



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE UN HUB SECUNDARIO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA  
RED SATELITAL VSAT HUGHES HX EN BANDA KU PERTENECIENTE AL COMACO  
CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS (COMACO)

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingenieras en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

Ing. Diego Fabián Paredes Páliz

Autoras

Jeniffer Estefanía Chuquín Chávez

Andrea Paola Guerra Merino

Año

2015

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con las estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Diego Fabián Paredes Páliz  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones  
C.I. 0603014143

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LAS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Jeniffer Estefanía Chuquín Chávez  
C.I. 1003562830

---

Andrea Paola Guerra Merino  
C.I: 0603042797

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios de quien proviene toda bendición material y espiritual, sin la cual no hubiese sido posible la realización de ningún proyecto. A mis padres por brindarme la oportunidad y confianza para asumir el reto de continuar mi formación académica, a mi familia y a todos quienes me han apoyado, un sentido Dios les pague.

Jeniffer Chuquín

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y el esfuerzo que conllevó su realización a Dios Todopoderoso y a mi familia en retribución a su incondicional apoyo, de manera especial a Camilita quien tuvo que soportar mi ausencia, sin poder entender a su corta edad por qué mamá pasaba tanto tiempo lejos, ahora puedo decirle que todo sacrificio valió la pena.

Jeniffer Chuquín

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme guiado en cada momento de mi vida y por todas sus bendiciones, mi profundo y eterno agradecimiento a una mujer que ha sido mi ejemplo, un ejemplo de fuerza, de entrega, de sabiduría, y sobre todo de amor, a mi mami Carmita, a mi papi que a pesar de que por voluntad de Dios no pudo estar junto a mí físicamente, he sentido su presencia en cada segundo de mi vida, y sé que desde donde está me bendice y guía siempre, a mis hermanas María Salomé y Gaby que han sido mi apoyo, y mis fieles amigas, a mi hija Melissa por ser mi fortaleza y mi aliento para luchar cada día.

Andrea Guerra

**DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo y mis años de estudio a mi mami por apoyarme incondicionalmente, porque cada triunfo mío también es suyo, y a mi hija Melissa por ser mi razón de ser, mi fuerza y mi voluntad.

Andrea Guerra

## RESUMEN

El presente trabajo es una investigación realizada debido a la necesidad del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas de aumentar el número de usuarios finales en su red satelital, ya que hay brigadas militares en sectores estratégicos del país que no poseen conectividad de servicios de voz y datos; es por esta razón que se planteó como solución el diseño de un HUB secundario que permita incrementar 28 estaciones adicionales.

Es así que se recopiló la información técnica y teórica que posibilite el entendimiento del estado de operación actual de la red para proponer y desarrollar el objetivo planteado.

Se recolectaron datos reales del tráfico cursado por la red, para determinar el estado actual de la misma, conjuntamente con el análisis de los requerimientos de los nuevos usuarios para obtener el dimensionamiento del ancho de banda satelital, evitando un mal dimensionamiento que conlleve a una sub-utilización del segmento espacial.

Una vez realizado el análisis del tráfico de la red, se procedió al análisis de los equipos para conocer su estado, optimizar su uso y aprovechar los recursos existentes, lo que determina que en su gran mayoría los equipos con los que actualmente cuenta el HUB, sí tienen la capacidad necesaria para soportar la incorporación de los nuevos terminales remotos.

Para concluir, se presenta el diseño final del HUB que permite incrementar la capacidad de acceso en términos de números de terminales adicionales adapten a las condiciones de operación actuales.

Además se establecen los recursos necesarios en términos de trabajo humano y tiempo en una planificación tentativa a seguir para la instalación y puesta en marcha del diseño propuesto, lo que permite emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes a toda la investigación realizada.



## ABSTRACT

The present work is an investigation due to the need of the “Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas” to increasing the number of end users in its satellite network, as there are military brigades in strategic sectors of the country that do not have connectivity for voice and data. To overcome this issue, a solution was proposed to design a secondary HUB so as to increase the 28 additional stations.

Technical and theoretical information was collected to obtain a deep understanding of the current operating status of the network to propose and develop the main objective.

Real data traffic carried by the network was collected to determine the current state of it, together with the analysis of the requirements of new users for the dimensioning of satellite bandwidth, avoiding a poor sizing which involves an inefficient use of the space segment.

Once the analysis of network traffic is done, we proceeded to the analysis of the equip to know their status, optimize their use and leverage existing resources, which determines which mostly computers currently available to the HUB, to have the capacity to support the incorporation of new remote terminals.

As a final point HUB design that allows to increase the accessibility in terms of numbers of additional terminals so as to adapt to the current operating conditions is presented.

Besides the necessary resources in terms of human labor and time in an attempt to continue planning for the installation and commissioning of the proposed design, which allows to make findings and recommendations to all research.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	6
1.1 Descripción de un sistema satelital .....	6
1.1.1 Segmento espacial .....	6
1.1.2 Segmento terrestre .....	11
1.2 Órbitas satelitales.....	22
1.2.1 GEO ( <i>Geostationary Earth Orbit</i> ).....	22
1.2.2 LEO ( <i>Low Earth Orbit</i> ) .....	22
1.2.3 MEO ( <i>Medium Earth Orbit</i> ) .....	23
1.2.4 HEO ( <i>Highly Elliptical Orbit</i> ).....	23
1.2.5 Órbita polar .....	23
1.3 Bandas de frecuencia.....	24
1.3.1 Banda C.....	26
1.3.2 Banda Ku.....	26
1.4 Corrección de errores.....	27
1.5 Métodos de acceso al medio.....	28
1.5.1 FDMA ( <i>Frequency Division Multiple Access</i> ).....	29
1.5.2 TDMA ( <i>Time Division Multiple Access</i> ).....	29
1.5.3 CDMA ( <i>Code Division Multiple Access</i> ).....	30
1.6 Modulación digital .....	31
1.6.1 BPSK ( <i>Binary Phase Shift Keying</i> ) .....	32
1.6.2 QPSK ( <i>Quadrature Phase Shift Keying</i> ).....	33

1.6.3 QAM ( <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> ).....	34
1.7 Descripción del sistema <i>Hughes</i> .....	34
1.7.1 <i>Outroute</i> .....	36
1.7.2 Eficiencia <i>inroute</i> .....	37
1.7.3 Acceso <i>inroute</i> multifrecuencia .....	37
1.7.4 Manejo avanzado de ancho de banda.....	38
1.7.5 Seguridad de red .....	39
1.7.6 <i>Full-Featured IP Router</i> .....	39
1.7.7 VoIP.....	43
1.7.8 Comisionamiento automático.....	43
1.7.9 Modularidad .....	44
1.7.10 Aplicaciones.....	44
1.8 Herramienta de monitoreo PRTG.....	44
1.8.1 Monitor SNMP .....	45
1.8.2 <i>Packet sniffing</i> .....	46
1.8.3 Monitoreo <i>NetFlow</i> .....	46
1.9 Herramientas de valor .....	46
<b>2. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED SATELITAL VSAT BANDA KU .....</b>	<b>47</b>
2.1 Estado actual de la red.....	47
2.1.1 Planes de servicio de las 52 estaciones remotas .....	49
2.1.2 Ancho de banda actual disponible .....	50
2.1.3 Tráfico cursado por la red.....	51
2.1.4 Pruebas de navegación desde las estaciones remotas.....	52

