo Matemático para la predicción de ancho de banda propuesto por el Ing. Omar Contreras y el Ing. Nicolás Contreras el cual está presente en el anexo-B. Este modelo considera las aplicaciones, cantidad de usuarios y la conexión simultanea de usuarios.

El modelo propuesto es:

$$BW (bps) = n \cdot P_{AP} \cdot \varphi(n) \quad (30)$$

$n$  = Número de Usuarios.

$P_{AP}$  = Peso Aplicación.

$\varphi(n)$  = Tasa de Ocupación.

Se eligió 79,570 Kbps como peso de aplicación, este valor está basado en análisis hechos de Redes WAN con simultaneidad de conexiones TCP/UDP, considerando las aplicaciones, cantidad de usuarios y la simultaneidad de las conexiones.

Para la tasa de ocupación  $\varphi(n)$ , se eligió el valor de 25% para la transferencia de mínima de datos, es cual es considerada buena para el usuario.

#### 3.2.4.1 Ancho de Banda necesario para la Proyección #1

Para el número de usuarios  $n$ , se tomó el valor proyectado de suscriptores de 1.108.091.

$$BW (bps) = 1.108.091 \times 79.570 \times 0,25$$

$$BW (bps) = 22.042.700.217,5bps$$

$$BW (bps) = 22,043 Gbps$$

Este sería el ancho de banda que se necesita para elaborar el dimensionamiento de a carga útil para la proyección #1

#### 3.2.4.2 Ancho de Banda necesario para la Proyección #2

Para el número de usuarios  $n$ , se tomó el valor proyectado de suscriptores de 1.245.950.

$$BW (bps) = 1.245.950 \times 79.570 \times 0,25$$

$$BW (bps) = 24.785.060.375 \text{ bps}$$

$$BW (bps) = 24,786 \text{ Gbps}$$

Éste sería el ancho de banda que se requiere para elaborar el dimensionamiento de la carga útil para la proyección #2.

3.2.5 Cálculo de número de Transponder necesarios para satisfacer la Demanda de usuarios.

Nahuelsat S.A propone el siguiente modelo matemático para su utilización en el Curso de actualización Profesional en Telecomunicaciones del Centro de Becas y Capacitación de la OEA:

*ancho banda [MHz]*

$$= \frac{\left( \frac{\text{Razon de transmision [Kbps]} * \text{Razon Reed - Salomon}}{FEC} \right) \left( \frac{\text{Roll - Off}}{100} + 1 \right)}{\frac{(\text{Modulation - Bit/simbolo})}{1000}}$$

(31)

Se escogió hacer uso de Transponder de ancho de banda 500MHz el cual son usados para la banda Ka, el cual se basa esta investigación y se obtuvo de acuerdo a los siguientes datos y la ecuación 31:

$$\frac{\text{Razon de transmision [Kbps]}}{\text{Razon de transmision [Kbps]}} = \frac{\text{ancho banda [MHz]} \cdot (\text{Modulation - Bit/simbolo}) \cdot FEC}{(1000) \left( \frac{\text{Roll - Off}}{100} + 1 \right) (\text{Razon Reed - Salomon})}$$

(32)

Donde:

Razón Reed-Solomon: 256 / 239

FEC: 7 / 8

Roll - Off: 25%

Modulación 16-APSK – 4 bit/símbolo

*Razon de transmision [Kbps]*

$$= \frac{500MHz \cdot (Modulation\ 16apsk, nro\ bit = 4) \cdot 9/10}{(1000) \left(\frac{20}{100} + 1\right) (256/239)}$$

$$Razon\ de\ transmision\ [Kbps] = 1,401\ Gbps$$

El resultado obtenido de 1,401 Gbps es el máximo tráfico de datos que permite el Transponder operar y el cual puede trabajar.

### 3.2.5.1 Número de Transponder para la Proyección #1

Se hizo uso de uso información actualizada de acuerdo a las actuales modulaciones de satélites y filtro se coseno alzado, que puedan brindar el menor uso de espectro por bit, para que el dimensionamiento no sea tan grande y se brinde igual un servicio excelente para el suscriptor, utilizando la ecuación 31:

Donde:

Razón Reed-Solomon: 256 / 239

FEC: 7 / 8

Roll – Off: 25%

Modulación 16-APSK – 4 bit/símbolo

$$ancho\ banda\ [MHz] = \frac{\left(\frac{22.043.000\ Kbps * 256/239}{7/8}\right) \left(\frac{25}{100} + 1\right)}{Modulation\ 16 - APSK, nro\ bit = 4 \cdot 1000}$$

$$ancho\ banda\ [Hz] = 8.432,478\ MHz$$

$$ancho\ banda\ [Hz] = 8,433\ GHz$$

De acuerdo a este resultado obtenido se puede deducir:

Demanda: 8,433 GHz → 22,043 Gbps

Transponder: 0,5 GHz → 1,401 Gbps

Se necesita un total de 17 Transponder para cumplir con la demanda de tráfico estimada en la proyección #1.

### 3.2.5.2 Número de Transponder para la Proyección #2

$$\text{ancho banda [MHz]} = \frac{\left(\frac{24.786.000 \text{ Kbps} * 256/239}{7/8}\right) \left(\frac{25}{100} + 1\right)}{\text{Modulation 16 - APSK, nro bit} = 4}$$
$$\text{ancho banda [MHz]} = \frac{\quad}{1000}$$

$$\text{ancho banda [Hz]} = 9.481,794 \text{ MHz}$$

$$\text{ancho banda [Hz]} = 9,982 \text{ GHz}$$

De acuerdo a este resultado obtenido se puede deducir:

Demanda: 9,982 GHz → 24,786 Gbps

Transponder: 0,5 GHz → 1,401 Gbps

Se necesita un total de 20 Transponder para cumplir con la demanda de tráfico estimada en la proyección #1.

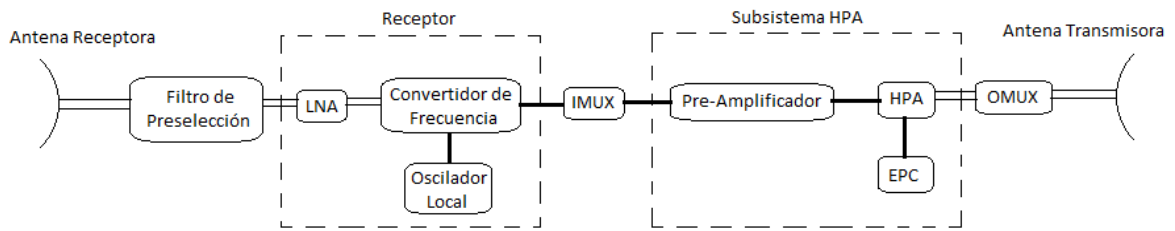
### 3.2.6 Composición sistema satelital en banda Ka

Esta arquitectura se basará en servicios brindados por la técnica de reuso de frecuencia el cual está compuesto por el satélite, estación remota y los *gateways*.

#### 3.2.6.1 Satélite

A diferencia de los satélites convencionales de frecuencias inferiores, los satélites en banda ka están compuestos por una cantidad de reflectores igual al número de patrones que se utilizan para el reusó de frecuencia. Un esquema de la carga útil se puede ver en el gráfico 40:





**Gráfico 40. Diagrama de bloques de un Transponder de tubería doblada.**

Donde

LNA: Amplificador de Bajo Ruido

HPA: Amplificador de Alta Potencia

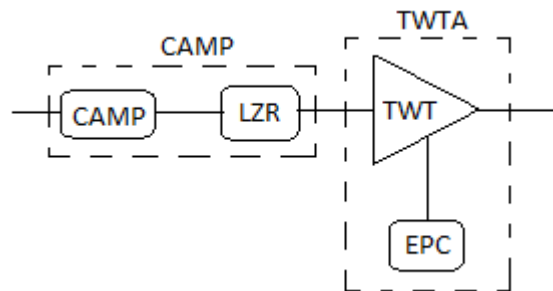
LO: Oscilador Local

EPC: Acondicionador de Potencia

Electrónica

IMUX: Multiplexor de Entrada

OMUX: Multiplexor de Salida



**Gráfico 41. Diagrama de subsistema amplificador de alta potencia HPA.**

Donde

CAMP: Amplificador de Canal

TWTA: Amplificador Tubo de Onda.

Progresiva.

LZR: Linealizador.

TWT: Tubo de Onda Progresiva.

El amplificador de bajo ruido (LNA), aumenta la señal recibida a un nivel en el que el ruido añadido por el resto de unidades no causará degradación de la señal, pero si añadirá un poco de ruido.

El convertidor de frecuencia, generalmente conversor descendente, tiene de como función convertir la frecuencia del enlace ascendente de recepción a la frecuencia de enlace descendente.

El multiplexor de entrada y salida (IMUX, OMUX) sirve como filtro para filtrar o combinar los canales de comunicación.

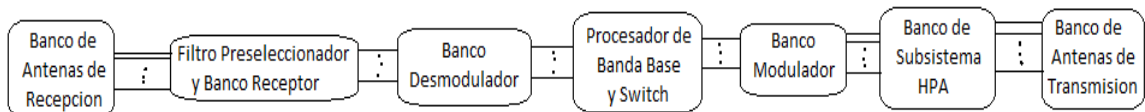
El preamplificador aumenta el nivel de señal lo suficiente para que el amplificador de alta potencia genere la potencia de radiofrecuencia deseada.

El amplificador de alta potencia (HPA) aumenta el nivel de señal necesaria para que trabaje antena transmisora.

El acondicionador de potencia electrónico (EPC) proporciona alimentación de corriente continua al resto del subsistema HPA, es decir, al preamplificador y HPA.

La antena de transmisión, trasmite la señal al área de cobertura del enlace descendente.

El esquema mencionado en el gráfico 40 hace referencia al Transponder de tubería doblada, si se desea que sea aún más eficiente e inteligente el satélite a la hora de procesar la gran cantidad de datos, optimizar las técnicas de reuso de frecuencia y aliviar la carga del procesamiento de la tierra, se recomienda usar Transponder regenerativos el cual tiene cierta similitud al esquema del gráfico 40 y éste se muestra en el gráfico 42 a continuación:



**Gráfico 42. Diagrama de un Transponder regenerativo o con procesamiento a bordo.**

Después de las antenas transmisoras en los satélites de banda ka, se encuentra una cantidad de reflectores igual al número de patrones que se utilizan para el reuso de frecuencia, en gráfico 43 se puede observar los 4 grandes reflectores.



**Gráfico 43. Ejemplo de reflectores en un satélite con banda Ka**  
SpaceNews, Peter B. De Selding, 2012, Francia.

#### 3.2.6.2 *Gateway*

El *Gateway* es una pieza importante para el satélite ya que es el encargado de abastecer de servicio de internet o difusión toda la cobertura que cubre el satélite. La cantidad de ellos en la tierra va a depender de la cantidad de arreglo de haces, para ellos se propone utilizar la infraestructura de *Gateway* ya instalada en Venezuela, en Camatagua, estado Aragua, para controlar la red, procesar y configurar las solicitudes de tráfico, y las demás dependerá de la cantidad de haces y en donde se ubiquen para colocar los demás *Gateway*.

#### 3.2.6.3 Estación Remota.

Está compuesto por una parte interior, que es el modem y una parte exterior, compuesta por la antena y los equipos de transmisión/recepción. La ventaja de operar en la banda Ka con respecto a bandas inferiores, es la disminución del tamaño de antena debido al margen de ganancia que se logra.

### 3.3 Propuesta de Reuso de Frecuencia para las Proyecciones 1 y 2

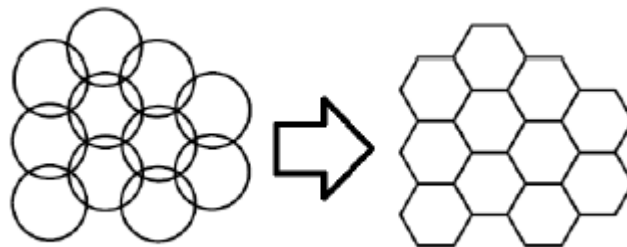
#### 3.3.1 Proyección #1

El dimensionamiento que se está diseñando, está pensado para cubrir todo el territorio venezolano. Al estar trabajando en la banda Ka se puede utilizar la técnica de reutilización de frecuencia mediante haces. Se propone esta técnica con el fin que la PIRE radiada se concentre en puntos específicos.

El satélite deberá contar con reflectores con forma de paraboloide es este caso se propone 3 reflectores.

Se analizó el diámetro de los haces puntuales y se tomó en cuenta el área del territorio venezolano, el cual cuenta con área de 916.445 Km<sup>2</sup> aproximadamente.

Los haces propuestos al momento de estar agrupados se solapan por lo tanto haremos una aproximación basándonos en hexágonos como células, como se muestra en el gráfico 44.



**Gráfico 44. Representación de los Haces puntuales para cubrir el área.**

Se calculó el área de un haz de la siguiente manera:

$$\frac{916.445 \text{ Km}^2}{17 \text{ Beams}} = 53.909 \text{ Km}^2/\text{beam}$$

Ahora con la ecuación 33, el cual se basa en el área de un hexágono:

$$A_{\text{Hexágono}} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 \quad \text{Ecu.33}$$

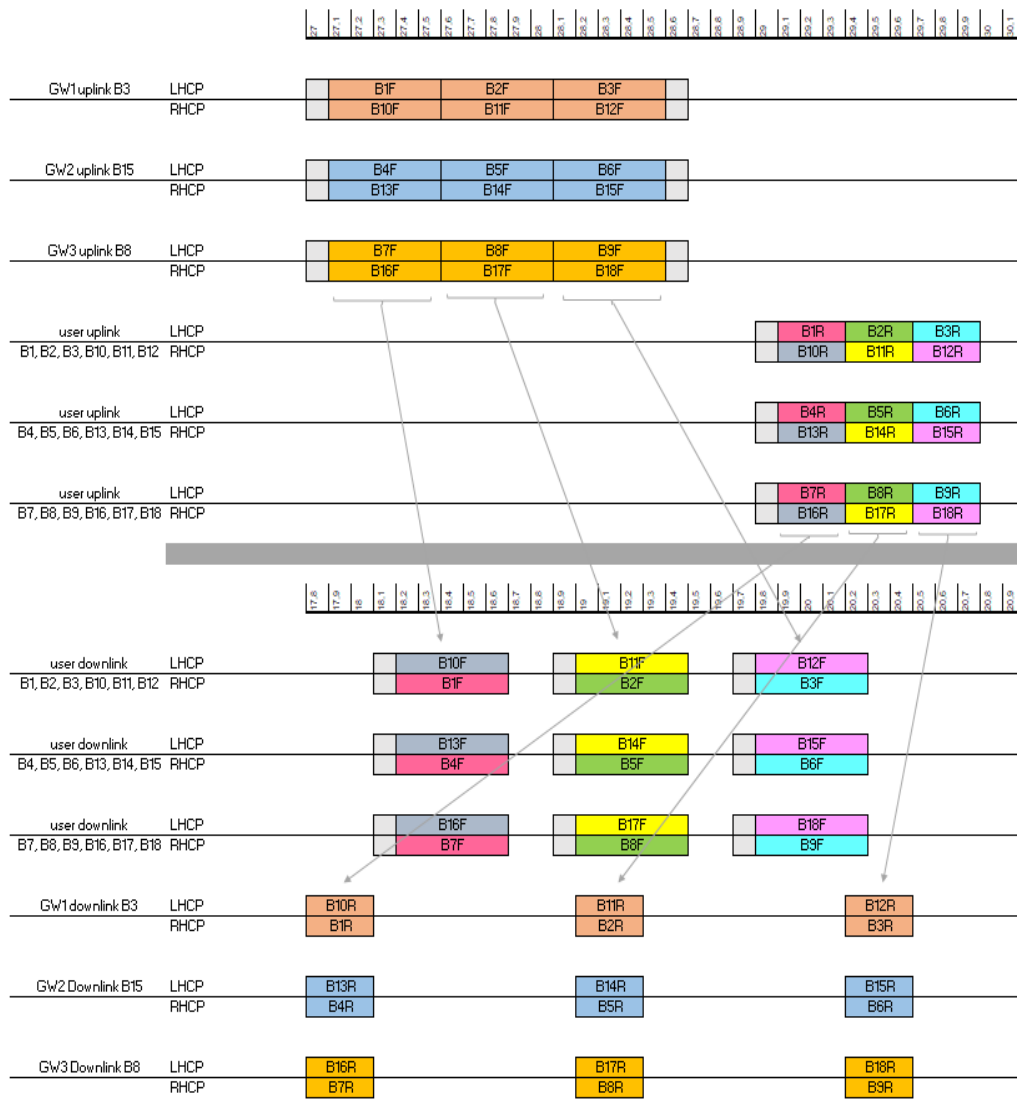
Despejando el radio R de la ecuación 33, se obtiene:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot A_{Hex\acute{a}gono}}{3\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{2 (53.909)}{3\sqrt{3}}} = 144,05 \text{ Km}$$