2.2	Análisis del tráfico de control y administración .....	53
2.3	Análisis de los requerimientos de los nuevos usuarios finales.....	53
2.4	Análisis del nuevo tráfico de subida y bajada satelital .....	54
2.5	Definición de variables .....	55
2.5.1	Simultaneidad <sup>1</sup> .....	55
2.5.2	Radio <i>Outroute</i> <sup>2</sup> .....	55
2.5.3	Radio <i>Inroute</i> <sup>3</sup> .....	55
2.5.4	Num. Sitios <sup>4</sup> .....	55
2.5.5	<i>Outroute</i> (Kbps) <sup>5</sup> .....	56
2.5.6	<i>Inroute</i> (Kbps) <sup>6</sup> .....	56
2.5.7	Sitios Totales <sup>7</sup> .....	56
2.5.8	Tráfico de Usuario final Total <sup>8</sup> .....	56
2.5.9	Compresión Estándar del <i>Outroute</i> e <i>Inroute</i> <sup>9</sup> .....	56
2.5.10	Capacidad del <i>Outroute</i> e <i>Inroute</i> luego de la compresión (Kbps) <sup>10</sup> .....	57
2.5.11	Tráfico <i>Outroute</i> de sincronismo y Supervisión/ tráfico <i>Inroute</i> ALOHA [Kbps] <sup>11</sup> .....	57
2.5.12	Eficiencia de <i>Outroute</i> e <i>Inroute</i> <sup>12</sup> .....	57
2.5.13	Capacidad del <i>Outroute</i> e <i>Inroute</i> luego de la eficiencia [Kbps] <sup>13</sup> .....	58
2.5.14	Tráfico VoIP <sup>14</sup> .....	58
2.5.15	Ancho de banda total de <i>Outroute</i> e <i>Inroute</i> -Datos y Voz [Kbps] <sup>15</sup> .....	58
2.6	Análisis y descripción de los equipos del HUB .....	60
2.6.1	Servidores de administración.....	61

2.6.2 Servidores de interface .....	64
2.7 Gestor de administración .....	66
2.7.1 Configuración de los componentes del HUB y estaciones remotas .....	67
2.7.2 Gestión de seguridad.....	68
3. DISEÑO DEL HUB SECUNDARIO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA RED SATELITAL VSAT BANDA KU .....	70
3.1 <i>Link budget</i> .....	70
3.1.1 Calculo del <i>link budget</i> .....	74
3.2 Análisis del tráfico teórico obtenido y el proporcionado por <i>Hughes</i> .....	80
3.2.1 Tráfico presupuestado por <i>Hughes</i> .....	80
3.2.2 Tabulación de resultados comparativos .....	81
3.2.3 Diseño final del HUB secundario .....	82
4. PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL HUB SATELITAL VSAT BANDA KU .....	87
4.1 Recurso humano.....	87
4.2 Tiempo de ejecución .....	88
4.3 Calendario de ejecución.....	88
4.4 Consideración de riesgos en la ejecución y corrección de los mismos .....	89
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	90
5.1 Conclusiones.....	90

5.2 Recomendaciones .....	92
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Organigrama de la institución.....	1
<i>Figura 2.</i> <i>Transponder</i> de traslación de frecuencia .....	8
<i>Figura 3.</i> <i>Transponder</i> de procesamiento a bordo .....	9
<i>Figura 4.</i> Satélite AMC-4 .....	10
<i>Figura 5.</i> Huella AMC-4 Sudamérica .....	11
<i>Figura 6.</i> Diagrama de Bloques del HUB .....	12
<i>Figura 7.</i> Componentes de una Estación Remota.....	14
<i>Figura 8.</i> Antena.....	15
<i>Figura 9.</i> ODU ( <i>Outdoor Unit</i> ).....	16
<i>Figura 10.</i> HX200 vista frontal y posterior .....	18
<i>Figura 11.</i> HX50 vista frontal y posterior .....	19
<i>Figura 12.</i> Configuración <i>Múltiple-Host</i> .....	20
<i>Figura 13.</i> Diagrama interno ODU-IDU .....	21
<i>Figura 14.</i> Órbitas satelitales.....	24
<i>Figura 15.</i> Bandas de frecuencia comunes para redes VSAT .....	25
<i>Figura 16.</i> Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) .....	29
<i>Figura 17.</i> Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).....	30
<i>Figura 18.</i> Acceso múltiple por división de código (CDMA).....	31
<i>Figura 19.</i> Diagrama de constelación. Modulación BPSK .....	33
<i>Figura 20.</i> Diagrama de constelación. Modulación QPSK.....	33
<i>Figura 21.</i> Diagrama de constelación. Modulación QPSK.....	34
<i>Figura 22.</i> Características incorporadas en el sistema HX.....	35
<i>Figura 23.</i> Acceso <i>Inroute</i> Multifrecuencia .....	38
<i>Figura 24.</i> Estado de operación de las estaciones del COMACO .....	48
<i>Figura 25.</i> Ubicación NOC y estaciones terrenas de la red del COMACO .....	49
<i>Figura 26.</i> Tráfico cursado por la red en un mes.....	52
<i>Figura 27.</i> Prueba de navegación. Estación remota X .....	52
<i>Figura 28.</i> Equipos actuales del HUB del COMACO .....	60
<i>Figura 29.</i> Relación de equipos en el HUB .....	61
<i>Figura 30.</i> Archivos del <i>File server</i> .....	63

<i>Figura 31.</i> Uso del CPU del DNCC-MGW .....	64
<i>Figura 32.</i> Ángulo de Elevación.....	71
<i>Figura 33.</i> Ángulo de <i>Azimut</i> .....	73
<i>Figura 34.</i> Condiciones para cálculo de <i>Azimut</i> .....	73
<i>Figura 35.</i> Diseño final del HUB .....	85
<i>Figura 36.</i> Cuadro de planificación de ejecución.....	89



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del satélite AMC-4 .....	10
Tabla 2. Características Antena VSAT .....	15
Tabla 3. Especificaciones técnicas IDU HX200.....	17
Tabla 4. Especificaciones técnicas IDU HX50.....	19
Tabla 5. Frecuencias de operación Banda C .....	26
Tabla 6. Frecuencias de operación Banda Ku.....	27
Tabla 7. RFCs soportados por el Sistema HX de <i>Hughes</i> .....	40
Tabla 8. Planes de servicio de las 52 estaciones remotas .....	50
Tabla 9. Plan de frecuencias configurado en la red del COMACO.....	50
Tabla 10. Planes de servicios totales .....	54
Tabla 11. Resultados del cálculo de dimensionamiento del tráfico de subida y bajada satelital .....	59
Tabla 12. Coordenadas de sitios para <i>Link Budget</i> .....	75
Tabla 13. Resultados de Ancho de Banda presupuestado por HUGHES .....	80
Tabla 14. Datos comparativos de ancho de banda proyectado.....	81
Tabla 15. Equipos del HUB principal vs. equipos HUB secundario.....	84

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen únicamente dos Centros de Operación de Red (NOC: *Network Operation Center*) para comunicaciones satelitales, una perteneciente a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) y la otra perteneciente al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (COMACO).

Al momento la red VSAT HX *HUGHES* banda Ku del COMACO, cuyo NOC está ubicado en el sector de la Recoleta en Quito, cuenta con 52 terminales, los mismos que brindan el servicio de telefonía y datos a usuarios finales ubicados en lugares poco accesibles a nivel nacional.

Existe en la actualidad la necesidad de incorporar 28 nuevos terminales a la red satelital para satisfacer la demanda del personal militar, por lo que es necesario realizar el diseño de un HUB secundario de manera que se interconecte con el que opera al momento a fin de incrementar la cobertura en zonas militares que requieran el servicio.

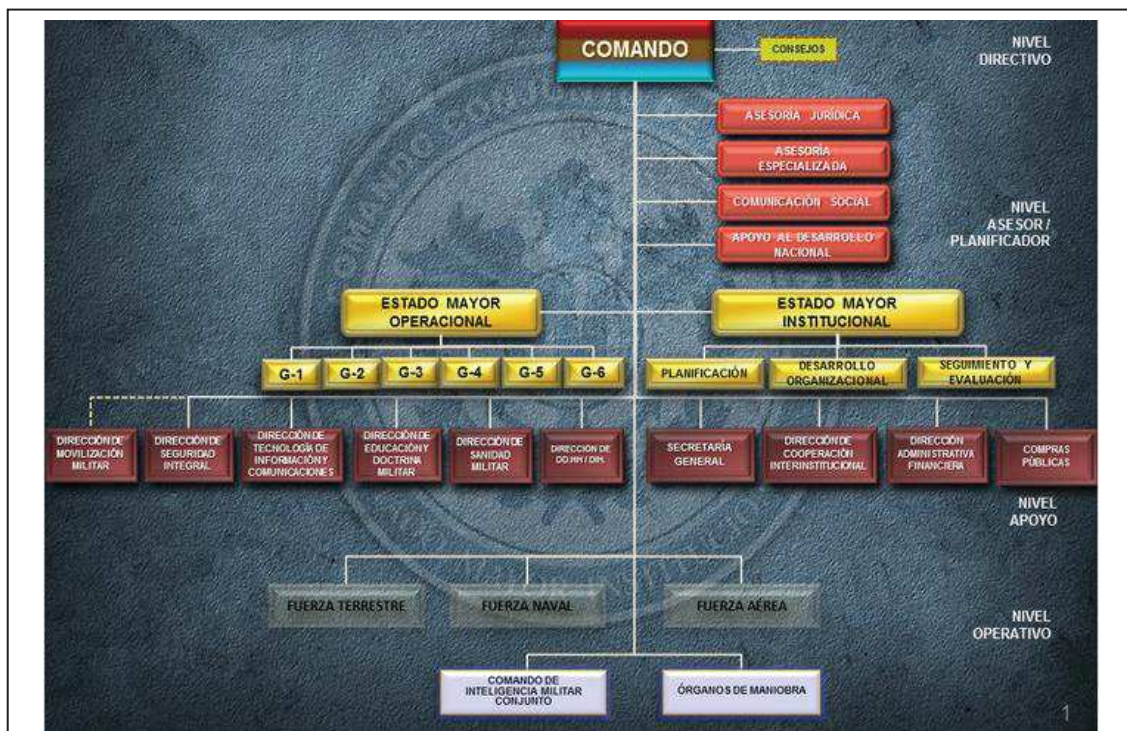


Figura 1. Organigrama de la institución.

Tomado de Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (COMACO) (2014)

## **Información sobre el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas**

“El Comando Conjunto desarrolla su planificación sobre la base de la directiva de defensa militar emitida por el Ministerio de Defensa Nacional, la que prevé el empleo conjunto de los medios destinados a la defensa militar de la nación.

Entre sus principales atribuciones y deberes están asesorar al Presidente de la República y al Ministro de Defensa Nacional sobre las políticas militar y de guerra, así como en el estudio y solución de problemas relacionados con la seguridad del estado; planificar el empleo de las Fuerzas Armadas para la conservación de la soberanía nacional, la defensa de la integridad e independencia del estado así como en la colaboración para el desarrollo social y económico del país, sin menoscabo del ejercicio de sus funciones específicas; emitir informes y dictámenes sobre el planeamiento estratégico militar de las FF.AA. en relación exclusiva a sectores estratégicos y zonas de seguridad, mismas que facilitan el cumplimiento de los objetivos superiores de la seguridad integral del estado, permitiendo tomar acciones precautelarias en beneficio de los objetivos estratégicos, los recursos naturales existentes y la infraestructura nacional de importancia estratégica en lo económico, social y militar.

Como organismo superior de las Fuerzas Armadas participa directamente en la preparación y conducción estratégica de las operaciones militares, para lo cual mantiene las capacidades operativas conjuntas de prevención, defensa, respuesta y de participación en operaciones de paz, ayuda humanitaria y gestión de crisis.

En la actualidad la sociedad ecuatoriana demanda de un modelo de Fuerzas Armadas acorde a la realidad nacional, el desarrollo social, la situación internacional, el avance de la ciencia y tecnología, las nuevas

amenazas, los factores de riesgo y los escenarios prospectivos; en este sentido las Fuerzas Armadas se proyectan como una fuerza profesional, operativa, flexible, disciplinada, jerarquizada, con capacidad conjunta para la defensa de los intereses nacionales” (COMACO, 2014).

### **Marco Referencial**

Los satélites de comunicaciones ofrecen un canal de comunicación adecuado cubriendo zonas geográficas poco desarrolladas y aquellas urbanas, ya que pueden utilizarse como un repetidor en el espacio (*transponder*), este recibe las señales de microondas a una cierta frecuencia denominada *uplink*, y la retransmite en otra frecuencia diferente denominada *downlink*. La red satelital HX de *HUGHES* incorpora funcionalidades combinadas de un modem satelital y un *router* IP con características de operación suficientes que permiten optimizar el rendimiento, seguridad y operación del sistema satelital. El sistema HX optimiza el rendimiento del enlace satelital, con un ajuste dinámico de códigos de corrección de errores y modulaciones basados en *Signal Quality Feedback* (SQF) desde las terminales remotas HX, brindando una mayor disponibilidad y mayor *throughput* para un tamaño de antena determinado.

### **Alcance**

El documento plantea el diseño y planificación de un HUB secundario para la ampliación de la red Satelital Vsat *Hughes* HX en banda Ku perteneciente al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (COMACO) para lo cual abordará los fundamentos teóricos que dan lugar a la operación de sistemas satelitales para el acceso remoto de terminales finales de voz y datos, se plantea realizar pruebas de tráfico a través del uso de un medidor de velocidad virtual en los lugares remotos poco accesibles y simultáneamente en la estación terrena para analizar la velocidad de transferencia de datos de los enlaces. Por otra parte se obtendrá datos reales del tráfico cursado por la red con la ayuda de herramientas de monitoreo y de esta forma determinar el estado actual de operación de la misma.

En el diseño de HUB secundario para la ampliación de la red satelital perteneciente al COMACO, se analiza el incremento de 28 terminales de acceso remoto que deben operar de forma simultánea con la plataforma satelital ya instalada y en operación.

Una vez validado los datos del tráfico proyectado a ser generado por los nuevos terminales, se diseña el HUB secundario para la ampliación de la red Satelital Vsat HUGHES HX en banda Ku. El trabajo de titulación incluye el dimensionamiento y cálculo del ancho de banda necesario para la incorporación de los 28 nuevos terminales.

Finalmente se presentan los resultados del diseño propuesto para la instalación y operación del HUB secundario de manera que sirva como un punto de referencia para la institución en el ámbito técnico que enviste el proyecto.

## **Justificación**

La cantidad actual de usuarios en la red satelital Vsat banda Ku del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas no es suficiente comparada con la demanda de todo el personal militar ubicado en lugares remotos poco accesibles, es por tal razón, que es necesario realizar un diseño y planificación de un HUB secundario que permita ampliar la red satelital con el fin de aumentar más terminales y así cubrir todas las necesidades del personal militar.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un HUB secundario para la ampliación de la red Satelital VSAT HUGHES HX en banda Ku perteneciente al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (COMACO), de manera que permita incorporar nuevos terminales y así cubrir la población militar ubicada en zonas poco accesibles del País.