Con el radio resultante de 144,05 Km, se procedió a comprobar el área que tendrá cada beam con la ecuación 33:

$$A_{Hex\acute{a}gono} = \frac{3\sqrt{3}}{2} (144,05)^2 = 53.911 \text{ Km}^2$$

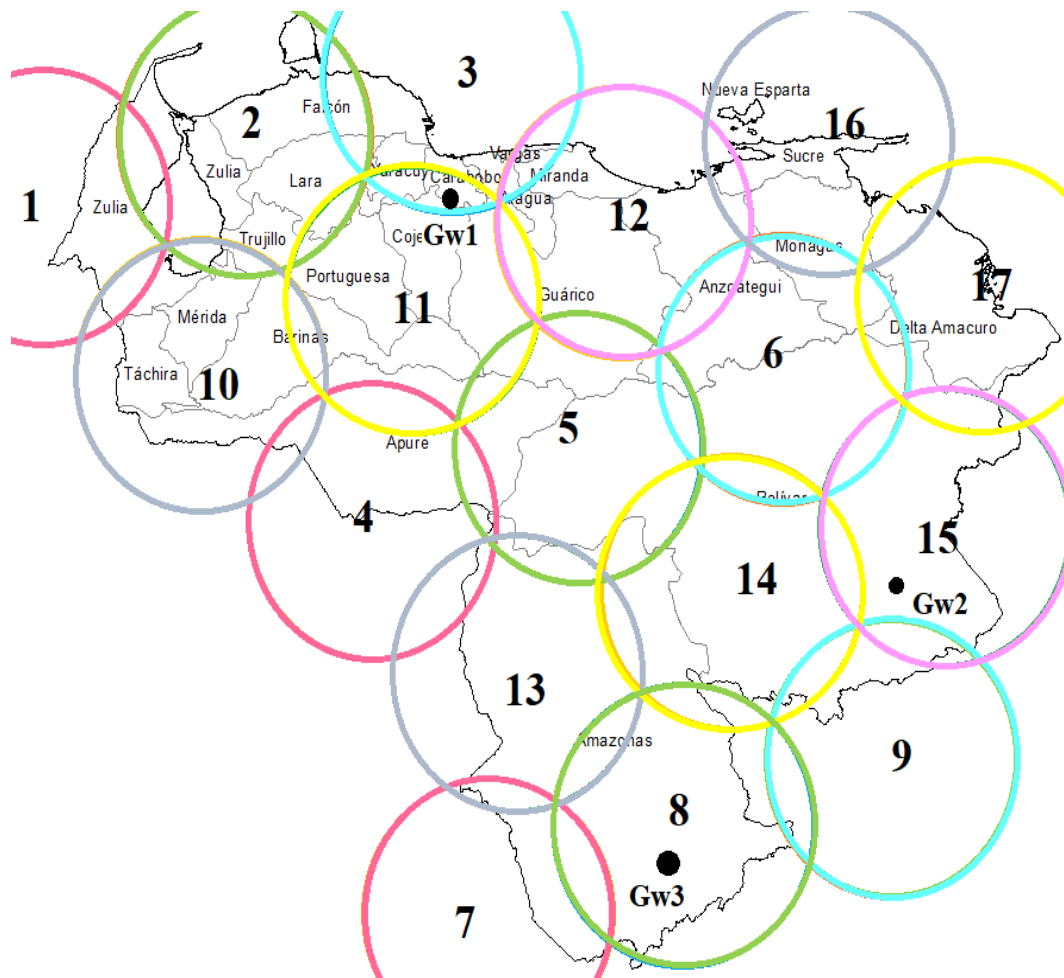
Con estos cálculos, se obtuvo una propuesta de arreglo de *beams* en el territorio venezolano el cual se muestra en el gráfico 46, el cual cuenta con un plan de frecuencia con reuso de frecuencia que se muestra en el gráfico 45. Se puede observar que para esta propuesta se necesitaran 3 Gateway, uno que será el ubicado en Camatagua, estado Aragua, y los otros 2 como puede observar en el gráfico 45 en sitios propuestos geográficamente como es el estado Bolívar y Amazonas.



**Gráfico 45. Plan de Frecuencia para proyección #1**

**Cuadro 12. Utilización de haces por reflector para la proyección #1.**

Reflectores	Haces que lo conforman
1	1, 10, 4, 13, 7, 16
2	2, 11, 5, 14, 8, 17
3	3, 12, 6, 15, 9, 18



**Gráfico 46. Ejemplo de proyección de 17 spotbeams en el territorio venezolano.**

### 3.3.2 Proyección #2

Los cálculos son similares a la proyección #1, el cual variará en el área del haz, al haber en este, un total de 20 transponder.

Se calculó el área de un haz de la siguiente manera:

$$\frac{916.445 \text{ Km}^2}{20 \text{ Beams}} = 45.822 \text{ Km}^2/\text{beam}$$

Ahora con la ecuación 33, el cual se basa en el área de un hexágono:

$$A_{Hex\acute{a}gono} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R^2 \quad \text{Ecu.33}$$

Despejando el radio R de la ecuación 33, se obtiene:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot A_{Hex\acute{a}gono}}{3\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{2 (45.822)}{3\sqrt{3}}} = 133 \text{ Km}$$

Con el radio resultante de 133 Km, se procedió a comprobar el área que tendrá cada *beam* con la ecuación 33:

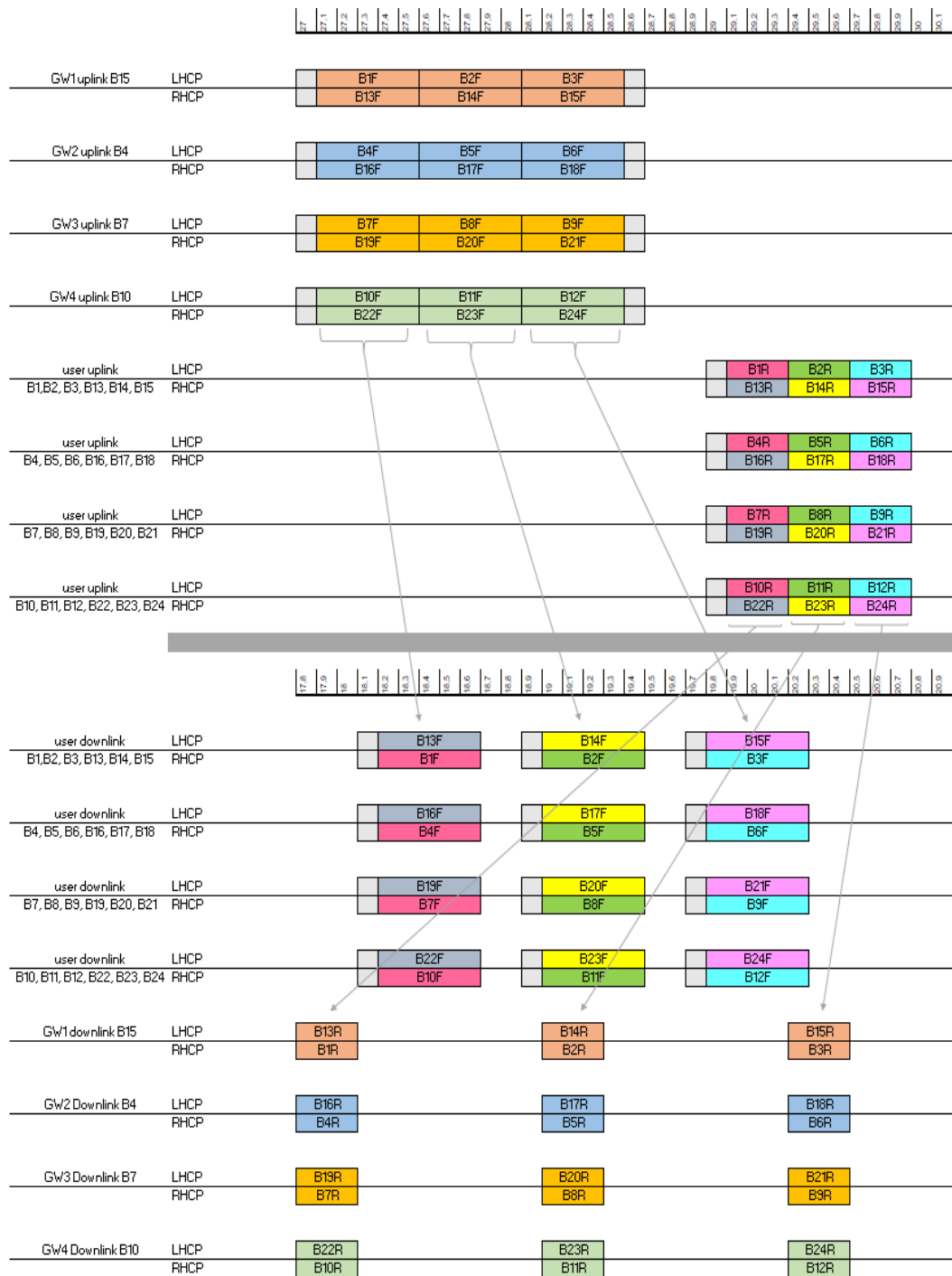
$$A_{Hex\acute{a}gono} = \frac{3\sqrt{3}}{2} (133)^2 = 45.957 \text{ Km}^2$$

Con estos cálculos, se obtuvo una propuesta de arreglo de *beams* en el territorio venezolano el cual se puede observar en el gráfico 48, el cual cuenta con un plan de frecuencia con reusó de frecuencia que se puede observar en el gráfico 47. se puede observar que para esta propuesta se necesitaran 4 *Gateway*, uno que será el ubicado en Camatagua, estado Aragua, y los otros 3 como puede observar en el gráfico 47, en sitios propuestos geográficamente como es el estado Bolívar, Amazonas y Apure.

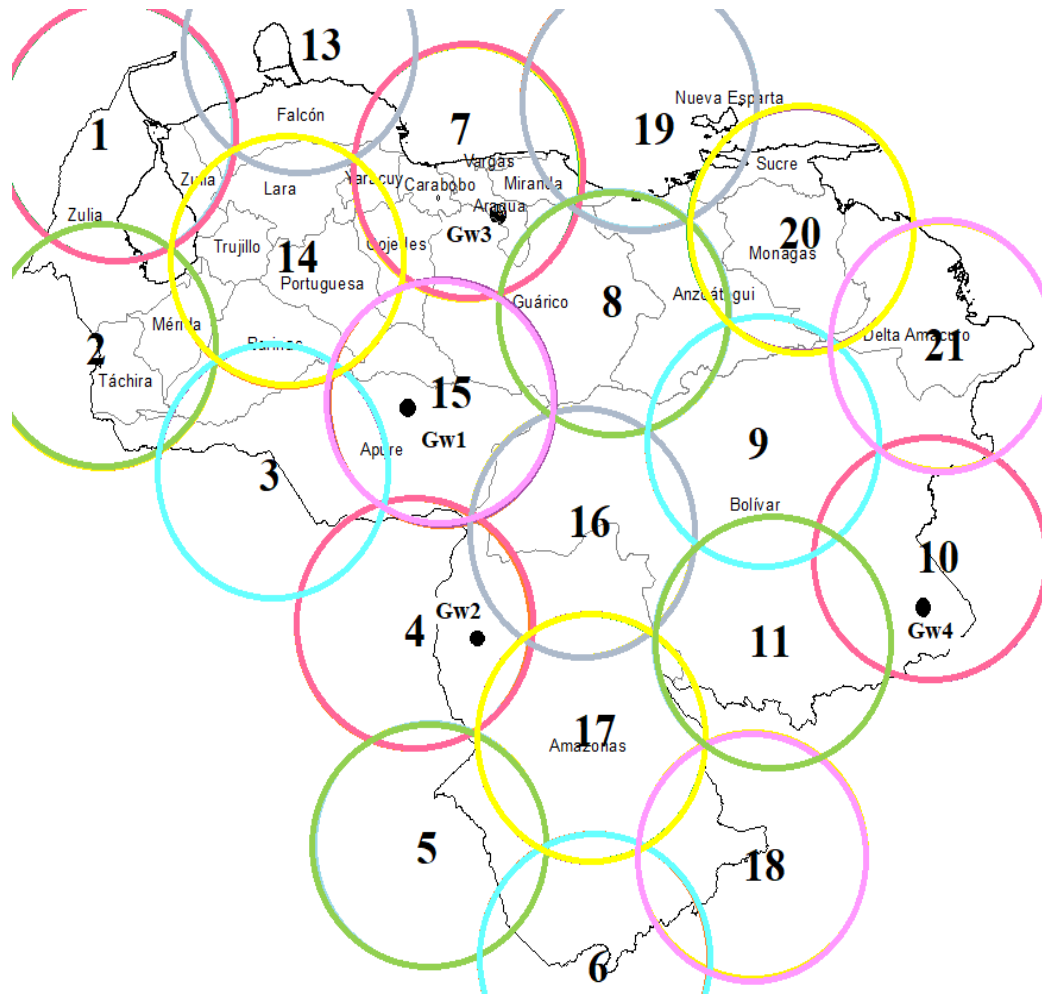
Cuadro 13. Utilización de haces por reflector para la proyección #2.

Reflectores	Haces que lo conforman
1	1, 13, 4, 16, 7, 19, 10, 22
2	2, 14, 5, 17, 8, 10, 11, 23
3	3, 15, 6, 18, 9, 21, 12, 24





**Gráfico 47. Plan de Frecuencia para proyección #2.**



**Gráfico 48. Ejemplo de proyección de 20 spotbeam en el territorio venezolano.**

### 3.3.3 Procesamiento a bordo.

Para este dimensionamiento y utilización de la técnica de reutilización de frecuencia se propone utilizar:

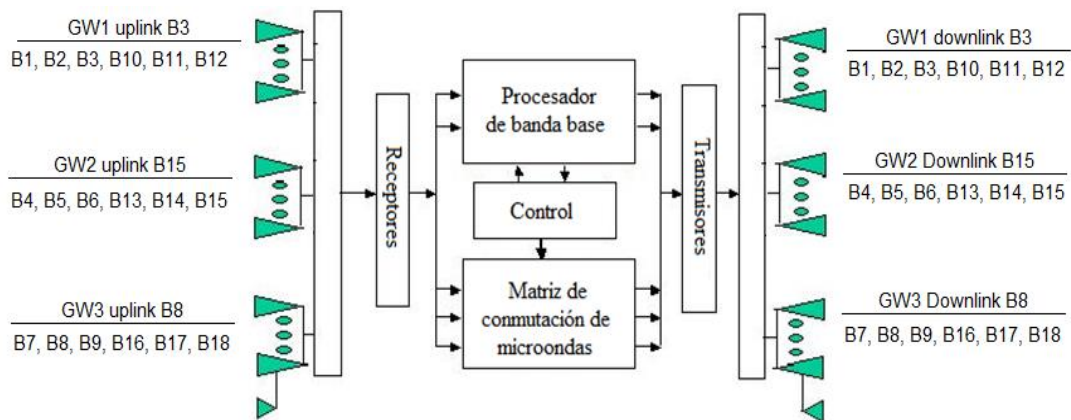
#### 3.3.3.1 Procesador de Banda Base Y Matriz de Conmutación de Microondas

El procesador de banda base es un procesador digital de alta velocidad en el satélite que proporcionará conmutación de circuitos bajo demanda para un enrutamiento eficiente del tráfico entre terminales de usuarios pequeños. Este procesador de banda base cambiará el tráfico entre los diversos haces de enlace

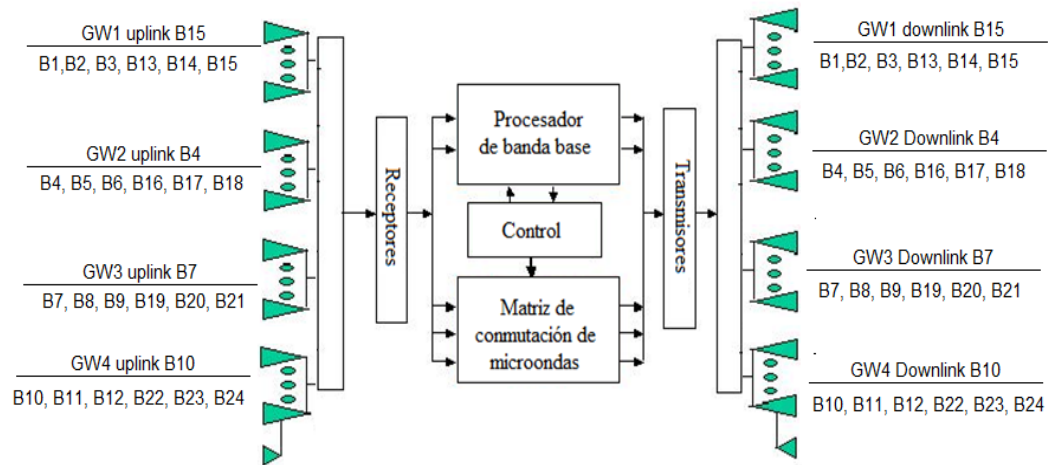
ascendente y de enlace descendente, acomodando automáticamente las solicitudes de circuitos a pedido de cada suscriptor.