## Específicos

- Recopilar la información técnica y teórica que posibilite el entendimiento claro de todos los factores y términos que intervienen en un sistema de comunicación satelital.
- Recolectar datos reales del tráfico cursado por la red, realizando pruebas en lugares remotos y simultáneamente en la estación terrena para analizar la velocidad de transferencia de datos de los enlaces con la ayuda de herramientas de monitoreo y así poder determinar el estado actual de la misma, además analizar los requerimientos de los nuevos usuarios finales para el dimensionamiento del ancho de banda Satelital tanto de *uplink* como *downlink*.
- Proponer el diseño del HUB secundario que permita incrementar la capacidad de acceso en términos de números de terminales adicionales que se adapten a las condiciones de operación actuales del sistema satelital.
- Presentar una planificación tentativa a seguir para la instalación y puesta en marcha del HUB secundario con el diseño propuesto para la ampliación de la red.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes al presente proyecto de titulación.

## CAPÍTULO I

### 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se presenta la información concerniente sobre los elementos básicos e indispensables de los segmentos que abarca un sistema de comunicaciones satelitales así como son el segmento terreno y el segmento satelital conjuntamente con todos los elementos y subsistemas que lo componen. Adicionalmente se describe el funcionamiento, condiciones técnicas y de operación del sistema VSAT de *Hughes* que es con que sistema que trabaja la red del COMACO.

#### 1.1 Descripción de un sistema satelital

Un sistema de comunicación satelital es una manera eficiente de enlazar múltiples sitios de comunicaciones a través de un satélite en órbita, dicho sistema se descompone en dos áreas o segmentos: segmento espacial y segmento terreno.

##### 1.1.1 Segmento espacial

Podemos llamar segmento espacial a la parte del sistema de comunicaciones satelitales conformado por el satélite (o satélites) en órbita, y la estación de tierra que proporciona el control operacional del satélite en órbita.

El satélite se divide en dos partes esenciales: la plataforma y carga útil.

##### **Plataforma**

La plataforma se compone de varios bloques o subsistemas a bordo, que soportan el funcionamiento remoto del mismo. Estos son: Estructura, Control Térmico, Estabilización, Telemetría, Comando y Control (TT&C), Potencia, Procesamiento de Datos y Propulsión.

- La estructura se refiere al soporte que brinda protección a todos los componentes del satélite durante su lanzamiento y su permanencia en órbita; otra forma de protección es el bloque de control térmico que consta de las cubiertas que controlan el calor manteniendo una temperatura adecuada para los elementos activos del satélite.
- El subsistema de estabilización es utilizado para que el satélite se mantenga en una posición determinada y no se desvíe de su trayectoria, paralelamente se envían comandos desde tierra para que el satélite corrija su posición y pueda ser constantemente rastreado por medio del bloque de comando y telemetría (TT&C).
- El bloque de potencia es el encargado de generar la energía necesaria para la operación del satélite a través de paneles solares que recolectan energía solar en las baterías de almacenamiento.
- El subsistema de procesamiento de datos es el que controla y ejecuta las instrucciones internas y externas para la correcta operación del satélite en conjunto (plataforma y carga útil).
- Finalmente se encuentra el subsistema de propulsión que se encarga del lanzamiento del satélite y su puesta en órbita; que también ayuda al control de actitud del satélite, disparando controladamente cohetes pequeños cuando por efectos gravitacionales del sol y la luna, vientos solares o fuerzas magnéticas han producido su salida de órbita.

### **Carga útil**

Es la parte específica del satélite que presta el servicio a los usuarios en tierra. Los satélites artificiales de comunicaciones son un medio muy apto para emitir señales de radio en zonas amplias o poco desarrolladas y alejadas, ya que pueden utilizarse como un repetidor de radio en el cielo (*transponder*).



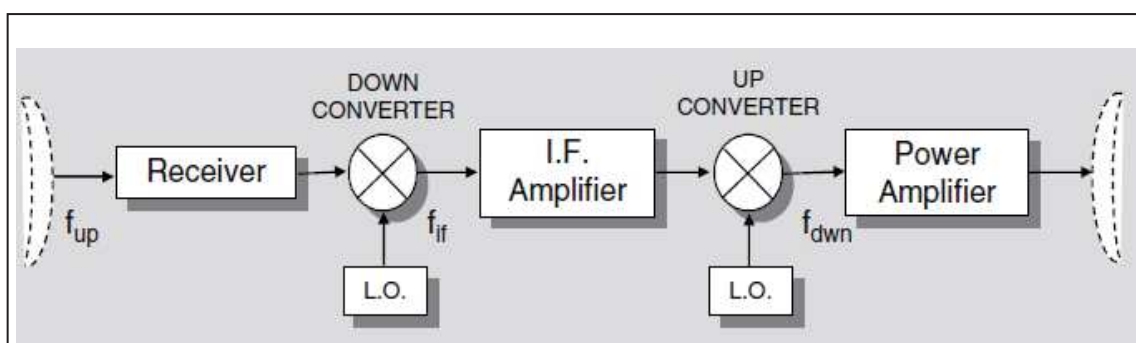
El *transponder* es la carga útil del satélite, tiene como función balancear las potencias de transmisión y recepción de las señales de microondas, es decir, si la frecuencia de *uplink* tiene un exceso de potencia, el *transponder* incrementará la correspondiente frecuencia de *downlink*.

Existen dos tipos generales de configuraciones en los cuales puede ser implementado el *transponder*, estos son: traslación de frecuencia y procesamiento a bordo.

### **Transponder de traslación de frecuencia**

Este es el primer tipo de configuración del *transponder* que ha sido dominante desde el inicio de las comunicaciones por satélite. El *transponder* de traslación de frecuencia, también referido como un repetidor no regenerativo, recibe la señal de enlace ascendente y, después de la amplificación, retransmite con sólo una traslación en frecuencia portadora.

La Figura 2. muestra la implementación típica de un *transponder* de traslación de frecuencia de conversión dual, donde el enlace ascendente de radiofrecuencia ( $f_{up}$ ), se convierte en una frecuencia más baja intermedia ( $f_{if}$ ) amplifica, y luego se convierte de nuevo hasta la frecuencia RF de enlace descendente ( $f_{dwn}$ ), para su transmisión a tierra.



*Figura 2. Transponder de traslación de frecuencia*

Tomado de Ippolito, 2008, p.47

Los enlaces ascendentes y descendentes son codependientes, lo que significa que cualquier degradación introducida en el enlace ascendente será transferida al enlace descendente, afectando el enlace de comunicaciones totales. Esto tiene un impacto significativo en el rendimiento del enlace de extremo a extremo.

Transponder de procesamiento a bordo

La Figura 3 muestra el segundo tipo de transponder de satélite, el transponder de procesamiento a bordo, también llamado un transpondedor demod / remod repetidor regenerativo o satélite inteligente, la señal de enlace ascendente en ( $f_{up}$ ), se demodula a banda base ( $f_{baseband}$ ). La señal de banda disponible para el procesamiento a bordo incluye cambio de formato y de corrección de errores.

El proceso de demodulación elimina el ruido de enlace ascendente y la interferencia de enlace descendente, mientras que permite adicionar a bordo el procesamiento para llevarse a cabo. Así, los enlaces ascendentes y descendentes son independientes con respecto a la evaluación del rendimiento global del enlace, a diferencia del transponder de traslación de frecuencia donde las degradaciones de enlace ascendente son codependientes, como se explicó anteriormente.