La Matriz de conmutación de microondas, es un conmutador de frecuencia que permitirá enrutar tráfico de un punto a otro de gran volumen y tráfico de punto a multipunto.

Estos dos mecanismos permitirán que el satélite se reconfigure rápidamente y hacer que el sistema sea aún más flexible permitiendo a varios suscriptores se acomoden al mismo tiempo, un ejemplo de la carga útil para las proyecciones #1 y #2, se puede ver en el gráfico 49 y 50.



**Gráfico 49. Resumen de Carga útil para la proyección #1.**



**Gráfico 50. Resumen de Carga útil para la proyección #2.**

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1.- El dimensionamiento de satélites de alto rendimiento demuestra grandes eficiencias respecto a los satélites convencionales en banda C y Ku, tales como la reducción de tamaño de la antena para el usuario final, el cual lo vuelve accesible a nivel de costos para el usuario adoptar este sistema y haya un gran despliegue de éste y la eficiencia que se brinda a nivel de Bits / Hertz, él puede tomar de 4 a 5 bits por Hz, que como se dijo no se logra en las bandas inferiores y este permite que el dimensionamiento del satélite sea más pequeño por bajo uso del espectro.

2.- Los resultados del dimensionamiento se basan en un análisis a nivel nacional de los suscriptores en Venezuela, por el cual se recomienda para próximas investigaciones un estudio a nivel de estados del tráfico de datos, ya que la distribución no es la misma para cada estado y esta permitirá precisar los datos de amplificadores, cálculos de presupuesto de enlaces, entre otros para el dimensionamiento de la carga útil del satélite.

3.- Una vez demostrado el posible comportamiento de la vida útil del satélite por un periodo de 15 años, se sugiere realizar un estudio basado en beneficio/costo de este proyecto y calcular el beneficio que traería este proyecto a través de los años de la vida útil por la cual se dimensiono el satélite.

4.- Se hicieron aproximaciones de tráficos basados en estudios del comportamiento de usuarios de otros países en cuestiones de demanda de ancho de banda, se recomienda modelar un equivalente para los usuarios en Venezuela y así obtener los datos más adaptados a la hora de dimensionar el satélite para satisfacer las necesidades de ancho de banda en Venezuela.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. (. C. y. V. W. S. C. Lillian L. Dai, COMMUNICATION SATELLITES – TECHNOLOGIES AND SYSTEMS, Massachusetts: EOLSS.
- [2] J. V. Evans, The U.S. filling for multimedia satellite: a review, International Journal of Satellite Communications, 2000.
- [3] T. B. C. A. J. Pratt, Satellite Communications, New Jersey: John Wiley & Son, 2002.
- [4] ITU, Handbook on Satellite Communications,, New York: 3ra edición., Wiley, 2002.
- [5] L. W. Couch, Digital and Analog Communications Systems, New York: Pretince Hall, 2001.
- [6] E. Bruce R, Introduction to Satellite Communication, London: Artech House, 3ra edición.
- [7] Z. Sun, Satellite Networking: Principles and Protocols, John Wiley & Sons, 2005.
- [8] D. P. Office, 2nd Generation Satellite DVB-S2, 2012.
- [9] Y.-K. LIM, «MPEG The Moving Picture Experts Group,» Julio 2005. [En línea]. Available: <https://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/systems>. [Último acceso: 4 11 2017].
- [10] «SatLink,» [En línea]. Available: <http://www.sat.link/technology/dvb-rs2-advancing-tdm-tdma>. [Último acceso: 4 Noviembre 2017].
- [11] F. G. F. Gomes, Load Balancing in Multi-Beam, Porto: (thesis), 2012.

## BIBLIOGRAFÍA

CONATEL. **Cifras del sector de Telecomunicaciones Presentación Anual 1198-2015**, 2016. Disponible: <http://www.conatel.gob.ve/resumen-del-sector-telecomunicaciones-2015/>

C. Schlegel, Trellis Coding, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1997.

J.M.Wozencraft and I.M. Jacobs, **Principles of Communication Engineering**, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1965, reprinted by Waveland Press.

Castejón, L. **Conectividad de banda ancha mediante satélites de nueva generación y su contribución al desarrollo digital de América Latina**. 2016. Uruguay: Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina.

Martínez, R. y Calvo, M. **Sistemas de Comunicaciones por satélite**. 2008. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Alberto Morello and Ulrich Reimers, **DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting**, Int. Journal of Satellite Communications and Networking, 2004; 22:249–268.

Bruce, E. **Introduction to Satellite Communication**. 3ra Edición. Inglaterra: Artech House.

Choros, Ales. **¿How much data do I really need?**, Julio 2017. Disponible: <https://www.whistleout.com.au/Broadband/Guides/Broadband-Usage-Guide>

Martinez T. **¿Cuánto ancho de banda consumimos con el móvil?**. Enero 2014. Disponible: <http://www.telequismo.com/2014/01/consumo-ancho-de-banda-movil.html>

Ciccorossi, J. **Coordinación de Redes de Satélite y Notificación de redes de satélite.** Paraguay 2013. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. **Reglamento de Radiocomunicaciones.** Edición 2012. Ginebra. Disponible: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Radiocomunicaciones. **Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en las bandas 25, 26 y 28 GHz.** Serie F. 2001. Ginebra. Disponible: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Radiocomunicaciones. **Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en las bandas 25, 26 y 28 GHz.** 2001. Ginebra. Disponible: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Radiocomunicaciones. **Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos que funcionan en las bandas 25, 26 y 28 GHz.** 2001. Ginebra. Disponible: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Radiocomunicaciones. **Requisitos técnicos y de explotación que facilitan la compartición entre los sistemas inalámbricos punto a punto del servicio fijo y el servicio entre satélites en la banda 25,25-27,5 GHz.** 2001. Ginebra. Disponible: <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>

Singarajah, K. **Overview of Ka-band satellite system developments & key regulatory Issues.** 2002. Avanti Communications Group plc.



Instituto Nacional de Estadística. **Venezuela. Proyección de la población, según entidad y sexo, 2000- 2050**. 2014. Caracas. Disponible:

[http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=98&Itemid=51](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=98&Itemid=51)

Universidad de Cantabria. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Minas. **Ajuste por mínimos cuadrados**. 2008. España.

Corcho, F. y Duque, J. **Acueductos Teoría y Diseño**. 2005. Colombia: Medellín.  
Satélite de tecnología avanzada de comunicaciones de la NASA (ACTS), **Guía de oportunidades de experimentos**, "Marzo de 1998, (revisión 1: enero de 2000)," NASA / GRC,  
Disponible:[http://acts.grc.nasa.gov/experiments/acts\\_exp\\_opportunity\\_guide.pdf](http://acts.grc.nasa.gov/experiments/acts_exp_opportunity_guide.pdf)

**"Panel de control en el cielo: el satélite avanzado de tecnología de comunicaciones (ACTS)"**, FS-2002-06-013-GRC,  
Disponible: [http://www.nasa.gov/centers/glenn/pdf/84798main\\_fs13grc.pdf](http://www.nasa.gov/centers/glenn/pdf/84798main_fs13grc.pdf)

Marcos A. Bergamo, Doug Hoder, **"Red de satélites Gigabit utilizando el satélite avanzado de tecnología de comunicaciones (ACTS) de la NASA: características, capacidades y operaciones,"** Conferencia PTC'95,  
Disponible: [http://acts.grc.nasa.gov/docs/SCAN\\_20010911135953.PDF](http://acts.grc.nasa.gov/docs/SCAN_20010911135953.PDF)

Richard T. Gedney, Ronald Schertler, Frank Gargione, **"El satélite avanzado de tecnología de comunicaciones: una cuenta privilegiada de la aparición de tecnología de banda ancha interactiva en el espacio (sistemas aeroespaciales y de radar)"**, Book, SciTech Publishing, 1 de enero de 2001, ISBN-10: 1891121111.

## **ANEXOS**

**ANEXO A**

**RECAUDOS DE SERVICIOS DE INTERNET ANTE**

**CONATEL**

## **ANEXO A**

**Recaudos que deberán consignar los interesados en obtener una habilitación General con el atributo de Servicios de Internet.**

### Recaudos Legales

**A) EL INTERESADO EN LA OBTENCIÓN DE LA HABILITACIÓN GENERAL CON EL ATRIBUTO DE SERVICIOS DE INTERNET DEBERÁ PRESENTAR LOS SIGUIENTES RECAUDOS:**

1.- Solicitud formal de otorgamiento de la Habilitación General con el atributo de Servicios de Internet, con timbres fiscales, a excepción de las personas jurídicas públicas, quienes podrán presentar la solicitud de otorgamiento con el membrete o logotipo, y sello del organismo respectivo. Dicha solicitud deberá estar suscrita por el interesado o su representante legal, con indicación expresa de su nombre, profesión y número de cédula de identidad o pasaporte y domicilio, así como de la dirección del lugar y los teléfonos donde deban realizarse las notificaciones y, de ser el caso, las direcciones de correo electrónico disponibles para efectuarlas. Tal solicitud deberá hacer mención expresa de lo siguiente: (Anexo L-1)

a.- Declaración de la intención del interesado en la obtención de la Habilitación General, contentiva del atributo de Servicios de Internet que estará incorporado a la habilitación, de conformidad con el proyecto técnico respectivo.

b.- Zona de cobertura.

c.- Modalidad bajo la cual se prestará el servicio de telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 del Reglamento de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones sobre Habilitaciones Administrativas y Concesiones de Uso y Explotación del Espectro Radioeléctrico.

**Nota:** Las Habilitaciones Administrativas Generales que se exploten bajo la modalidad sin fines de lucro, sólo podrán ser solicitadas por personas jurídicas sin fines de lucro que persigan la satisfacción de intereses generales, constituidas de conformidad con las leyes y demás normas aplicables.

d.- Indicar para cada atributo, si el mismo se solicita para la satisfacción de necesidades comunicacionales propias o para la prestación de servicios a terceros, de conformidad con el artículo 8 del Reglamento de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones sobre Habilitaciones Administrativas y Concesiones de Uso y Explotación del Espectro Radioeléctrico.

2.- Documento donde conste la designación del representante del interesado y su legitimidad para actuar en nombre del mismo, de conformidad con lo establecido en los artículos 25 y 26 de la Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos, así como fotocopia legible de la cédula de identidad o del pasaporte del representante legal.

3.- Declaración jurada autenticada, suscrita por el interesado o su representante legalmente designado, por medio de la cual manifieste: (Anexos L-2 y L-3).

a.- Que no empleará los equipos y redes de telecomunicaciones para fines distintos de los permitidos bajo el amparo del atributo de Internet.

b.- Si alguna persona natural o jurídica vinculada a él presta o no el mismo servicio o servicios semejantes a los que se explotarán en caso de obtenerse la Habilitación General contentiva del atributo de Servicios de Internet, de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y la Ley para Promover y Proteger el Ejercicio de la Libre Competencia; debiendo señalar, en caso de que exista vinculación, el nombre del operador, el servicio de que se trate, la banda de operación y la localidad.

**Nota:** de acuerdo al artículo 15 de la Ley para Promover y Proteger el Ejercicio de la Libre Competencia, se entenderá como personas vinculadas entre sí a las siguientes:

“1° Personas que tengan una participación del cincuenta por ciento (50%) o más del capital de la otra o ejerzan de cualquier otra forma el control sobre ella;

2° Las personas cuyo capital sea poseído en un cincuenta por ciento (50%) o más por las personas indicadas en el ordinal anterior, o que estén sometidas al control por parte de ellas;

3° Las personas que, de alguna forma, estén sometidas al control de las personas que se señalan en los ordinales anteriores.

**Parágrafo Único:** se entiende por control a la posibilidad que tiene una persona para ejercer una influencia decisiva sobre las actividades de uno de los sujetos de aplicación de esta Ley, sea mediante el ejercicio de los derechos de propiedad o de uso de la totalidad o parte de los activos de éste, o mediante el ejercicio de derechos o contratos que permitan influir decisivamente sobre la composición, las deliberaciones o las decisiones de los órganos del mismo o sobre sus actividades”.

4.- Copia simple a vista del original del Registro de Información Fiscal (RIF).

**B) LAS PERSONAS NATURALES DEBERÁN PRESENTAR, ADEMÁS, EL SIGUIENTE RECAUDO:**

1.- Copia fotostática legible de la cédula de identidad o pasaporte del interesado.

**C) LAS PERSONAS JURÍDICAS DEBERÁN PRESENTAR, ADEMÁS, LOS SIGUIENTES RECAUDOS:**

1.- Copia fotostática legible del Documento Constitutivo y de los Estatutos de la sociedad.

2.- Copia fotostática legible de las modificaciones efectuadas al Documento Constitutivo Estatutario de la sociedad, cuando se realice un cambio de domicilio, cambio en la denominación social de la empresa y cambio en la constitución de la Junta Directiva y/o de sus funciones.

3.- Documento de certificación de la composición accionaria de la sociedad, debidamente autenticado donde conste el capital social suscrito y pagado, cantidad de acciones, valor nominal de las mismas, nombre de los accionistas y número de acciones suscritas y pagadas por cada accionista, actualizado a la fecha de presentación de la solicitud (Anexo L-4).

4.- Copia simple a vista del original de la Certificación de Calificación de Empresas otorgado por la Superintendencia de Inversiones Extranjeras (SIEX).

**D) LAS PERSONAS JURÍDICAS PÚBLICAS DEBERÁN PRESENTAR, ADEMÁS, LOS SIGUIENTES RECAUDOS:**

1.- Documento donde conste la creación de la persona jurídica pública solicitante. En caso de que el interesado sea un ente de la Administración Pública Central o Descentralizada deberá presentar copia de la Gaceta Oficial que publique el Decreto de creación y copia certificada del Documento Constitutivo debidamente registrado.

2.- Copia de la Gaceta Oficial en la cual aparezca publicado el acto que confiera las atribuciones a la persona que representa al interesado o documento donde conste la capacidad para actuar en nombre y representación del interesado.

**E) LAS PERSONAS JURÍDICAS SIN FINES DE LUCRO DEBERÁN PRESENTAR, ADEMÁS, EL SIGUIENTE RECAUDO:**

1.- Copia fotostática legible del Acta Constitutiva de la Asociación o Fundación y sus modificaciones, debidamente inscrita en la Oficina Subalterna de Registro.

**Nota:** Las personas extranjeras deben estar domiciliadas en la República Bolivariana de Venezuela, de conformidad con lo establecido en el artículo 9 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

**F) LAS ASOCIACIONES COOPERATIVAS DEBERÁN PRESENTAR, ADEMÁS, EL SIGUIENTE RECAUDO:**

1.- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, donde conste la publicación del documento donde se evidencia la inscripción de la Asociación Cooperativa en la Superintendencia Nacional de Cooperativas, en virtud de lo establecido en el artículo 11 de la Ley Especial de Asociaciones Cooperativas.

#### Recaudos Económicos

El proyecto económico consignado deberá ser consistente con el proyecto técnico, es decir, la información económica suministrada debe ser coherente con el cronograma de ejecución y demás condiciones detalladas en el proyecto técnico.

#### **A) PERSONA JURÍDICA PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS A TERCEROS:**

1.- Balance general y estado de ganancias y pérdidas, ajustados por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas de los estados financieros, correspondientes al cierre del último ejercicio económico, los cuales deberán estar debidamente certificados por un Contador Público colegiado y visados por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. En caso de que la empresa interesada sea de reciente constitución o sin giro comercial, deberá presentar el balance de apertura, con sus respectivas notas de los estados financieros, debidamente certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso que los recursos provengan de los accionistas de la sociedad mercantil y éstos son personas jurídicas, deberán presentar el Balance General ajustado por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas explicativas, correspondiente al cierre del último ejercicio económico, el cual deberá estar certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela; de



ser los accionistas personas naturales, deberán presentar su balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso de que los accionistas o la Casa Matriz de la empresa solicitante sean personas extranjeras, deberán presentar los estados financieros traducidos al idioma castellano por un intérprete público, y legalizados por el Consulado Venezolano o Apostillados de conformidad con lo previsto en la Ley Aprobatoria del Convenio para Suprimir la Exigencia de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros, hecho en La Haya, el 5 de octubre de 1961.

Los estados financieros deberán estar expresados en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar) o en su defecto, sólo se aceptarán los expresados en Dólares de los Estados Unidos de América.

Los estados financieros permitirán observar la situación patrimonial de la empresa y/o sus accionistas y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tienen capacidad para instalar y comenzar a prestar el servicio. En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios para la prestación del servicio, éstos deberán estar reflejados en el balance general con el detalle de los mismos en las notas respectivas.

2.- Proyecto económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a ofrecer.
- b) Análisis de mercado, que incluya:

1. Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se prestará el servicio de telecomunicaciones, tomando en cuenta la ubicación de los usuarios.
2. Demanda: usuarios a los que será destinada la prestación del servicio. Estará en función del Mercado potencial y el mercado meta.
  - i. Mercado potencial: conjunto de clientes que manifiesta un grado suficiente de interés en el servicio a ser prestado. Se calcula como un porcentaje de la población para cada año de estimación del proyecto, teniendo como referencia la tasa de crecimiento de la población. Esta tasa debe ser proyectada por los cinco (5) años de estimación del proyecto.
  - ii. Mercado meta: parte del conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, acceso y cualidades que concuerdan con la oferta del servicio a los cuales la empresa decide servir, considerando su capacidad instalada. Se define como un porcentaje del mercado potencial.
3. Oferta: identificación de sus principales competidores, así como la porción del mercado que éstos poseen, junto con sus tarifas actuales.

Respecto a este punto es importante mencionar que el análisis de mercado les permitirá a los interesados identificar los posibles usuarios y competidores existentes, pudiendo determinar si existe un mercado insatisfecho que justifique la prestación del servicio.

c.- Determinación de los precios: los precios son necesarios para establecer los ingresos estimados en el proyecto, los cuales se podrán determinar tomando en cuenta los precios de la competencia, tipo de consumidor, reacción esperada de los competidores y estrategias oficiales en materia de política económica dentro del sector de las telecomunicaciones. Asimismo, deberán considerar los canales de comercialización para llevar cada servicio hasta el consumidor final.

Por otra parte, si considera ofrecer diferentes planes, deberá detallar los precios y las características de cada uno de ellos.

d.- Proyección estimada de los ingresos para el servicio a ofrecer, de acuerdo a la demanda y los precios establecidos.

e.- Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberán indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (**Anexo E- 1**).

f.- Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).

g.- Estructura de costos (**Anexo E-3**).

Se refiere a los posibles costos que podrían estar asociados a la prestación del servicio y dado el pronóstico de ingresos, les permitirá determinar las ganancias o pérdidas que podrían obtener.

h.- Estado de ganancias y pérdidas proyectado (**Anexo E-4**).

Permite visualizar los ingresos y costos en que se incurrirán por la prestación del servicio, pudiendo obtener utilidad o pérdida.

i.- Flujo de caja proyectado (**Anexo E-5**).

Permite ver el resumen de las operaciones financieras derivadas de la prestación del servicio por un periodo determinado y calcular la rentabilidad del proyecto.

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

**B) PERSONA JURÍDICA PARA LA SATISFACCIÓN DE NECESIDADES COMUNICACIONALES PROPIAS:**

1.- Balance general y estado de ganancias y pérdidas, ajustados por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas de los estados financieros, correspondientes al cierre del último ejercicio económico, los cuales deberán estar debidamente certificados por un Contador Público colegiado y visados por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. En caso de que la empresa interesada sea de reciente constitución o sin giro comercial, deberá presentar el balance de apertura, con sus respectivas notas de los estados financieros, debidamente certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso que los recursos provengan de los accionistas de la sociedad mercantil y éstos son **personas jurídicas**, deberán presentar el Balance General ajustado por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas explicativas, correspondiente al cierre del último ejercicio económico, el cual deberá estar certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela; de ser los accionistas personas naturales, deberán presentar su balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los

documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso de que los accionistas o la Casa Matriz de la empresa solicitante sean **personas extranjeras**, deberán presentar los estados financieros traducidos al idioma castellano por un intérprete público, y legalizados por el Consulado Venezolano o Apostillados de conformidad con lo previsto en la Ley Aprobatoria del Convenio para Suprimir la Exigencia de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros, hecho en La Haya, el 5 de octubre de 1961.

Los estados financieros deberán estar expresados en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar) o en su defecto, sólo se aceptarán los expresados en Dólares de los Estados Unidos de América.

Los estados financieros permitirán observar la situación patrimonial de la empresa y/o sus accionistas y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tienen capacidad para instalar y comenzar a prestar el servicio. **En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios para la prestación del servicio, éstos deberán estar reflejados en el balance general con el detalle de los mismos en las notas respectivas.**

2.- Perfil económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a implementar.
- b) Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se implementará el servicio de telecomunicaciones.

- c) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberán indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (**Anexo E- 1**).
- d) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

### **C) PERSONA NATURAL PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS A TERCEROS:**

1.- Balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. El documento mencionado puede ser presentado en copia simple, a vista del original, legible, sin tachaduras o enmiendas.

El balance personal deberá estar expresado en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar).

El balance personal permitirá observar la situación patrimonial del solicitante y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tiene capacidad para instalarse y comenzar a prestar el servicio. **En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios, éstos deberán estar reflejados en el balance con el detalle de los mismos en las notas respectivas.**

2.- Proyecto económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a ofrecer.
- b) Análisis de mercado, que incluya:
  1. Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se prestará el servicio de telecomunicaciones, tomando en cuenta la ubicación de los usuarios.
  2. Demanda: usuarios a los que será destinada la prestación del servicio. Estará en función del mercado potencial y el mercado meta.
    - i. Mercado potencial: conjunto de clientes que manifiesta un grado suficiente de interés en el servicio a ser prestado. Se calcula como un porcentaje de la población para cada año de estimación del proyecto, teniendo como referencia la tasa de crecimiento de la población. Esta tasa debe ser proyectada por los cinco (5) años de estimación del proyecto.
    - ii. Mercado meta: parte del conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, acceso y cualidades que concuerdan con la oferta del servicio a los cuales la empresa decide servir, considerando su capacidad instalada. Se define como un porcentaje del mercado potencial.

- iii. Oferta: identificación de sus principales competidores, así como la porción del mercado que éstos poseen, junto con sus tarifas actuales.

Respecto a este punto es importante mencionar que el análisis de mercado le permitirá al interesado identificar los posibles usuarios y competidores existentes, pudiendo determinar si existe un mercado insatisfecho que justifique la prestación del servicio.

- c) Determinación de los precios: los precios son necesarios para establecer los ingresos estimados en el proyecto, los cuales se podrán determinar tomando en cuenta los precios de la competencia, tipo de consumidor, reacción esperada de los competidores y estrategias oficiales en materia de política económica dentro del sector de las telecomunicaciones. Asimismo, deberá considerar los canales de comercialización para llevar cada servicio hasta el consumidor final.

Por otra parte, si considera ofrecer diferentes planes, deberá detallar los precios y las características de cada uno de ellos.

- a) Proyección estimada de los ingresos para el servicio a ofrecer, de acuerdo a la demanda y los precios establecidos.
- b) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberá indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (Anexo E- 1).
- c) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (Anexo E-2).
- d) Estructura de costos (Anexo E-3).

Se refiere a los posibles costos que podrían estar asociados a la prestación del servicio y dado el pronóstico de ingresos, le permitirá determinar las ganancias o pérdidas que podrían obtener.

- e) Estado de ganancias y pérdidas proyectado (Anexo E-4).



Permite visualizar los ingresos y costos en que se incurrirán por la prestación del servicio, pudiendo obtener utilidad o pérdida.

f) Flujo de caja proyectado (Anexo E-5).

Permite ver el resumen de las operaciones financieras derivadas de la prestación del servicio por un periodo determinado y calcular la rentabilidad del proyecto.

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

#### **D) PERSONA NATURAL PARA LA SATISFACCIÓN DE NECESIDADES COMUNICACIONALES PROPIAS:**

1.- Balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. El documento mencionado puede ser presentado en copia simple, a vista del original, legible, sin tachaduras o enmiendas.

El balance personal deberá estar expresado en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar).

El balance personal permitirá observar la situación patrimonial del solicitante y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tiene capacidad para instalarse. **En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios, éstos deberán estar reflejados en el balance con el detalle de los mismos en las notas respectivas.**

2.- Perfil económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a implementar.
- b) Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se implementará el servicio de telecomunicaciones.
- c) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberá indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (**Anexo E- 1**).
- d) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

**E) PERSONA JURÍDICA SIN FINES DE LUCRO (FUNDACIONES, ASOCIACIONES CIVILES O COOPERATIVAS, ENTRE OTROS) PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS A TERCEROS:**

1.- Balance general y estado de ganancias y pérdidas, ajustados por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas de los estados financieros, correspondientes al cierre del último ejercicio económico, los cuales deberán estar debidamente certificados por un Contador Público colegiado y visados por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. En caso de que la fundación, asociación civil o cooperativa interesada sea de reciente constitución, deberá presentar el balance de apertura, con sus respectivas notas de los estados financieros, debidamente certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso que los recursos provengan de los miembros de las fundaciones, asociaciones civiles o cooperativas, entre otros deberán presentar su balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

Los estados financieros deberán estar expresados en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar).

**Los estados financieros permitirán observar la situación patrimonial de la empresa y/o sus accionistas y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tienen capacidad para instalar y comenzar a prestar el servicio.** En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios para la prestación del servicio, éstos deberán estar reflejados en el balance general con el detalle de los mismos en las notas respectivas.

2.- Proyecto económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a ofrecer.
- b) Análisis de mercado, para cada servicio que incluya:
  - i. Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se prestará el servicio de telecomunicaciones, tomando en cuenta la ubicación de los usuarios.
  - ii. Demanda: usuarios a los que será destinada la prestación del servicio. Estará en función del mercado potencial y el mercado meta.
    - Mercado potencial: conjunto de clientes que manifiesta un grado suficiente de interés en el servicio a ser prestado. Se calcula como un porcentaje de la población para cada año de estimación del proyecto, teniendo como referencia la tasa de crecimiento de la población. Esta tasa debe ser proyectada por los cinco (5) años de estimación del proyecto.
    - Mercado meta: parte del conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, acceso y cualidades que concuerdan con la oferta del servicio a los cuales la empresa decide servir, considerando su capacidad instalada. Se define como un porcentaje del mercado potencial.
  - iii. Oferta: identificación de sus principales competidores, así como la porción del mercado que éstos poseen, junto con sus tarifas actuales.

Respecto a este punto es importante mencionar que el análisis de mercado les permitirá a los interesados identificar los posibles usuarios y competidores existentes, pudiendo determinar si existe un mercado insatisfecho que justifique la prestación del servicio.

c.- Determinación de los precios por servicio: los precios son necesarios para establecer los ingresos estimados en el proyecto, los cuales se podrán determinar tomando en cuenta los precios de la competencia, tipo de consumidor, reacción esperada de los competidores y estrategias oficiales en materia de política económica dentro del sector de las telecomunicaciones. Asimismo, deberán considerar los canales de comercialización para llevar cada servicio hasta el consumidor final.

Por otra parte, si consideran ofrecer diferentes planes, deberán detallar los precios y las características de cada uno de ellos.

d.- Proyección estimada de los ingresos para el servicio a ofrecer, de acuerdo a la demanda y los precios establecidos.

e.- Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberá indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (**Anexo E- 1**).

f.- Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).

g.- Estructura de costos (**Anexo E-3**).

Se refiere a los posibles costos que podrían estar asociados a la prestación del servicio y dado el pronóstico de ingresos, le permitirá determinar las ganancias o pérdidas que podrían obtener.

h.- Relación de ingresos y egresos (**Anexo E-6**).

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

**F) PERSONA JURÍDICA SIN FINES DE LUCRO (FUNDACIONES, ASOCIACIONES CIVILES O COOPERATIVAS, ENTRE OTROS) PARA LA SATISFACCIÓN DE NECESIDADES COMUNICACIONALES PROPIAS:**

1.- Balance general y estado de ganancias y pérdidas, ajustados por los efectos de la inflación (DPC 10), con sus respectivas notas de los estados financieros, correspondientes al cierre del último ejercicio económico, los cuales deberán estar debidamente certificados por un Contador Público colegiado y visados por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. En caso de que la fundación, asociación civil o cooperativa interesada sea de reciente constitución, deberá presentar el balance de apertura, con sus respectivas notas de los estados financieros, debidamente certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

En caso que los recursos provengan de los miembros de las fundaciones, asociaciones civiles o cooperativas, entre otros deberán presentar su balance personal actualizado, con sus respectivas notas explicativas de las partidas que integran dicho balance, con una vigencia no mayor a seis (6) meses, certificado por un Contador Público colegiado y visado por el Colegio de Contadores Públicos de Venezuela. Los documentos mencionados pueden ser presentados en copia simple, a vista del original, legibles, sin tachaduras o enmiendas.

Los estados financieros deberán estar expresados en la moneda oficial de la República Bolivariana de Venezuela (Bolívar).

**Los estados financieros permitirán observar la situación patrimonial de la empresa y/o sus accionistas y analizar su grado de disponibilidad para financiar el proyecto de inversión, garantizándose de esta forma que tienen capacidad para instalar y comenzar a prestar el servicio.** En el caso de poseer la totalidad o parte de los equipos necesarios para la prestación del servicio, éstos deberán estar reflejados en el balance general con el detalle de los mismos en las notas respectivas.

2.- Perfil económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:

- a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a implementar.
- b) Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se implementará el servicio de telecomunicaciones.
- c) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total. Asimismo, deberán indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto provendrá de recursos de terceros, de ser el caso (**Anexo E- 1**).
- d) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).

3.- En caso de requerir financiamiento por parte de una institución financiera, deberá presentar, además, una carta de intención del financiamiento de dicha institución. Si el financiamiento es a través de una persona natural o jurídica, distinta de una institución financiera, deberá presentar un documento autenticado de intención del financiamiento, acompañado de los estados financieros respectivos, debidamente certificados por un Contador Público colegiado.

En ambos casos, la documentación requerida deberá ser presentada en original, estar firmada por la persona que concederá el financiamiento y deberá contener como

mínimo la siguiente información: monto del financiamiento, condiciones y términos del respaldo, dirección y teléfono(s).

**G) PERSONA JURÍDICA PÚBLICA PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS A TERCEROS:**

- 1) Copia de la Gaceta Oficial donde conste la asignación de la(s) partida(s) presupuestaria(s).
- 2) Proyecto económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:
  - a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a ofrecer.
  - b) Análisis de mercado, que incluya:
    - i. Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se prestará el servicio de telecomunicaciones, tomando en cuenta la ubicación de los usuarios.
    - ii. Demanda: usuarios a los que será destinada la prestación del servicio. Estará en función del mercado potencial y el mercado meta.
      - Mercado potencial: conjunto de clientes que manifiesta un grado suficiente de interés en el servicio a ser prestado. Se calcula como un porcentaje de la población para cada año de estimación del proyecto, teniendo como referencia la tasa de crecimiento de la población. Esta tasa debe ser proyectada por los cinco (5) años de estimación del proyecto.
      - Mercado meta: parte del conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, acceso y cualidades que concuerdan con la oferta del servicio a los cuales la empresa decide servir, considerando su capacidad instalada. Se define como un porcentaje del mercado potencial.



- iii. Oferta: identificación de sus principales competidores, así como la porción del mercado que éstos poseen, junto con sus tarifas actuales.

Respecto a este punto es importante mencionar que el análisis de mercado les permitirá a los interesados identificar los posibles usuarios y competidores existentes, pudiendo determinar si existe un mercado insatisfecho que justifique la prestación del servicio.

- c) Determinación de los precios: los precios son necesarios para establecer los ingresos estimados en el proyecto, los cuales se podrán determinar tomando en cuenta los precios de la competencia, tipo de consumidor, reacción esperada de los competidores y estrategias oficiales en materia de política económica dentro del sector de las telecomunicaciones. Asimismo, deberán considerar los canales de comercialización para llevar cada servicio hasta el consumidor final.

Por otra parte, si considera ofrecer diferentes planes para algunos servicios, deberá detallar los precios y las características de cada uno de ellos.

- d) Proyección estimada de los ingresos para el servicio a ofrecer, de acuerdo a la demanda y los precios establecidos.
- e) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total (**Anexo E- 1**).
- f) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, de atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso (**Anexo E-2**).
- g) Estructura de costos (**Anexo E-3**).
- h) Se refiere a los posibles costos que podrían estar asociados a la prestación del servicio y dado el pronóstico de ingresos, les permitirá determinar las ganancias o pérdidas que podrían obtener.
- i) Relación de ingresos y egresos (**Anexo E-6**).