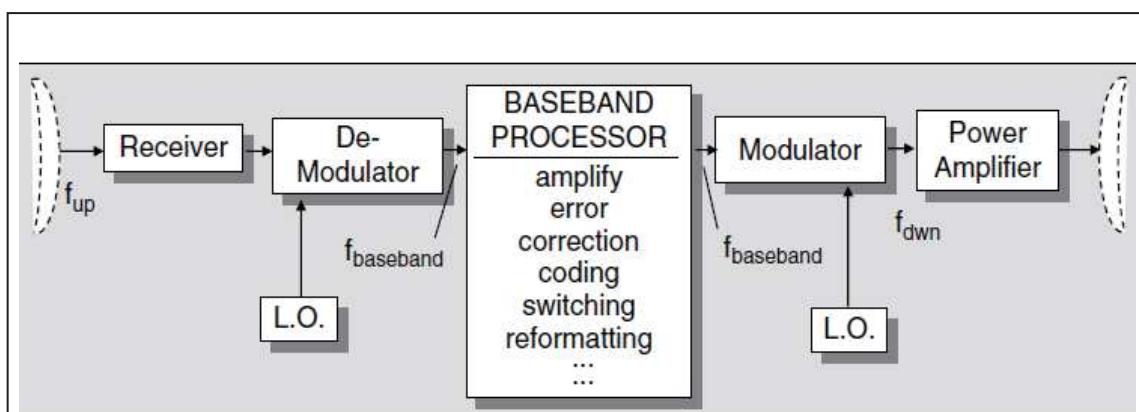


Figura 3. Transponder de procesamiento a bordo

Tomado de Ippolito, 2008, p. 48

## Satélite AMC-4

El satélite que provee el servicio de comunicaciones al COMACO es el AMC-4 perteneciente a la compañía internacional SES que se muestra en la figura 4.



Figura 4. Satélite AMC-4

Tomado de Ses, s.f.

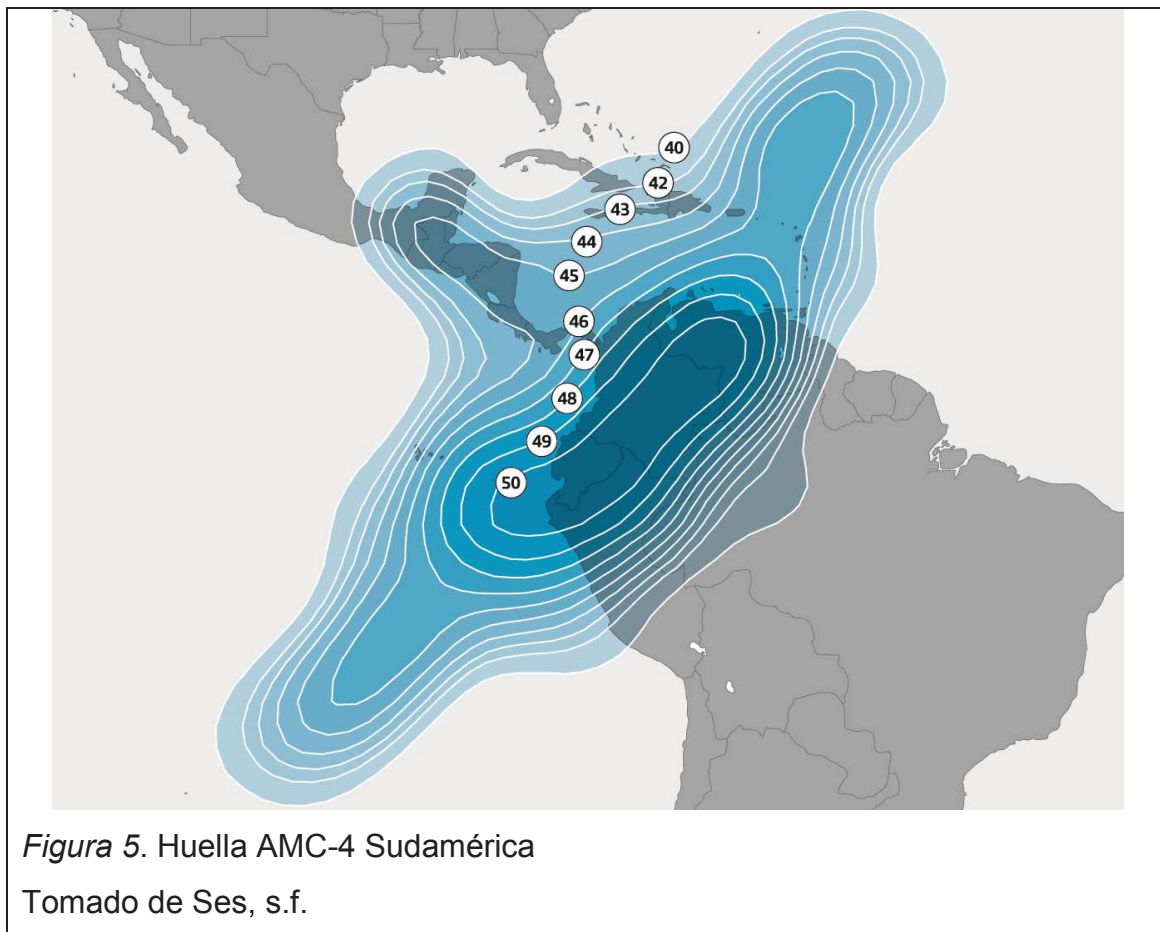
El AMC-4 es un satélite de banda Ku que ofrece capacidad de expansión para atender el crecimiento de América Latina en DTH (*Direct to Home*) y servicios de banda ancha, así como para apoyar los programas de gobierno de inclusión digital. El satélite está situado para servir a una variedad de aplicaciones, tales como las telecomunicaciones rurales, redes VSAT, *e-learning*, *backhaul* GSM y marítimo, televisión de pago y banda ancha móvil.

Cuenta con las siguientes características.

Tabla 1. Características del satélite AMC-4

Ubicación en órbita	67° Oeste
Cobertura	Norteamérica, Latinoamérica y Caribe
Fecha de lanzamiento	13 de noviembre 1999
Polarización	Banda Ku: Lineal
<i>Transponders</i>	Banda Ku: 12

En la figura 5 podemos observar que el Ecuador se encuentra en el centro del patrón de radiación de la antena del AMC-4 para Sudamérica.



### 1.1.2 Segmento terrestre

El segmento terrestre está conformado por las estaciones ubicadas en tierra y todos los elementos destinados a la recepción y transmisión de señales tales como: HUB, terminales fijos, terminales transportables y terminales móviles. La red del COMACO cuenta únicamente con terminales fijos (VSATs).