## **H) PERSONA JURÍDICA PÚBLICA PARA LA SATISFACCIÓN DE NECESIDADES COMUNICACIONALES PROPIAS:**

1. Copia de la Gaceta Oficial donde conste la asignación de la(s) partida(s) presupuestaria(s).
2. Perfil económico para un periodo mínimo de cinco (5) años, presentado en forma anual, que contenga la siguiente información:
  - a) Aspectos generales del proyecto: descripción del servicio de telecomunicaciones a implementar.
  - b) Localización y sectorización: está referido a la zona de cobertura donde se implementará el servicio de telecomunicaciones.
  - c) Cronograma de inversiones, indicando la inversión inicial y total **(Anexo E- 1)**.
  - d) Listado de equipos de telecomunicaciones requeridos para la operatividad, del atributo solicitado, indicando cuáles han sido adquiridos, de ser el caso **(Anexo E-2)**.

### Recaudos Técnicos

#### **1. Descripción general del proyecto**

- a) Descripción del funcionamiento del sistema a ser implementado.

#### **2. Descripción de la red**

- a) Indicar la disposición y topología de los elementos que componen el sistema que facilitará el acceso a la red mundial de Internet. Asimismo, deberá indicar cómo realizará dicha conexión.
- b) Indicar cómo realizará la conexión entre el Proveedor de Servicios de Internet y el usuario final.

Si las conexiones son suministradas por un operador, deberá indicar el nombre del mismo, número de habilitación administrativa y atributo.

Si la referida conexión se implementará a través de una red propia, el interesado deberá indicar la disposición de los elementos que la componen. En este caso, si el interesado no posee el atributo de Transporte, deberá presentar adicionalmente, los recaudos técnicos, legales y económicos para solicitar dicho atributo, para la conexión con el usuario final. Los recaudos técnicos se encuentran en el Anexo T-10 de la presente Guía.

- c) Indicar cómo la red soportará la prestación del servicio de telecomunicaciones, considerando lo siguiente:
  - i. Velocidad de acceso (download y upload) entre el Proveedor de Servicios de Internet y el usuario final.
  - ii. En caso de redes que utilicen el espectro radioeléctrico, se deberá incluir un diagrama de red, en el cual se observe la correspondencia entre estación(es) transmisora(s) y receptora(s) (**Anexo T-1a y T-1b**).
  - iii. Dirección donde se encuentre el Proveedor de Servicio de Internet, especificando Parroquia, Municipio, y el Estado, sus coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) y coordenadas geográficas (latitud y longitud, expresadas en grados, minutos y segundos) y la altura de la estación sobre el nivel del mar, expresada en metros.
  - iv. Descripción de los equipos utilizados en la estación, especificando para cada uno de ellos:
    - Tipo de equipo (servidor, switch, router, otros).
    - Catálogos con las especificaciones de todos los equipos.
  
- d) Indicación de la cantidad de nodos de acceso al usuario que se pretendan instalar, detallando nombre y dirección de cada uno, especificando la Parroquia, Municipio y el Estado, además de sus coordenadas UTM y coordenadas geográficas (latitud y longitud, expresadas en grados,

minutos y segundos) y la altura de la estación sobre el nivel del mar, expresada en metros.

### **Cronograma de ejecución**

Presentar un cronograma detallado de las actividades de implementación a realizar, indicando los lapsos de tiempo para la instalación y prestación del servicio de telecomunicaciones, tomando como punto de inicio el momento en que se otorga la habilitación. Los lapsos de tiempo deben ser indicados en función de semanas o meses **(Anexo T-4)**.

Anexo L-1

Solicitud de Habilitación General y Atributos

Fecha,

Ciudadano

Director General y demás miembros del Consejo Directivo  
Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)  
Presente.-

Solicitud de Habilitación general y Atributos

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, de estado civil \_\_\_\_\_, de nacionalidad \_\_\_\_\_, domiciliado(a) en \_\_\_\_\_, titular de la Cédula de Identidad (pasaporte) Nro. \_\_\_\_\_, de profesión \_\_\_\_\_, actuando en este acto con el carácter de (carácter con que actúa) de (identificación del interesado) domiciliada en \_\_\_\_\_, inscrita en el Registro Mercantil \_\_\_\_\_ de la Circunscripción Judicial \_\_\_\_\_, en fecha \_\_\_\_ anotado bajo el Nro. \_\_\_\_ Tomo \_\_\_\_\_, carácter este que consta en \_\_\_\_\_, en nombre de mi representada, acudo ante su competente autoridad a los fines de presentar ante el Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, formal solicitud de otorgamiento de una Habilitación General a los efectos de realizar las siguientes actividades de telecomunicaciones: Servicios de Internet, en (indicar la zona de cobertura), todo de conformidad con el proyecto que se anexa. Especificar asimismo la modalidad de uso de la habilitación [con o sin fines de lucro];

A tales efectos, sírvanse encontrar anexo los recaudos legales, económico-financieros y técnicos, establecidos en la “Guía para la Obtención de la Habilitación General y sus Atributos” de conformidad con las Condiciones Generales de las Habilitaciones Generales, de los cuales se desprende el cumplimiento de los requisitos y condiciones previstos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, sus reglamentos, las Condiciones Generales de las Habilitaciones Generales y demás actos normativos aplicables.

(Firma (s) del interesado(s) o representante(s))  
(Nombre legible)

Anexo L-2

Declaración jurada persona natural  
(Debe ser autenticada ante Notaría Pública)

Ciudadano  
Director General y demás miembros del Consejo Directivo  
Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)  
Presente. -

Declaración jurada

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, de estado civil \_\_\_\_\_, de nacionalidad \_\_\_\_\_, domiciliado(a) en \_\_\_\_\_, titular de la Cédula de Identidad (pasaporte) Nro. \_\_\_\_\_, de profesión \_\_\_\_\_, declaro bajo fe de juramento que: no emplearé los aparatos y redes utilizados en la realización de las actividades de telecomunicaciones para las cuales sea habilitado(a) para fines distintos de los permitidos por la Habilitación General contentiva del atributo de Servicios de Internet.

Igualmente declaro bajo fe de juramento que:

(Indicar sí se encuentra vinculado(a) a alguna persona natural o jurídica que preste el mismo servicio o servicios semejantes a los que se explotarán una vez obtenida la Habilitación General contentiva del atributo de Servicios de Internet, bajo tal supuesto, de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y la Ley para Promover y Proteger el Ejercicio de la Libre Competencia; debiendo señalar, en caso de que exista vinculación, el nombre del operador, el servicio de que se trate, el operador, la banda de operación y la localidad.).

En \_\_\_\_\_, a la fecha de su autenticación.

Sello

\_\_\_\_\_  
Firma del interesado o representante legal  
(Nombre legible)

Anexo L-3

Declaración jurada persona jurídica  
(Debe ser autenticada ante Notaría Pública)

Ciudadano  
Director General y demás miembros del Consejo Directivo  
Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)  
Presente. -

Declaración jurada

Yo, \_\_\_\_\_, mayor de edad, de estado civil \_\_\_\_\_, de nacionalidad \_\_\_\_\_, domiciliado(a) en \_\_\_\_\_, titular de la Cédula de Identidad (pasaporte) Nro. \_\_\_\_\_, de profesión \_\_\_\_\_, actuando en este acto con el carácter de (carácter con que actúa) de (nombre e identificación de la persona jurídica), inscrita en el Registro Mercantil \_\_\_\_\_ de la Circunscripción Judicial \_\_\_\_\_, en fecha \_\_\_\_\_, bajo el Nro. \_\_\_\_\_, Tomo \_\_\_\_\_, carácter éste que consta en \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_, debidamente facultado por \_\_\_\_\_, declaro bajo fe de juramento que: mi representada, no empleará los aparatos y redes utilizados en la realización de las actividades de telecomunicaciones para las cuales sea habilitada para fines distintos de los permitidos por la Habilitación General contentiva del atributo de Difusión por Suscripción.

Igualmente declaro bajo fe de juramento que:

Mi representada (Indicar sí se encuentra vinculado(a) a alguna persona natural o jurídica que preste el mismo servicio o servicios semejantes a los que explotarán una vez obtenida la Habilitación General contentiva del atributo de Servicios de Internet o hacer mención expresa de no encontrarse bajo tal supuesto, de conformidad con lo

establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y la Ley para Promover y Proteger el Ejercicio de la Libre Competencia; debiendo señalar, en caso de que exista vinculación, el nombre del operador, el servicio de que se trate, la banda de operación y la localidad.).

En \_\_\_\_\_, a la fecha de su autenticación.

\_\_\_\_\_ Firma del interesado o representante legal  
Anexo L-4

Certificación de composición accionaria  
(Debe ser autenticada ante Notaría Pública)

Ciudadano  
Director General y demás miembros del Consejo Directivo  
Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)  
Presente. -

Certificación de composición accionaria

Quien suscribe, \_\_\_\_\_, mayor de edad, de estado civil \_\_\_\_\_, de nacionalidad \_\_\_\_\_, domiciliado(a) en \_\_\_\_\_ titular de la Cédula de Identidad (pasaporte) Nro. \_\_\_\_\_, de profesión \_\_\_\_\_, actuando en este acto con el carácter de (carácter con que actúa) de (identificación de la sociedad interesada), domiciliada en \_\_\_\_\_, e inscrita en el Registro Mercantil \_\_\_\_\_ de la Circunscripción Judicial \_\_\_\_\_ en fecha \_\_\_\_\_ anotado bajo el Nro. \_\_\_\_\_ Tomo \_\_\_\_\_, carácter el mío que consta en \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_ debidamente autorizado por \_\_\_\_\_, certifica que el capital social de (nombre de la sociedad interesada) a la presente fecha es la cantidad de \_\_\_\_\_ bolívares (Bs. \_\_\_\_\_) suscrito en un \_\_\_\_ % y pagado en \_\_\_\_ %, dividido en \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) acciones, con un valor nominal de \_\_\_\_\_ (Bs. \_\_\_\_\_) cada una, suscritas por \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_, (número de acciones suscritas), (número de acciones pagadas) ; \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_, (número de acciones suscritas),



*(número de acciones pagadas); \_\_\_\_\_ C.I. \_\_\_\_\_, (número de acciones suscritas), (número de acciones pagadas), (otros accionistas).*

En \_\_\_\_\_, a la fecha de su autenticación.

\_\_\_\_\_  
Firma del interesado o representante legal  
(Nombre legible)

Dirección:

Teléfono (s):

Fax:

Correo(s) electrónico(s):

Anexo E-1

Plan o Cronograma de Inversión  
(Expresado en Bolívares)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]=[1+2+3+4+5+6]
Rubros	Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total Inversión
<b>INVERSIONES FIJAS</b>							
<b>INVERSIONES TANGIBLES</b>							
Terreno							
Construcciones							
Equipos							
Activos de Operación							
Muebles y Equipos de Oficina							
Instalación y Montaje							
Otras							
<b>INVERSIONES INTANGIBLES</b>							
Estudios y Proyectos							
Organización y Promoción							
Tasas por trámites (CONATEL)							
Otros Gastos vinculados al proyecto							
<b>INVERSIONES EN ACTIVOS CIRCULANTES</b>							
Capital de Trabajo							
Imprevistos							
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>							

Deberá mostrar por rubros el período en el cual se ejecutará el gasto. Las partidas son indicativas, es decir, podrán ampliarse tanto como se considere necesario. En caso de que la inversión a realizar sea durante el primer año deberá establecerlo en el proyecto económico y explicar la composición de cada rubro.

Asimismo, deberán indicar qué monto de la inversión será financiado con capital propio y cuánto será realizado con aporte de terceros.

Terreno: en esta partida deben reflejarse el valor del terreno.

Construcciones: monto del gasto en instalación o acometida eléctrica, agua, instalaciones sanitarias y otros servicios. Constituyen todos aquellos gastos provocados por la estructura de la empresa no imputables a las ventas.

Equipos: monto de todos los equipos requeridos por el proyecto que están estrechamente vinculados con la realización de la actividad. La descripción de los ítems de este rubro deberá tener coherencia con las especificaciones de los equipos descritos en el tomo técnico.

Activos de operación: monto del gasto en activos diferentes a los anteriores y necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

Muebles y Equipos de Oficina: monto del gasto en bienes muebles y equipos de oficina. Para estimar las necesidades propias podrá valerse de las estimaciones realizadas por proveedores especializados en esta rama industrial y de estimaciones propias, de acuerdo a los planos y los requerimientos de personal. Es conveniente elaborar un cuadro de requerimientos.

Instalación y Montaje: corresponde al gasto en materiales y mano de obra de técnicos y operarios, requeridos para efectuar la instalación de maquinarias y equipos. Adicionalmente, se deberá incluir el pago de los servicios técnicos de asesoría y administrativos que se causan durante el proceso de instalación.

Estudios y proyectos: en esta partida debe reflejarse el gasto derivado de los estudios necesarios para la ejecución del proyecto.

Organización y Promoción: desembolsos originados por la dirección y coordinación de las obras de instalación y por el diseño de los sistemas y procedimientos administrativos de gestión y apoyo, tal como el sistema de información.

Tasas por Trámites (CONATEL): referidos a tasas por trámite que debe ser cancelada ante CONATEL de acuerdo al Reglamento sobre los Tributos establecidos en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

Otros gastos: todos aquellos desembolsos que por su cuantía no ameriten ser discriminados, que no se pueden incluir en ninguno de los grupos de gastos citados.

Capital de trabajo: constituye el conjunto de recursos necesarios, en forma de activos corrientes, para asegurar la operación del proyecto (cubrir al menos los costos operativos y de personal hasta que las operaciones regulares los absorban). Resulta de la sumatoria de la cantidad mínima necesaria por el solicitante para cubrir: pago de sueldos y salarios, servicios, gastos de administración, activos de operación, entre otros; definida durante un tiempo determinado (por ejemplo, 3 meses).

Imprevistos: apartado o monto reservado para enfrentar eventualidades durante la puesta en marcha del proyecto.

Total: es la sumatoria de los rubros anteriores.

En caso de existir un incremento por ajuste inflacionario, deberá especificar la tasa de inflación considerada cada año.



### Anexo E-3

#### Estructura de Costos (Expresado en bolívares)

Conceptos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operativos y Suministros					
Insumos					
Material de Oficina y Consumibles					
Otros Materiales					
Gastos de Venta y Publicidad					
Mantenimiento					
Impuestos de Telecomunicaciones					
Imprevistos					
Electricidad					
Aseo					
Agua					
Teléfono					
Alquiler del local					
Gastos de personal (anexos E-3A y E-3B) (1)					
Depreciación de Equipos					
Amortización y gastos por intereses(2)					
Impuestos municipales					
Gastos de Administración					
Otros					
<b>TOTAL COSTOS ANUALES (EGRESOS)</b>					

(1) Se refiere los gastos derivados de la contratación del personal requerido para la prestación del servicio. Para facilitar el cálculo de los mismos, podrán tomar como referencia los anexos E-3A y E-3B

(2) Se refiere al pago correspondiente a la parte del capital e intereses del préstamo recibido según las condiciones acordadas con el financista en cuestión.

Refleja la totalidad de los desembolsos requeridos para operar a los niveles de producción esperado. Las partidas son indicativas, es decir, podrán ampliarse tanto como se considere necesario.

En caso de existir un incremento por ajuste inflacionario, deberá especificar la tasa de inflación considerada cada año.

## Anexo E-3A

### Gastos de Personal (Expresado en bolívares)

	[1]	[2]	[3]=[1*2]*12 meses	[4]	[5]	[6]	[7]=[3+4+5+6]
Descripción	N° de Empleados	Sueldos y Salarios (Mensual)	Sueldos y Salarios (Anual)	Otras Remuneraciones (ver anexo E-3B)	Prestaciones por antigüedad	Otros beneficios	TOTALES
<b>Personal Técnico</b>							
Ingenieros							
Técnicos							
Ayudantes / Instaladores							
Vendedores							
Otros							
<b>Personal Administrativo</b>							
<b>Alta Gerencia</b>							
Gerentes							
Directores							
Secretaria ejecutiva							
Otros							
<b>Gerencia Media</b>							
Coordinadores							
Administradores							
Supervisores							
Secretarias							
Otros							
<b>Personal Obrero</b>							
Vigilantes							
Mantenimiento							
Otros							
<b>TOTAL GENERAL</b>							

Deberán indicar detalladamente el total de las plazas generadas y su distribución de acuerdo a las establecidas. Las partidas son indicativas, es decir, podrán ampliarse tanto como se considere necesario. Puede desglosarse por períodos cuando los planes de contratación y crecimiento lo ameriten, indicando el número de empleados, técnicos y personal para cada cargo.

**Sueldos y Salarios Anuales:** es el resultado de multiplicar del monto del sueldo básico mensual por el número de empleados establecidos para cada una de las clasificaciones. Este deberá ser multiplicado por doce (12) meses para obtener el monto anual.

**Otras Remuneraciones:** contendrá el total de los resultados obtenidos en el anexo E-3B correspondiente a cada una de las partidas establecidas.

Prestaciones por antigüedad: deberá calcularse según lo establecido en la legislación venezolana vigente a la fecha de la formulación del proyecto.

Otros beneficios: deberán detallar otros beneficios que se les otorgan a los empleados, de ser el caso, tales como cesta tickets, bonos, caja de ahorro, entre otros.

Nota: La presentación de este cuadro deberá hacerse de acuerdo a la cantidad de años del perfil económico, debiendo plasmar el incremento de la nómina a lo largo del desenvolvimiento del proyecto. Asimismo, en caso de existir un incremento en los sueldos por ajuste inflacionario, deberá especificar año a año el monto del mismo.



Anexo E-3B

Gasto de Personal: Otras Remuneraciones  
(Expresado en bolívares)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]=[2+3+4+5+6+7]
Descripción	N° de Empleados	Seguro Social Obligatorio	INCE	Política Habitacional	Paro Forzoso	Utilidades	Bono Vacacional	TOTAL ANUAL (trasladar los totales al anexo E-3A)
<b>Personal Técnico</b>								
Ingenieros								
Técnicos								
Ayudantes /								
Instaladores								
Vendedores								
Otros								
<b>Personal Administrativo</b>								
<b>Alta Gerencia</b>								
Gerentes								
Directores								
Secretaria ejecutiva								
Otros								
<b>Gerencia Media</b>								
Coordinadores								
Administradores								
Supervisores								
Secretarias								
Otros								
<b>Personal Obrero</b>								
Vigilantes								
Mantenimiento								
Otros								
<b>TOTAL GENERAL</b>								

Deberán indicar detalladamente la retribución del factor productivo trabajo incluyendo todos los pagos anuales que realizan por su personal (Otras Remuneraciones) las cuales deberán calcularse sobre la base del porcentaje establecido por la ley en cada uno de los casos. Las partidas son indicativas, es decir, podrán ampliarse tanto como se considere necesario.

Los porcentajes establecidos deberán estar actualizados a la fecha de la formulación del proyecto, tomando en cuenta la legislación venezolana vigente.

Nota: este cuadro deberá hacerse de acuerdo a la cantidad de años del perfil económico, debiendo plasmar el incremento de la nómina a lo largo del desenvolvimiento del

proyecto. Asimismo, en caso de existir un incremento en los sueldos por ajuste inflacionario, deberá especificar año a año el monto del mismo.

## Anexo E-4

### Estado de Ganancias y Pérdidas (Expresado en Bolívares)

	Rubros	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>A</b>	<b>Ingresos recurrentes</b>						
<b>B</b>	<b>Egresos</b>						
<b>C</b>	<b>Utilidad en operaciones = (A - B)</b>						
<b>D</b>	<b>Impuesto sobre la renta</b>						
<b>E</b>	<b>Utilidad neta = (C- D)</b>						

Indica para cada uno de los años de la vida útil del proyecto los distintos ingresos y gastos en que se incurrirá como resultado de gestión productiva. El período de las proyecciones del estado de resultado debe ser coincidente con el de la proyección del flujo de caja. Las partidas reflejan todos los asientos contables estimados como depreciaciones y amortizaciones.

**Ingresos recurrentes:** son las entradas de efectivo como producto de la comercialización y prestación del servicio que se está solicitando. El monto colocado en este rubro deberá coincidir con la proyección estimada de los ingresos realizada en el proyecto.

**Egresos:** son el resultado de las proyecciones de las salidas de efectivo generadas por la prestación del servicio. El monto colocado en este rubro deberá coincidir con el señalado en el anexo de “Estructura de Costos”.

**Utilidad en operaciones:** se obtiene restando a los ingresos recurrentes, los egresos. Corresponde a la utilidad antes del ISLR

**Impuesto sobre la Renta (I.S.L.R.):** es el monto del impuesto que grava la utilidad de un período determinado, de conformidad con la Ley de Impuesto sobre la Renta. Para mayor información, podrán consultar la página web [www.seniat.gov.ve](http://www.seniat.gov.ve)

**Utilidad neta:** es la que se obtiene restando a la utilidad en operaciones el ISLR.

En caso de existir un incremento por ajuste inflacionario, deberá especificar la tasa de inflación considerada cada año.

#### Anexo E-5

#### Flujo de Caja Proyectado (Expresado en Bolívares)

	Rubros	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>A</b>	<b>Utilidad Neta</b>						
	Menos Inversiones						
	Mas: depreciación						
	<b>Saldo en caja</b>						

Refleja la diferencia entre los ingresos de dinero que producirá la inversión y los egresos de dinero que se generarán por la inversión, ambos referidos al final de cinco años.

Año Cero: deberá colocar sólo la inversión inicial o total para llevar a cabo el proyecto de inversión (constituye la puesta en marcha del proyecto).

Inversiones: corresponden al flujo de dinero orientado a la adquisición o mantenimiento de bienes de capital y demás recursos necesarios para la realización y sostenimiento del proyecto. El monto colocado en este rubro, deberá coincidir con lo señalado en el cuadro de cronograma de inversión.

Depreciación: no constituye una salida de efectivo, por lo tanto, por estar incluidas dentro de los costos, debe ser deducida de los egresos.

En caso de existir un incremento por ajuste inflacionario, deberá especificar la tasa de inflación considerada cada año.

Anexo E-6

Relación de Ingresos y Egresos  
(Expresado en Bolívares)

Rubros	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>A Ingresos</b>						
Donaciones						
Ingresos recurrentes						
<b>Total A</b>						
<b>B Egresos</b>						
Inversiones						
Costos						
<b>Total B</b>						

Resume el resultado de los Ingresos y Costos que generaría la prestación del servicio.

Ingresos recurrentes: son las entradas de efectivo como producto de la comercialización y prestación del servicio que se está solicitando. El monto colocado en este rubro deberá coincidir con la proyección estimada de los ingresos realizada en el proyecto.

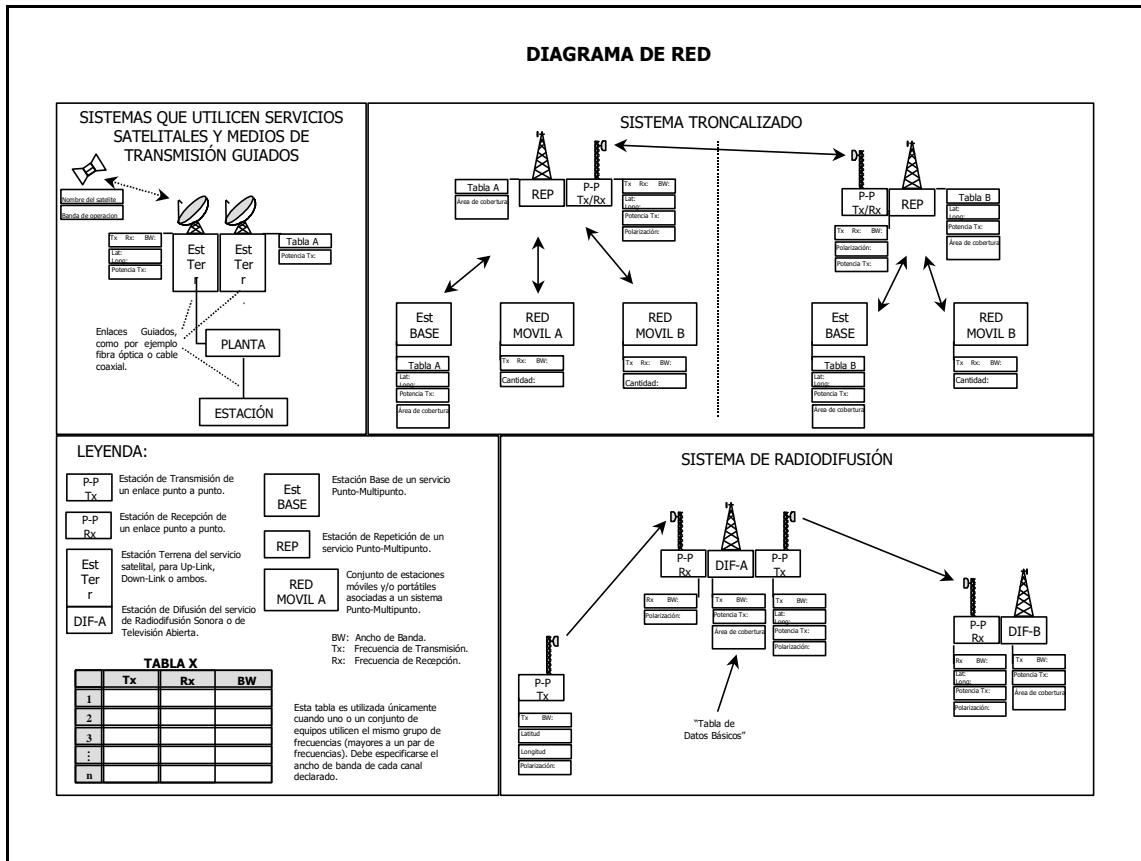
Egresos: son el resultado de las proyecciones de las salidas de efectivo generadas por la prestación del servicio.

Inversiones: corresponden al flujo de dinero orientado a la adquisición o mantenimiento de bienes de capital y demás recursos necesarios para la realización y sostenimiento del proyecto. El monto colocado en este rubro, deberá coincidir con lo señalado en el cuadro de cronograma de inversión.

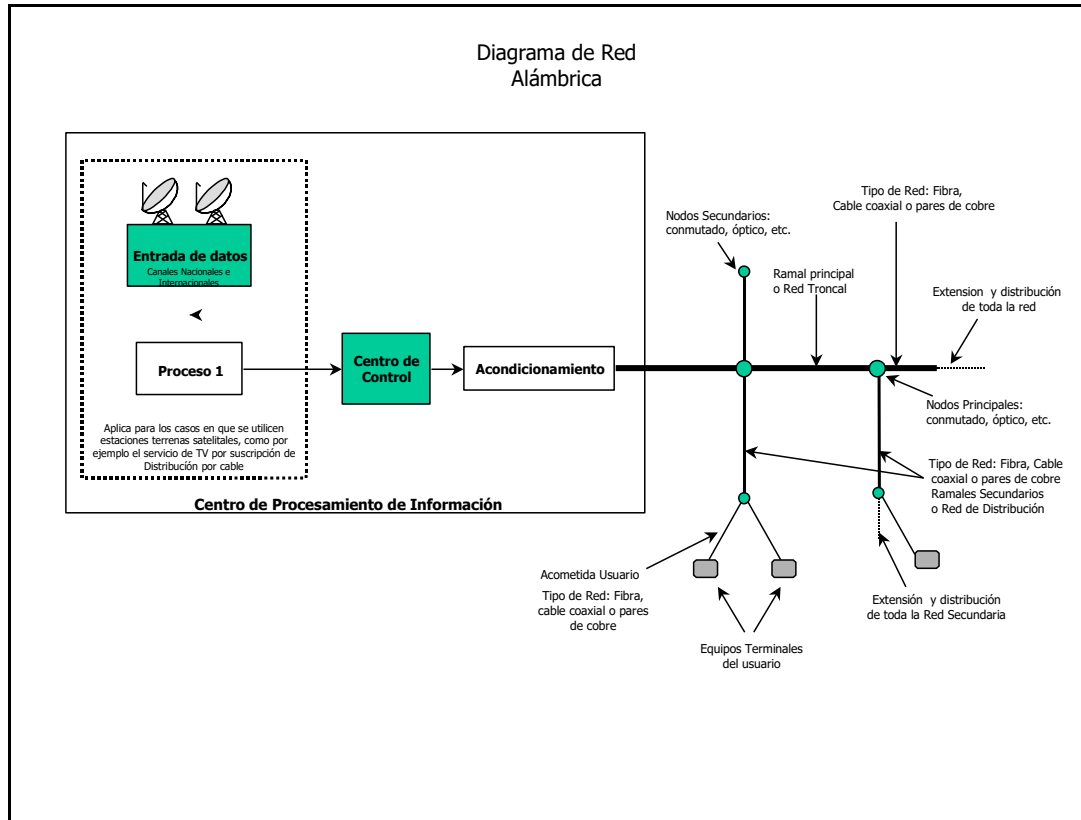
Costos: son los costos asociados con la prestación del servicio. El monto colocado en este rubro deberá coincidir con el señalado en el anexo de “Estructura de Costos”.

En caso de existir un incremento por ajuste inflacionario, deberá especificar la tasa de inflación considerada cada año.

# Anexo T-1a



# Anexo T-1b



Anexo T-4

Cronograma de Ejecución

Actividades a realizar	Lapsos de Tiempo (años, meses, semanas)						
	1	2	3	4	5	6	7
Actividad 1							
Actividad 2							
...							
Actividad n-1							
Actividad n							
Inicio de la prestación del servicio							

Nota:

Los lapsos de tiempo establecidos para realizar las diferentes actividades y dar inicio a la prestación del servicio deberá tomar como punto de referencia el otorgamiento de la habilitación general.

Los atributos que contengan una o mas estaciones repetidoras deberá indicar el inicio de la prestación del servicio para cada estación repetidora que conforme el sistema de radiocomunicación.

Deberá indicar el inicio de la prestación del servicio por cada atributo solicitado.



## Anexo T-10

- a. Cuando las porciones de espectro radioeléctrico sean solicitadas a los fines de realizar enlaces de conexión vía radio entre estaciones (celdas o centrales), el interesado deberá presentar:
  - i. Nombre de las estaciones, indicando la relación transmisor-receptor.
  - ii. Frecuencia solicitada.
  - iii. Cálculo(s) de el (los) enlace(s), indicando:
    - Banda de frecuencia(s) solicitada(s) para cada estación (Transmisión y Recepción).
    - Ancho de banda.
    - Potencia del transmisor (dBm).
    - Ganancia de la Antena (dBi).
    - Potencia recibida (dBm).
    - Potencia umbral (dBm).
    - Tablas de cotas contra distancia y perfiles topográficos de los mismos.
    - Despeje de la primera zona de Fresnel o en su defecto el 60% de ésta.
    - Justificar la capacidad de transmisión de los enlaces y el ancho de banda requerido.
    - Adicionalmente, deberán consignar tanto en el proyecto técnico como en forma digital, los datos indicados en la tabla modelo del **Anexo T-6**.
- b. Cuando las porciones de espectro radioeléctrico sean solicitadas a los fines de realizar enlaces de conexión satelital, el interesado deberá presentar:
  - i. Estación(es) espacial(es) asociada(s).
  - ii. Posición orbital.
  - iii. Banda de frecuencias de los enlaces de subida y de bajada.
  - iv. Ancho de banda equivalente en MHz (ancho de banda a utilizar).
  - v. Ubicación del transmisor (VSAT, Telepuerto, otro).
  - vi. Ubicación de las estaciones espaciales (posición geoestacionaria en grados).

- vii. Ubicación de las estaciones terrestres.
  - viii. Potencia del Transmisor (w).
  - ix. Ángulo de elevación de las antenas.
- c. Si la red de acceso al usuario final fuera inalámbrica el interesado deberá, adicionalmente consignar:
- i. Descripción de las bandas de frecuencias solicitadas.
    - Frecuencias de transmisión (Tx).
    - Frecuencias de recepción (Rx).
    - Disposición de canales de radiofrecuencias dentro de cada bloque, especificando las bandas de guarda.
    - Esquema de reutilización de frecuencias.
  - ii. Celdas o radiobases.
    - Nombre de la estación (celda o radiobase).
    - Diagrama detallado de configuración de la celda o radiobase.
    - Capacidad de cada una de las radiobases, expresadas en Kbps o Mbps.
    - Área de cobertura de cada radiobase realizada de acuerdo a lo señalado para los sistemas punto a multipunto y punto - zona, indicada en un mapa a escala adecuada, en el que se observe toda el área de interés.
    - Cronograma de expansión de las áreas de cobertura para los primeros cinco (5) años de operación, indicando claramente la localización.
  - iii. Características generales de la red de acceso inalámbrica
    - Tecnología de acceso (FDMA, TDMA, CDMA, TDD, FDD, etc.).
    - Protocolo de transmisión de datos.
    - Tipo de modulación empleada, incluyendo la eficiencia espectral.
  - iv. Descripción de la red
    - Conexión de las radiobases.
    - Interconexión con otras redes. Deberá presentar diagrama de interconexión detallando las capacidades a manejar (in/out) por la red.
    - Descripción del sistema de administración y supervisión de red a ser instalado.

- v. Descripción del equipo de usuario.
  - Características y catálogos de la antena y equipos del usuario.
  - Interfaces para conexión de los usuarios (por ejemplo: 10 Base T, V35, etc.).