#### Estación terrena (HUB o NOC)

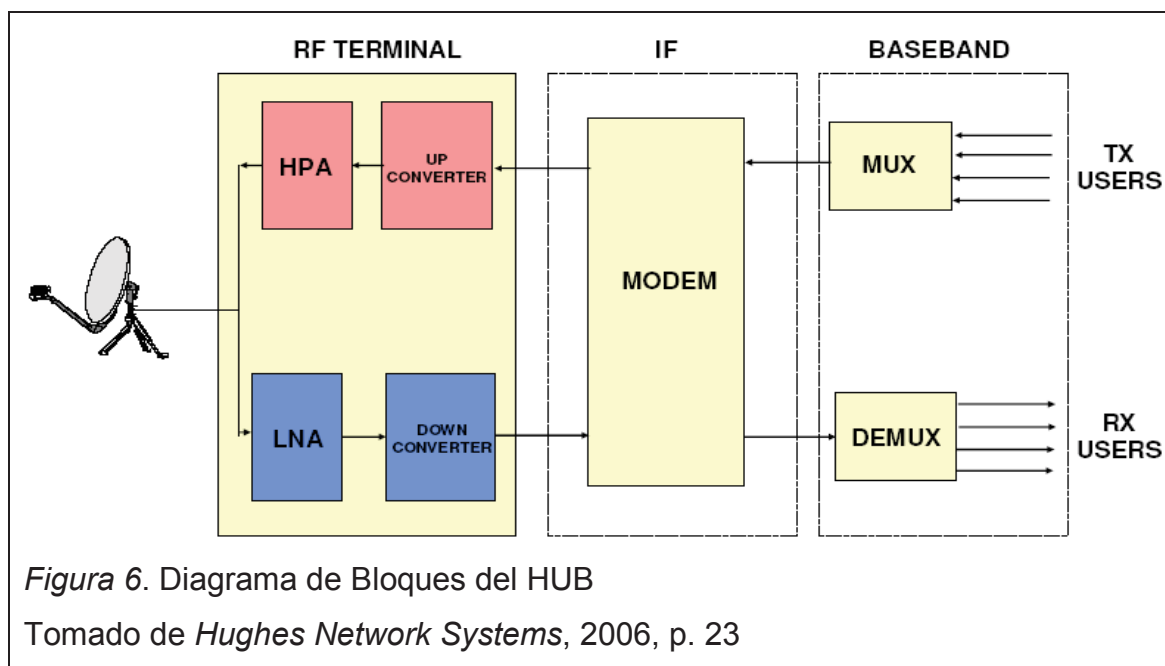
La Estación Terrena conocida con otras nominaciones como HUB o NOC (*Network Operation Center*) con sus siglas en inglés que significan Centro de

Operación de Red. Es el sitio central ubicado en la tierra, en donde están todos los equipos que permiten realizar el procesamiento de la señal enviada y recibida hacia el satélite y desde el satélite, así como también contiene todos los equipos necesarios para dar el sincronismo necesario a la red, además permite procesar, comprimir, controlar, etc. todo el tráfico que cursa por la red satelital.

Se usará la palabra HUB a lo largo del documento para referirnos a esta estación terrena en específico.

El HUB satelital es otra estación más dentro de la red con la característica de que es más grande (la antena desde 4 a 10 metros). La antena del HUB del COMACO mide 4,2 [m] y está situada en la sede central del Ministerio de Defensa ubicado en La Recoleta de la ciudad de Quito a los  $0^{\circ} 13' 50,4''$  Sur ;  $78^{\circ} 30' 39,95''$  Oeste. (En el Anexo A se encuentran las especificaciones de la antena maestra).

La figura 6 muestra los componentes básicos que conforman un HUB. La función de cada uno de estos elementos se describe a continuación.



- **LNA (*Low Noise Amplifier*):** Se encarga de amplificar la señal proveniente del satélite para pasarla al *down converter*.
- **DOWN converter:** Se encarga de cambiar la frecuencia de la señal recibida por el LNA a una frecuencia específica de operación del sistema RF para que sea trabajada en el HUB.
- **Modem:** El modem opera en IF (*Intermediate Frequency*) como señala el gráfico anterior, y es el elemento que permite la comunicación entre la frecuencia de los equipos que operan en banda base (MUX, DEMUX) y la frecuencia de los equipos de RF; mediante un proceso en el que las señales digitales se convierten en analógicas (modulación) y viceversa (demodulación).
- **DEMUX:** Regenera las señales originales de banda base. Este equipo que se encarga de demultiplexar los datos recibidos por el satélite que pasaron por los equipos anteriormente mencionados.
- **MUX:** Este equipo convierte las señales individuales de banda base, en una señal compuesta que posteriormente pasará al modem, acondicionando los datos para ser enviados hacia el satélite.
- **UP converter:** Se encarga de cambiar la frecuencia entregada por el HUB a una frecuencia permitida para que sea enviada hacia el satélite por medio del HPA.
- **HPA (*High Power Amplifier*):** Es el equipo que permite transmitir la señal hacia el satélite con una potencia específica.

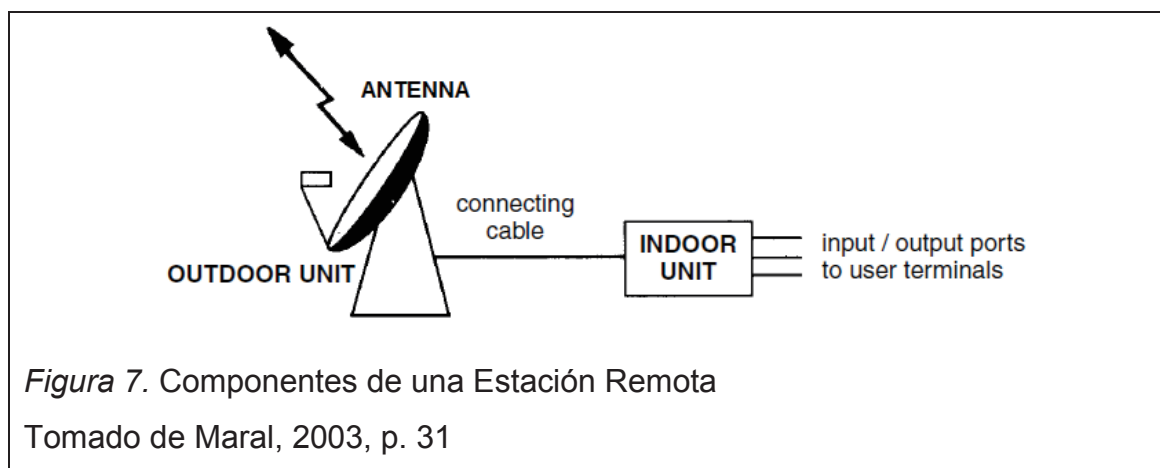
### **Estación remota**

Se refiere al equipo de comunicación instalado y configurado en el terminal del usuario situado en una determinada ubicación geográfica dentro de la tierra,

estos lugares son usados para poder acceder a diferentes aplicaciones como el Internet, telefonía, transferencia de datos, etc.

Estas estaciones se encuentran en lugares poco accesibles en donde otro tipo de tecnología no tendría cabida.

La estación remota está estructurada de manera general en tres partes como indica la figura 7. Estas partes son: antena, unidad externa (ODU) y la unidad interna (IDU), cada unidad con un conjunto de elementos.



### 1.1.2.1 Antena VSAT

La función de la antena es la de concentrar toda la potencia generada por el sistema de RF (Radio Frecuencia) en un haz muy fino que está apuntando al satélite al igual que concentrar toda la señal recibida por su superficie hacia la entrada del amplificador de recepción (LNA).

La Figura 8 muestra una antena VSAT provista de su unidad externa ODU.

La red del COMACO tiene instaladas en los lugares remotos antenas banda Ku de transmisión/recepción cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo B del cual listamos las siguientes características en la Tabla 2.



*Figura 8. Antena*

Tomado de *General Dynamics SATCOM Technologies, s.f.*

Tabla 2. Características Antena VSAT

Tamaño	1.2 [m]
Frecuencia de operación [GHz]	Rx: 10.70 – 12.75 Tx: 13.75 – 14.50
Ganancia [+/- .5dB]	Rx: 41.4 [dBi] Tx: 43.3 [dBi]

#### **1.1.2.2 ODU (*Outdoor Unit*)**

La unidad exterior ODU realiza la interfaz entre el satélite y la VSAT, esta unidad permite la recepción y transmisión de la señal recibida y transmitida desde y hacia el satélite respectivamente; se encuentra montada en el punto focal frente a la antena y está conformada por los siguientes elementos que están representadas en la figura 9.



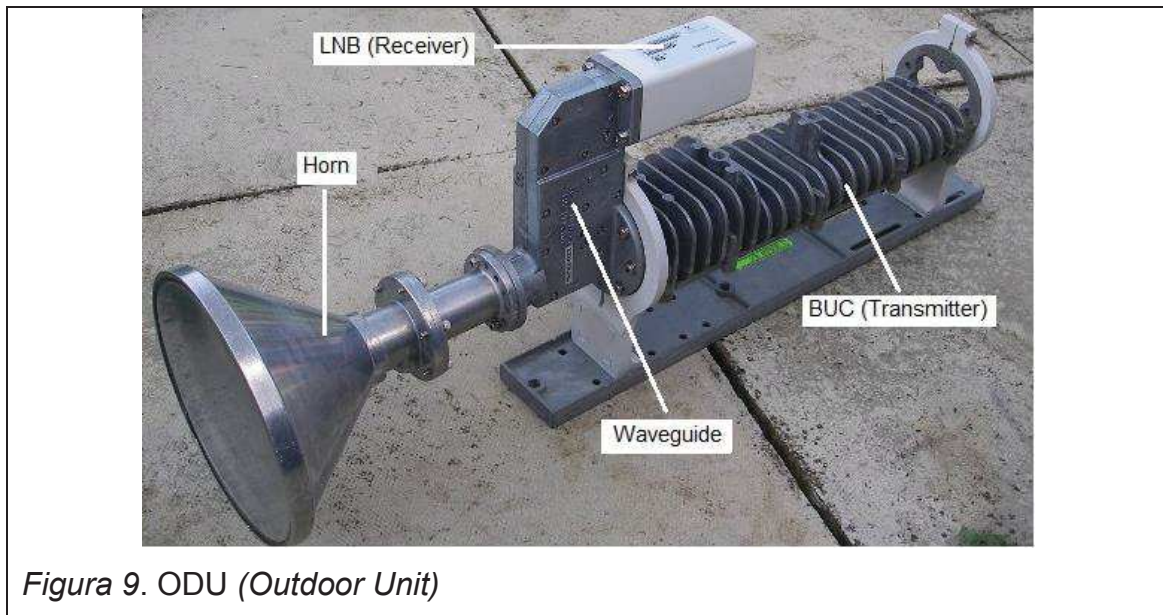


Figura 9. ODU (Outdoor Unit)

Ver Anexo G para las especificaciones técnicas de las ODU de la red del COMACO.

#### **Feed o alimentador:**

Está constituido por la corneta **horn** y guía de onda **waveguide**, estos elementos toman parte en los procesos de transmisión y recepción.

- Durante la recepción la corneta capta las señales de radio que refleja el satélite en el plato de la antena y las pasa al LNB a través de la guía de onda.
- Durante la transmisión la guía de onda transfiere a la corneta la señal proveniente del BUC y para transmitir hacia el satélite.

#### **BUC (Block Up Converter):**

Esta unidad se encuentra detrás del *feed*, su función principal es la transmisión; internamente posee osciladores y amplificadores para convertir la señal proveniente de la unidad que se encuentra en el interior (IDU) a una frecuencia más alta y entregarla al alimentador.

### **LNB (*Low Noise Block*) downconverter:**

Este es el elemento que actúa en la recepción, su función es tomar la señal del alimentador, amplificarla y filtrar el ruido, con la finalidad de eliminar cualquier señal que no lleve información válida hacia la unidad interior (IDU).

#### **1.1.2.3 IDU (*Indoor Unit*)**

Es la unidad Interior situada en las instalaciones del usuario, la IDU realiza el procesamiento de la señal digital recibida a través del *Outroute* (portadora generada desde el HUB) y la/las *Inroute(s)* (portadora generada desde las estaciones remotas).

La red de comunicaciones del COMACO en sus terminales de usuario cuenta con IDUs marca *Hughes* de las series HX200 y el HX50 cuyos *datasheets* se encuentran en el Anexo C y D respectivamente, de los mismos que se extraen las especificaciones técnicas; la explicación a fondo sobre las características y arquitectura del sistema HX se explicará en los temas posteriores.

### **HX200**

El HX200 (Figura 10) es un *router* satelital de alto rendimiento diseñado para proporcionar servicios IP utilizando ancho de banda asignada dinámicamente. Las especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones técnicas IDU HX200

Interfaces físicas	2 puertos RJ45 10/100BaseT	
	1 puerto serial RS-232 para el control de la antena	
	1 interface BNC para referencia externa de 10 [MHz]	
Especificaciones del satélite	Frecuencia	Banda C, X, Ka y Ku
	DVB-S2 AMC	Canal: DVB-S2 con <i>Adaptive Coding</i> y Modulación o DVB-S
		Tasa: 1 – 45 [Mpsps]
		Modulación: QPSK, 8PSK, 16APSK

		Codificación : BCH con LDP 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (Codificación Adaptativa)
	FDMA/TDMA (IPoS)	Tasa del Canal: 256 [kbps] hasta 9.6 [Mbps]
		Modulación de canal: QPSK Tasa de codificación de canal: Codificación adaptativa 1/2, 2/3, 4/5 y 9/10 con LDPC
	Tasa de Error	Recepción: $10^{-7}$ o mejor
Transmisión: $10^{-5}$ o mejor		
Rendimiento	Paquetes por segundo	5000
	UDP <i>throughput</i>	45 [Mbps]
	Multicast <i>throughput</i>	60 [Mbps]
	TCP <i>throughput</i>	15 [Mbps]

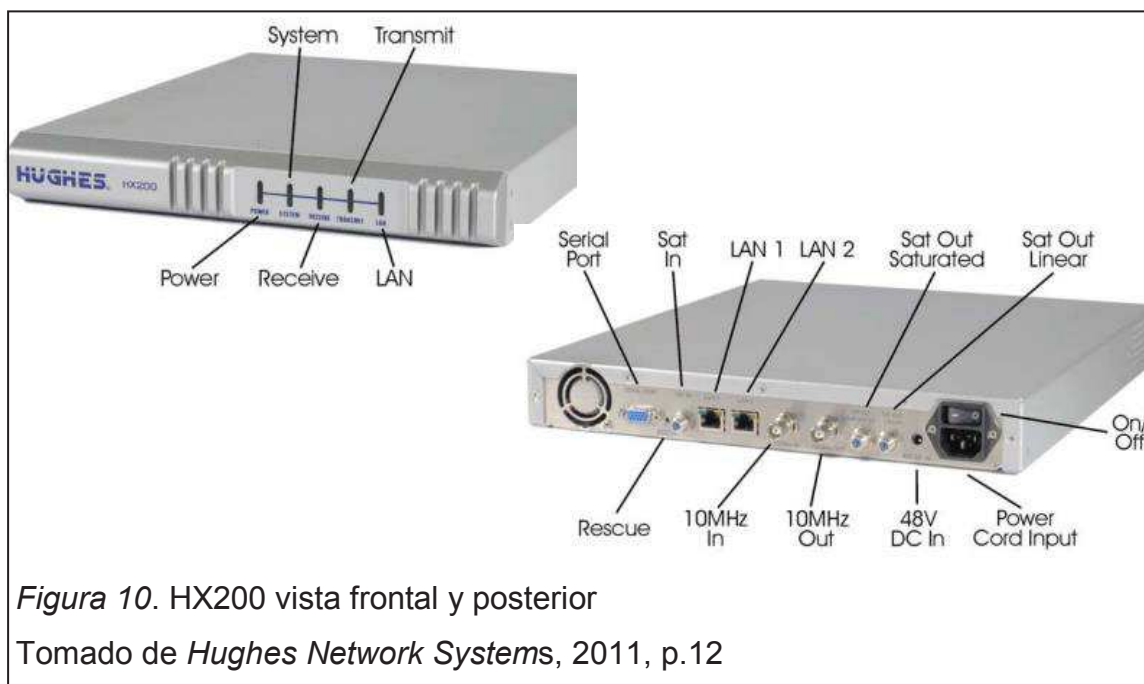


Figura 10. HX200 vista frontal y posterior

Tomado de *Hughes Network Systems*, 2011, p.12

## HX50

El terminal remoto HX50 ilustrado en la Figura 11, proporciona conectividad por satélite entre un dispositivo IP remoto como un ordenador o una pequeña LAN, y la puerta de entrada del sistema HX (*Gateway*). Las especificaciones técnicas de este equipo se detallan en la tabla 4.