Anexo T-6  
Enlaces punto a punto:

Enlace	UBICACIÓN ESTACIÓN 1			COORDENADAS ESTACIÓN 1		UBICACIÓN ESTACIÓN 2			COORDENADAS ESTACIÓN 2		F1 (MHz)	F2 (MHz)	AB (MHz)	Pot. Tx (dBm)	G. Ant. (dBi)	Pot. Rec. (dBm)	Pot. Umbral (dBm)
				Latitud norte	Longitud oeste				Latitud norte	Longitud oeste							
	Dirección	Municipio	Estado	Dirección	Municipio	Estado											
01																	
02																	
03																	
04																	
05																	
06																	

Leyenda:

F1 (MHz): Frecuencia propuesta Estación 1, en MHz

F2 (MHz): Frecuencia propuesta Estación 2, en MHz

AB (MHz): Ancho de Banda del enlace en MHz

Pot. Tx (dBm): Potencia del transmisor en dBm

G. Ant. (dBi): Ganancia de las Antenas (Transmisora/Receptora) en dBi

Pot. Rec. (dBm): Potencia Recibida en dBm

Pot. Umbral (dBm): Potencia Umbral en dBm

Enlaces punto a multipunto, punto a zona, sistemas con cobertura:

Nº	FTx (MHz)	FRx (MHz)	DIRECCIÓN DE UBICACIÓN SITIO DE REPETICIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	POTENCIA Tx (dBm)	GANACIA ANT. (dBi)	ANCHO DE BANDA (KHz)	COBERTURA
01									
02									
03									
04									
05									

Enlaces Satelitales:

Nº	BANDA DE OPERACIÓN ENLACE ASCENDENTE (MHZ)	BANDA DE OPERACIÓN ENLACE DESCENDENTE (MHZ)	DIRECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN TERRENA	COORDENADAS DE ESTACIÓN TERRENA		AB UTILIZADO ENLACE ASCENDENTE (KHz)	AB UTILIZADO ENLACE DESCENDENTE (KHz)	ZONA DE COBERTURA	NOMBRE DEL SATÉLITE	POSICIÓN ÓRBITAL DEL SATÉLITE
				LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE					
01										
02										
03										
04										
05										

## **ANEXO B**

MODELO MATEMATICO PARA LA PREDICCIÓN DE ANCHO DE BANDA

## ANEXO B

### Modelo Matemático para la Predicción de Ancho de Banda

#### Primera Aproximación

Ing. Omar Contreras Gallardo - Ing. Nicolás Contreras Crenovich

Subgerencia de Administración y Operación de Redes - Ingeniería

ENTEL S. A.

ocontreras@entel.cl. m ncontreras@entel.cl

### **Resumen**

En este documento se presenta un modelo para la estimación de Ancho de Banda (BW) en Redes WAN considerando las aplicaciones, cantidad de usuarios y la simultaneidad de las conexiones. Para las aplicaciones se considera la carga máxima en el enlace y el aporte en relación al total de bytes transferidos. Para las simultaneidad de conexiones TCP/UDP se presentan funciones que permiten realizar estimaciones de ancho de banda con una holgura cercana al 20% del canal disponible. Posteriormente se realizan pruebas del modelo estimando el BW y se efectúan comparaciones con datos observados de las estadísticas reales de Redes Corporativas. Finalmente se presentan tablas con recomendaciones de criterio para el diseño de Redes WAN.

### **Introducción. Orígenes y motivaciones.**

Producto de la mala distribución de los recursos usados para la transmisión de datos es que se hace necesario conocer previamente cual será el comportamiento, aunque sea aproximado, de un enlace a instalar. También, dado el crecimiento de las redes se hace imprescindible realizar una planificación a nivel de detalle de las aplicaciones, ancho de banda necesarios y porcentaje de ocupación de los canales en enlazar las redes LAN [1]. Para realizar esta planificación se ha creado un modelo básico de predicción de utilización considerando la holgura aproximada del 20% sobre el total de bytes transferidos por cada canal.

Ya que el modelo se diseñó considerando enlaces instalados es posible realizar predicciones de crecimiento futuras de los enlaces considerados y de otros similares no considerados dentro de los enlaces medidos para la confección del modelo.

Es importante hacer notar que este modelo está sujeto a modificaciones de estructuras y datos de entrada con nueva información que pueden proveer nuevos antecedentes y mediciones, sobre la base de un plan de desarrollo informático.

En las próximas páginas se detalla el cálculo y los resultados obtenidos.

### **Consideraciones del modelo.**

Para la realización del presente análisis se realizaron las diferentes consideraciones para la obtención del modelo [2][3].

- Se utilizó la información de tráfico de la red Nacional como base para las pruebas empíricas del modelo.
- Para los enlaces de 2 Mbps es posible hacer una buena aproximación del ancho de banda a proveer.
- Para enlaces de otras velocidades se pueden hacer predicciones basadas en la experiencia.
- Con los valores obtenidos de los gráficos se pueden realizar predicciones que después deben ser comparadas con los valores esperados.
- Las gráficas que se presentan fueron obtenidas de datos reales y datos calculados en función de los reales.

## Análisis Técnico.

### Modelo Propuesto

El modelo propuesto es:

$$BW (bps) = n \cdot P_{AP} \cdot \varphi(n)$$

$$n = N^{\circ} \text{ de usuarios}$$

$$P_{AP} = \text{Peso Aplicación}$$

$$P_{AP} = 79570 \text{ bps}$$

$$\varphi(n) = \text{Tasa de Ocupación}$$

Este modelo fue estructurado en base a la información recolectada durante varios meses realizando Análisis de Redes WAN. Los estudios arrojaron variabilidad en el consumo de ancho de banda al aumentar o disminuir el número de estaciones de trabajo conectadas al segmento LAN de la red remota y particularmente cuando se utilizan aplicaciones de carga constante no transaccional, como son http, ftp, telnet, netbios, etc. Las transaccionales son aplicaciones del tipo del correo electrónico, ya sea pop y smtp.

La constante  $P_{AP}$  representa el peso de la aplicación genérica usada para calcular los anchos de banda consumidos. Este valor es un promedio ponderado de los máximos de los protocolos más usados, a los cuales se les asignó un peso específico en función de su participación dentro de los enlaces medidos.

La tasa de ocupación, que es el objetivo específico de este estudio y lo que demandó gran parte del tiempo invertido, representa la cantidad de usuarios que estarían usando la aplicación genérica propuesta para el modelo. Esto es dado que no todos los usuarios hacen uso de las mismas aplicaciones de manera simultánea e intensiva y, producto de ello, es que se obliga el uso de alguna variable que sea dependiente, entonces para este caso se consideró dependiente del número de usuarios presentes en el enlace a diseñar.



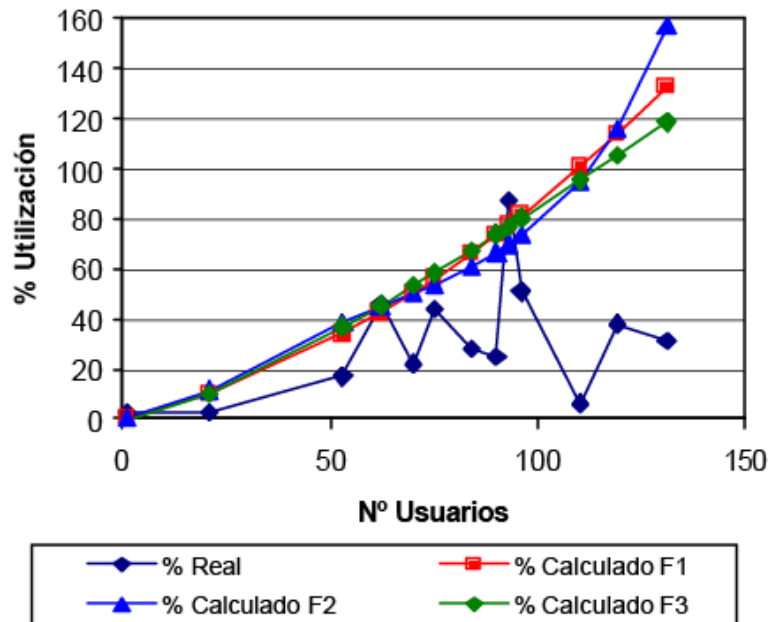
Considerando lo anteriormente mencionado es que se presenta este estudio analizando dos casos diferentes dependiendo de las consideraciones de usuarios de la que se dispone. Entonces, a continuación se presenta el desarrollo de los dos casos considerados de manera detallada, lo que permite llegar a proponer una solución según los requerimientos del cliente.

### **Caso 1:** Rango de Usuarios Completo

En este caso se consideran todos los enlaces monitoreados, los cuales tienen diferentes usuarios y valores de utilización de ancho de banda. Los enlaces monitoreados son 31, pero no se consideran los valores de usuarios repetidos, dejando sólo el peor de los casos, es decir, el con mayor carga de tráfico.

Para este caso se realizó la medición de la ocupación de cada canal WAN y se obtuvo curvas aproximadas a los valores reales. Los datos son presentados en el gráfico 1, como valores reales se considera el porcentaje de uso del ancho de banda sobre un enlace de 2Mbps, mientras que las funciones calculadas y presentadas como  $F1$ ,  $F2$  y  $F3$  fueron obtenidas de pruebas empíricas sobre los datos reales obtenidos, con funciones que permitieran una holgura de al menos un 20% sobre dichos valores reales.

Gráfico 1. Comparación de valores porcentuales entre funciones aproximadas y valores reales medidos sobre enlaces de 2Mbps.



Luego se pueden tabular los datos en la tabla 1.

Tabla 1. Valores reales medidos en enlaces de 2Mbps, contra los valores obtenidos de las funciones aproximadas.

Usuarios	% Real	% Calculado con funciones		
		F1	F2	F3
1	2.1	0.39	0.21	-0.21
21	2.8	10.19	11.69	10.21
53	17.0	33.88	38.18	37.03
62	46.0	42.32	44.81	45.55
70	22.0	50.47	50.47	53.38
75	44.0	55.89	54.06	58.38
84	28.0	66.23	61.08	67.57
90	25.0	73.56	66.56	73.83
93	87.0	77.36	69.67	76.99
96	51.0	81.24	73.09	80.17
110	6.0	100.51	94.80	95.30

119	38.0	113.89	115.96	105.25
131	31.0	132.95	157.10	118.76

De donde podemos calcular las fórmulas para  $\varphi(n)$  en función del número de usuarios  $n$ , estas son:

$$\varphi_1(n) = 0.0013 \cdot n + 0.1036$$

$$\varphi_2(n) = 5 \cdot 10^{-7} \cdot n^3 - 110 \cdot n^2 + 0.0066 \cdot n + 0.0511$$

$$\varphi_3(n) = 0.062 \cdot \ln(n) - 0.0576$$

### Observaciones para el caso 1

Para la tabla 1 se usaron todos los valores de enlaces de ancho de banda 2Mbps, excepto uno, cuyo número de usuarios se repetía.

Para este caso se considera que la cantidad de usuarios contempla todo el espectro del enlace. De esta manera se consideró un espectro de 1 a 150 usuarios, pero estos valores pueden ampliarse en función de las proyecciones de crecimiento de la LAN al otro extremo del enlace, aunque se recomienda que luego del aumento de nodos realizar un nuevo análisis.

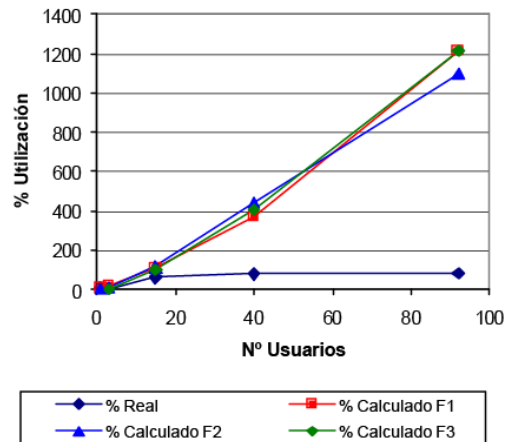
Por otro lado se debe considerar que alrededor de los 105 usuarios se sobrepasa el 100% del enlace para el caso del gráfico 1, por lo que se puede considerar, para casos con más de 105 usuarios enlaces de 2Mbps. En caso contrario, considerando el otro extremo, se puede considerar un uso del orden del 10% hasta los 20 usuarios.

Interpolando en el gráfico 1, se puede considerar enlaces de menor ancho de banda para menos usuarios concurrentes.

### Excepciones al Modelo para el Caso 1

Para el caso de BW menores o iguales a 128Kbps se puede rehacer los cálculos anteriores utilizando los  $\varphi(n)$  anteriores para los casos en que existe información. Los resultados son los expuestos en el gráfico 2.

Gráfico 2. Comparación usando valores reales medidos en enlaces de 128kbps y las funciones obtenidas anteriormente para enlaces de 2Mbps. Los valores comparados son porcentajes de utilización sobre 128kbps.



La tabla obtenida del gráfico anterior es la presentada en la tabla 2.

Tabla 2. Valores reales medidos en enlaces de 128kbps, contra los valores obtenidos de las funciones aproximadas anteriormente obtenidas, para el caso de enlaces de 2Mbps

Usuarios	% Real	% Calculado con funciones aproximadas.		
		F1	F2	F3
1	12.5	6.22	3.41	-3.41
3	4.3	19.12	12.45	1.87
15	60.0	109.47	114.97	98.09
40	77.0	368.99	443.69	405.77
92	82.0	1217.38	1097.62	1214.93

Queda demostrado que el uso de las funciones obtenidas anteriormente no es representativo para casos diferentes a los analizados, ya que se generan irregularidades o incongruencias en los resultados, como el mostrado en el caso anterior.

## Conclusiones para el Caso 1

A modo de conclusión para las funciones obtenidas del caso 1, se puede agregar que interpolando sobre el primer gráfico 1 se pueden considerar velocidades menores en función del número de usuarios, según la tabla 3.

Tabla 3.

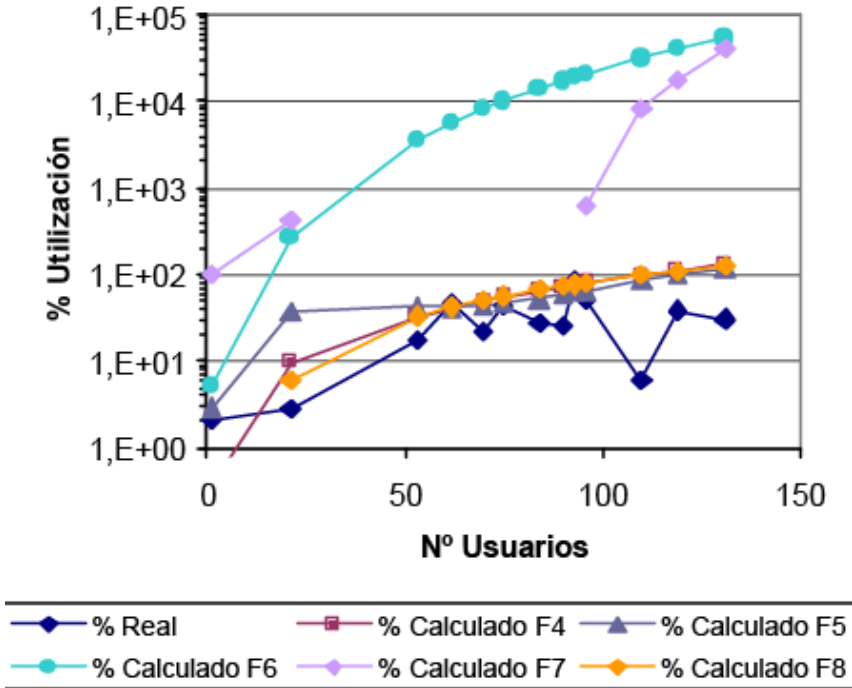
N° Usuarios	Enlace (kbps)
Hasta 10	128
11 a 20	256
20 a 105	$BW, j_u.3(n)$
Desde 106	2048

## Caso 2: Rango de Usuarios Acotado

Para este caso se considera el estudio de los datos sólo para el tramo en donde se concentra la mayoría de los enlaces en función del número de usuarios, es decir para los enlaces con 50 a 140 usuarios. De esta manera se obtuvo las tablas 4 y 5, de las cuales se obtuvo un gráfico respectivo.

Igual que para el caso anterior, se realizó la medición de la ocupación de cada canal WAN y se obtuvo curvas aproximadas a los valores reales. Los datos son presentados en el gráfico 3, y como valores reales se considera el porcentaje de uso del ancho de banda sobre un enlace de 2Mbps, mientras que las funciones calculadas y presentadas como  $F4$ ,  $F5$ ,  $F6$ ,  $F7$  y  $F8$  fueron obtenidas de pruebas empíricas sobre los datos reales obtenidos, con funciones que permitieran una holgura de al menos un 20% sobre dichos valores reales.

Gráfico 3. Comparación entre valores porcentuales reales medidos en enlaces de 2Mbps y valores porcentuales calculados con las funciones aproximadas. La gráfica se presenta con escala logarítmica para el eje y.



Considerando el modelo se obtuvo los valores para comparar este caso. Los valores tabulados del gráfico anterior se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Valores reales medidos en enlaces de 2Mbps, contra los valores obtenidos de las funciones aproximadas, según el caso 2 mostrado en la gráfica 3.

Usuarios	% Real	% Calculado con funciones aproximadas.				
		F4	F5	F6	F7	F8
1	2.1	0.37	2.93	5.11	101.41	-0.84
21	2.8	9.86	36.51	267.45	425.68	5.88
51	17.0	33.05	41.77	3525.19	-788.42	32.94
62	46.0	41.35	42.32	5619.67	-1240.54	42.12
70	22.0	49.38	44.35	8074.91	-1581.39	50.69
75	44.0	54.72	46.60	9926.91	-1691.16	56.22
84	28.0	64.93	52.78	13941.31	-1449.48	66.48
90	25.0	72.16	58.49	17146.27	-751.44	73.53
93	87.0	75.91	61.82	18918.83	-163.74	77.10

96	51.0	79.75	65.44	20809.87	625.45	80.71
110	6.0	98.81	85.67	31314.04	8153.05	98.01
119	38.0	112.04	100.58	39655.38	18031.11	109.48
131	31.0	130.91	120.35	52922.90	41027.61	125.17

Las funciones, para este caso, de los  $j$  calculados son:

$$\varphi_4(n) = 0.0013 \cdot n + 0.0994$$

$$\varphi_5(n) = -6 \cdot 10^{-7} \cdot n^3 + 0.0002 \cdot n^2 - 0.0202 \cdot n + 0.8108$$

$$\varphi_6(n) = 1 \cdot 10^{-8} \cdot n - 4 \cdot 10^{-6} \cdot n^3 + 740^{-3} \cdot n^2 - 0.0494 \cdot n + 1.4226$$

$$\varphi_7(n) = 4 \cdot 10^{-11} \cdot n^6 - 2 \cdot 40^{-8} \cdot n^5 + 6 \cdot 40^{-6} \cdot n^4 - 8 \cdot 10^{-4} \cdot n^3 + 0.0531 \cdot n^2 - 1.9472 \cdot n + 29.265$$

$$j_8(n) = 0.0996 \cdot \ln(n) - 0.2277$$

Dado que la función 7 no es representativa, no se considera, al igual que la función 6, que se encuentra en las mismas condiciones, producto de que sobrepasan con creces los valores máximos medidos; luego se considera sólo el uso de las funciones 4, 5 y 8, obteniéndose los datos presentados en la tabla 5.

Tabla 5. Valores reales medidos en enlaces de 2Mbps, contra los valores obtenidos de las funciones aproximadas, según el caso 2 mostrado en la gráfica 3 y considerando sólo las funciones representativas del modelo.

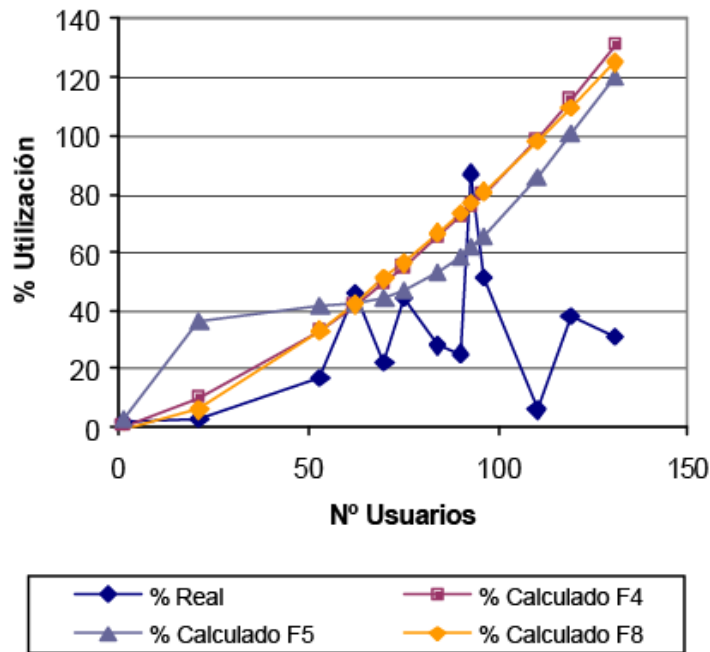
Usuarios	% Real	% Calculado con funciones aproximadas.		
		F4	F5	F8
1	2.1	0.37	2.93	-0.84
21	2.8	9.86	36.51	5.88

53	17.0	33.05	41.77	32.94
62	46.0	41.35	42.32	42.12
70	22.0	49.38	44.35	50.69
75	44.0	54.72	46.60	56.22
84	28.0	64.93	52.78	66.48
90	25.0	72.16	58.49	73.53
93	87.0	75.91	61.82	77.10
96	51.0	79.75	65.44	80.71
110	6.0	98.80	85.67	98.01
119	38.0	112.04	100.58	109.48
131	31.0	130.91	120.35	125.17

A continuación, en el gráfico 4 se presentan las curvas comparativas entre datos reales y calculados, de las curvas representativas, para un enlace de 2Mbps con datos acotados.

Gráfico 4. Comparación entre valores porcentuales reales medidos en enlaces de 2Mbps y valores porcentuales calculados con las funciones aproximadas representativas.





### Conclusiones del Caso 2

Como conclusión para las funciones obtenidas para el caso 2, se puede agregar que interpolando sobre el gráfico 4 para considerar velocidades menores en función del número de usuarios, según las funciones presentadas en la tabla 6.

Tabla 6.

N° Usuarios	Enlace (kbps)	N° Usuarios	Enlace (kbps)
Hasta 10	128	Hasta 10	256
11 a 20	256	11 a 115	$BW, j_5(n)$
21 a 110	$BW, j_4.s(n)$	Desde 106	2048
Desde 111	2048		

### Conclusiones y Futuros Desarrollos.

Finalmente, es importante destacar la gama de posibilidades que entrega un trabajo de estas características, ya que se proponen cinco soluciones, las cuales pueden ser usadas

indistintamente en función de los requerimientos de el o los enlaces. Esto tiene que ver con la holgura que se quiere dar al enlace que se planifica, puesto que es fácil notar que la función 5 de la gráfica 4 aproxima a valores de ancho de banda bajos para enlaces con más de 60 usuarios en función de los consumos muestreados, mientras que las funciones 1, 2, 3 y 4 entregan mayores holguras para los enlaces.

Luego, si lo que se busca es mantener una amplia holgura para los usuarios es recomendable el uso de la función 3 de la gráfica 1, ya que es la que se ve menos sobrepasada por los valores reales medidos, y sobre esta base se recomienda el uso de la tabla a continuación.

Tabla 7.

N° Usuarios	Enlace (kbps)
Hasta 10	128
11 a 20	256
21 a 105	$n \cdot P_{AP} \cdot (0.062 \cdot \ln(n) - 0.0576)$
Más de 106	2048

Este trabajo presenta los antecedentes teóricos necesarios para desarrollar la línea de investigación el área del dimensionamiento y modelado de enlaces de telecomunicaciones.

El objetivo de próximos desarrollos consistirá en contrastar el modelo desarrollado con simulaciones y otras mediciones futuras en redes de diferentes características.

#### Anexo A

Los protocolos monitoreados y considerados para este modelo se detallan en el presente anexo, lo que debe ser considerado a la hora de hacer proyecciones con el modelo desarrollado y propuesto. Los protocolos monitoreados se detallan en la tabla A.1.

Tabla A.1.

netbios-ssn	socks
ftp-data	X11
http	lotusnote
tcp	oresrv
telnet	ingreslock
ftp	udp
listener	nntp
	netbios-dgm

### Bibliografía

Bloomers, J., “preactical Planning for Network Growth”. Hewlett-Packard Professional Books. Prentice Hall, Inc. 1996.

*Allen, A. O., Probability, Statistics and Queuing Theory with Computer Science Applications. Boston Academic Press Inc. 1990.*

*Held, G., Local Area Network Performance Issues and Answers. CRC Press Inc. 1994.*

Walpole, R., Myers, R., *Probabilidad y Estadística*. 3ª Edición. Mc-Graw-Hill, México. 1996.

### Biografías

Omar Contreras Gallardo, es egresado de Ingeniería Matemática, de la Universidad de Concepción. Actualmente desarrolla su Tesis sobre “Estimación del Crecimiento en Redes de Datos de Área Extendida” y se desempeña como Jefe de Área de Ingeniería y Seguridad de Redes en ENTEL S.A. e-mail: ocontreras@entel.cl.

Nicolás Contreras Crenovich es egresado de Ingeniería Civil Electricista, de la Universidad de Santiago de Chile. Actualmente desarrolla su Tesis sobre “Modelado de Redes por medio de Herramienta Computacional” y se desempeña como Ingeniero de Soporte en ENTEL S.A. e-mail: m\_ncontreras@entel.cl

## **ANEXO C**

### **FILTRO EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES**

## Anexo C



Máster Oficial en Sistemas Electrónicos  
Avanzados. Sistemas Inteligentes.

# **Dispositivos y sistemas de comunicación inalámbrica**

**Uso de MATLAB en comunicaciones.**

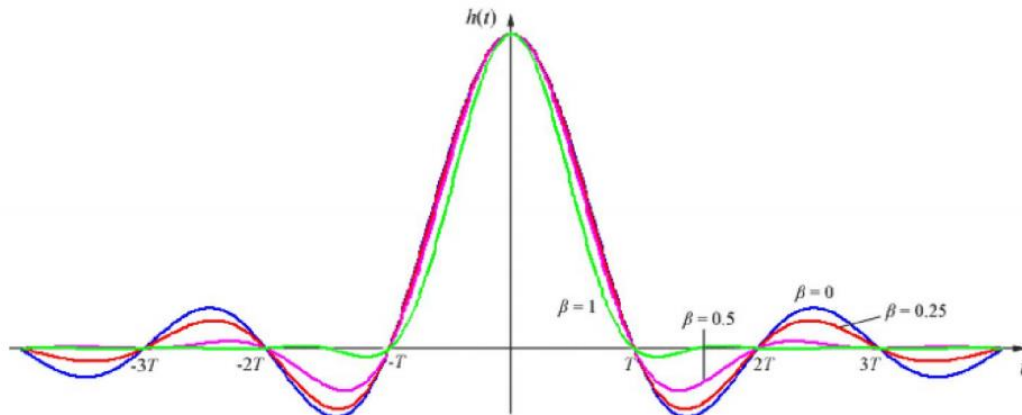
**Dr. José Manuel Rodríguez Ascariz**

**Filtros en sistemas de comunicación**

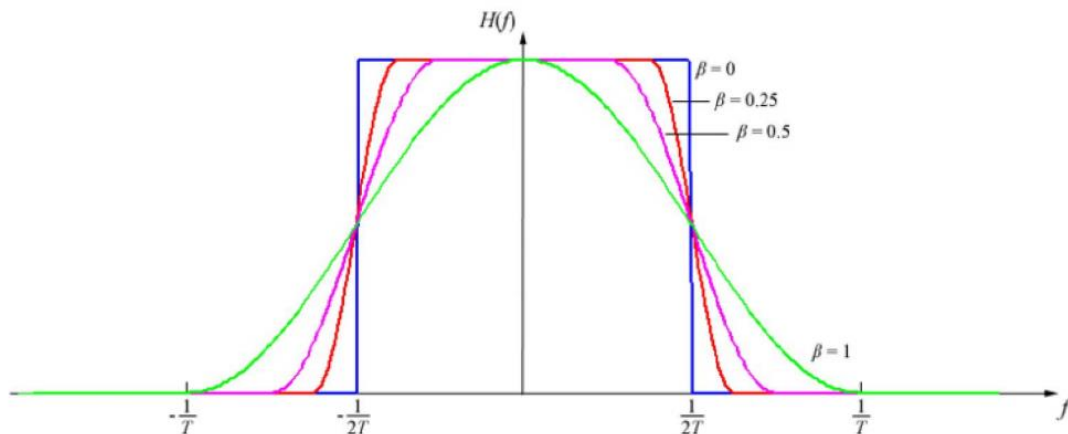
En comunicaciones los filtros juegan un papel fundamental. Existen diversos tipos de filtros cuyas características son más o menos adecuadas para cada tipo de aplicación o función dentro de un sistema electrónico o de telecomunicaciones.

En los modernos sistemas de comunicación, dos de los filtros más comúnmente utilizados son los filtros en coseno alzado y el filtro Gaussiano.

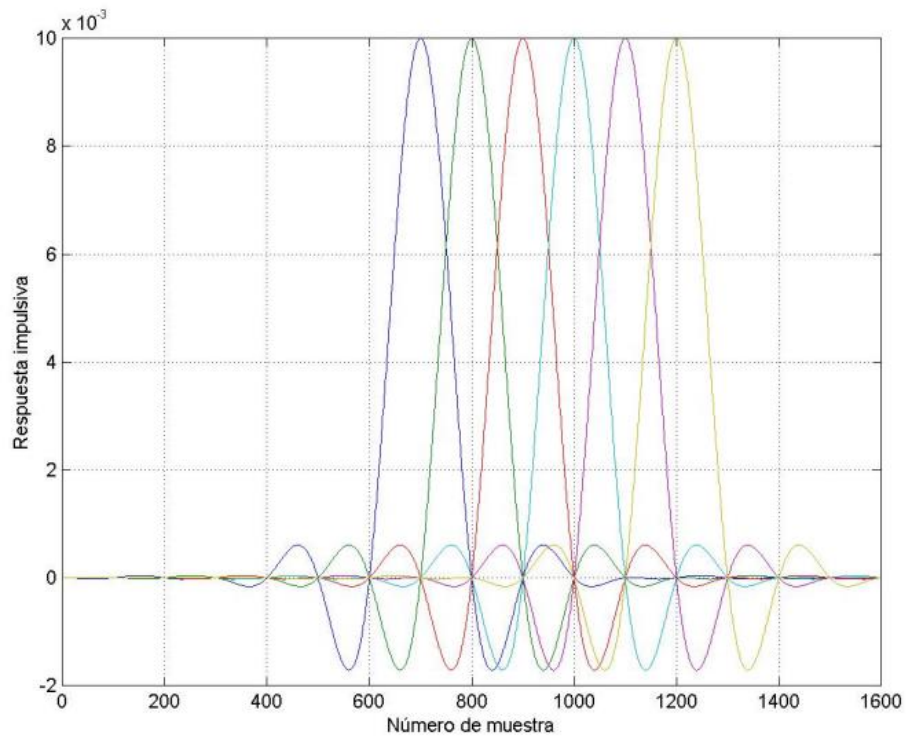
El filtro en coseno alzado se caracteriza por no introducir ninguna interferencia entre símbolos. Se utiliza para conformar señales digitales y reducir así su enorme ancho de banda. Las siguientes figuras muestran la respuesta impulsiva y espectral. Se puede ver como el lóbulo principal de la respuesta impulsiva tiene una duración de  $2 \cdot T$  segundos, en el que  $T$  es el periodo del símbolo que se desea transmitir (o, en general, filtrar). El factor  $\beta$  se conoce como Roll-Off y permite variar el ancho de banda de paso del filtro (un valor común en la práctica se sitúa en torno a 0.3). La duración temporal ( $L$ ) de la respuesta impulsiva comprende varios  $T$  (a mayor número de  $T$ , mayor precisión espectral). Observar que el filtro introduce un retardo de  $L/2$  segundos.



$$h(t) = \text{sinc}\left(\frac{t}{T}\right) \frac{\cos\left(\frac{\pi\beta t}{T}\right)}{1 - \frac{4\beta^2 t^2}{T^2}} \quad H(f) = \begin{cases} T, & |f| \leq \frac{1-\beta}{2T} \\ \frac{T}{2} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi T}{\beta} \left[|f| - \frac{1-\beta}{2T}\right]\right)\right], & \frac{1-\beta}{2T} < |f| \leq \frac{1+\beta}{2T} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$



La siguiente figura muestra como el filtro en coseno alzado evita interferencia entre símbolos. Se ven 6 símbolos superpuestos y queda claro que cuando un símbolo es máximo (instante en el que debe ser muestreado por el receptor) todos los demás son nulos. En la figura esto ocurre en las muestras 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200. Como se ve, el lóbulo principal de la respuesta dura 200 muestras, lo que significa que el periodo del símbolo es de 100 muestras.



En los siguientes modelos construidos en MATLAB-SIMULINK se utilizarán los siguientes parámetros: Periodo de símbolo,  $T_s = 1E-3$  s = 1 sample. Numero de muestras por símbolo,  $N = 32$  samples (parámetro del filtro en coseno alzado). Retardo del filtro en coseno alzado,  $G_{delay} = 8 T_s$  (parámetro del filtro en coseno alzado). Longitud del filtro,  $2*N*G_{delay} = 256$  samples. Sobre muestreo de salida del filtro, 32 (es el valor de  $N$ ). Las dos siguientes figuras muestran la respuesta en frecuencia (roll-off = 0.3) y temporal del filtro con las características indicadas.