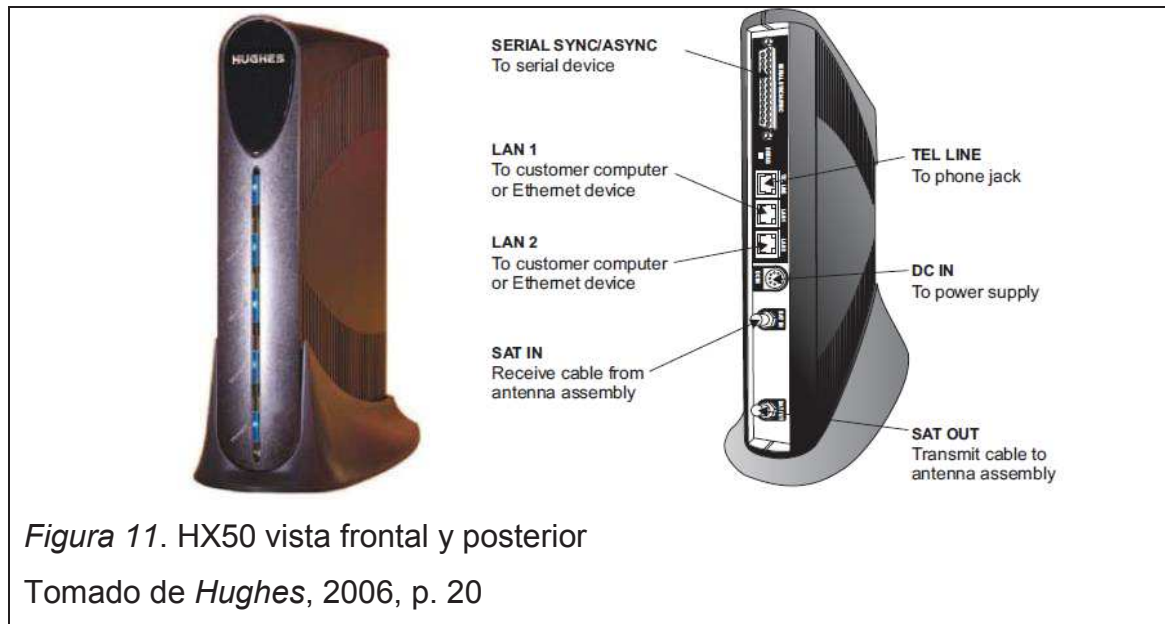
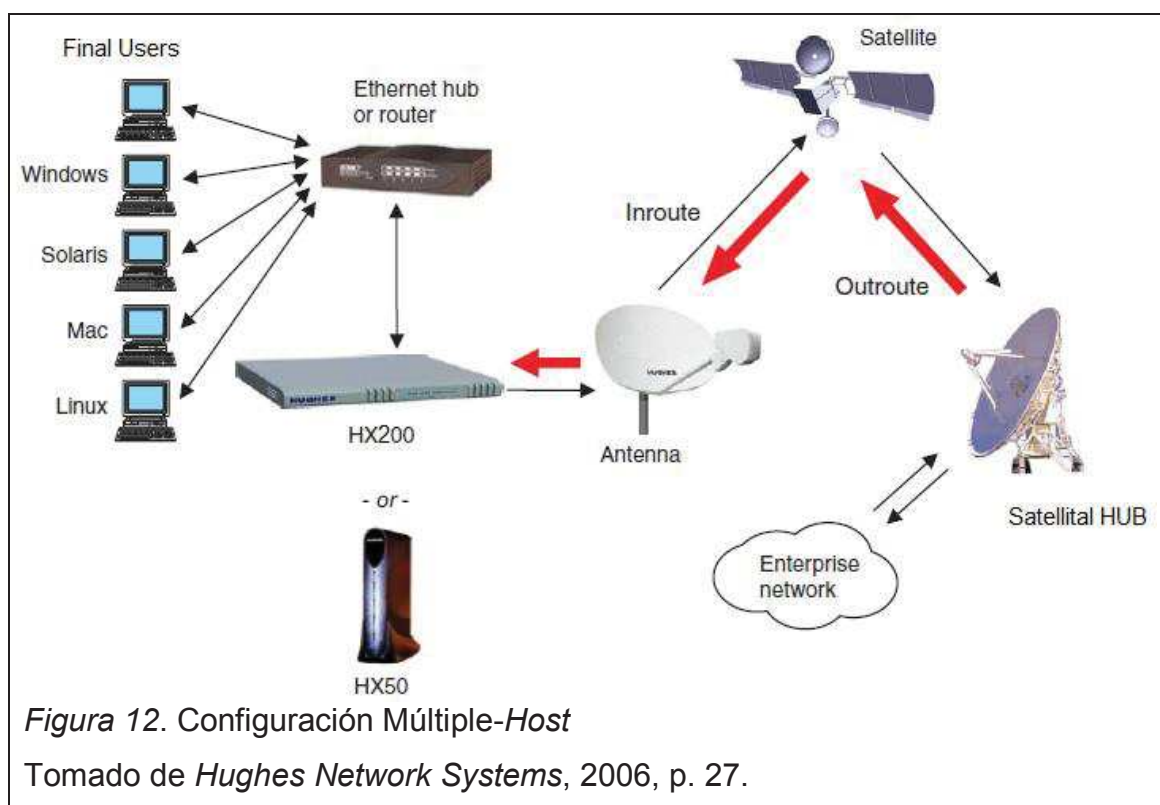


Tabla 4. Especificaciones técnicas IDU HX50

Interfaces físicas	2 puertos RJ45 10/100BaseT		
	1 puerto serial RS-232 para el control de la antena		
Especificaciones del satélite y antena	Frecuencia	Banda C, Ka y Ku	
	Formato de transmisión <i>Outbound</i>	DVB-S o DVBS-2	
	DVB-S2	Soporta Codificación y Modulación Adaptativa	
	<i>Rate</i>	Transmisión ( <i>Inbound</i> )	superior a 3.2 [Mbps]
		Recepción ( <i>Outbound</i> )	superior a 121 [Mbps]
	<i>Symbol Rate</i>	Transmisión	128, 256, 512, 1024, 2048 [ksps]
		Recepción	1 – 45 [Msps]
	Modulación	Transmisión	OQPSK
		Recepción	QPSK u 8PSK
	Codificación	Transmisión	1/2, 2/3, 4/5
Recepción		DVB-S: 7/8, 5/6, 3/4, 2/3 o 1/2	

			DVB-S2: BCH con LDP 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10 (8PSK) 1/2, 3/5, 2/3, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (QPSK)
Tasa de Error	Recepción	$10^{-10}$ o mejor	
	Transmisión	$10^{-7}$ o mejor	
Radio Banda Ku	1 y 3 Watt		

Estas unidades internas se encuentran en una configuración de *múltiple-host*. La configuración física completa de la estación remota se presenta con propósito ilustrativo en la figura 12. Los hosts de la red de área local (LAN) comparten la conectividad satelital a través de un *Ethernet HUB*, *router* o una base inalámbrica, a los que se conecta la IDU, posteriormente a la ODU para enviar o recibir la señal al HUB Satelital a través del satélite.

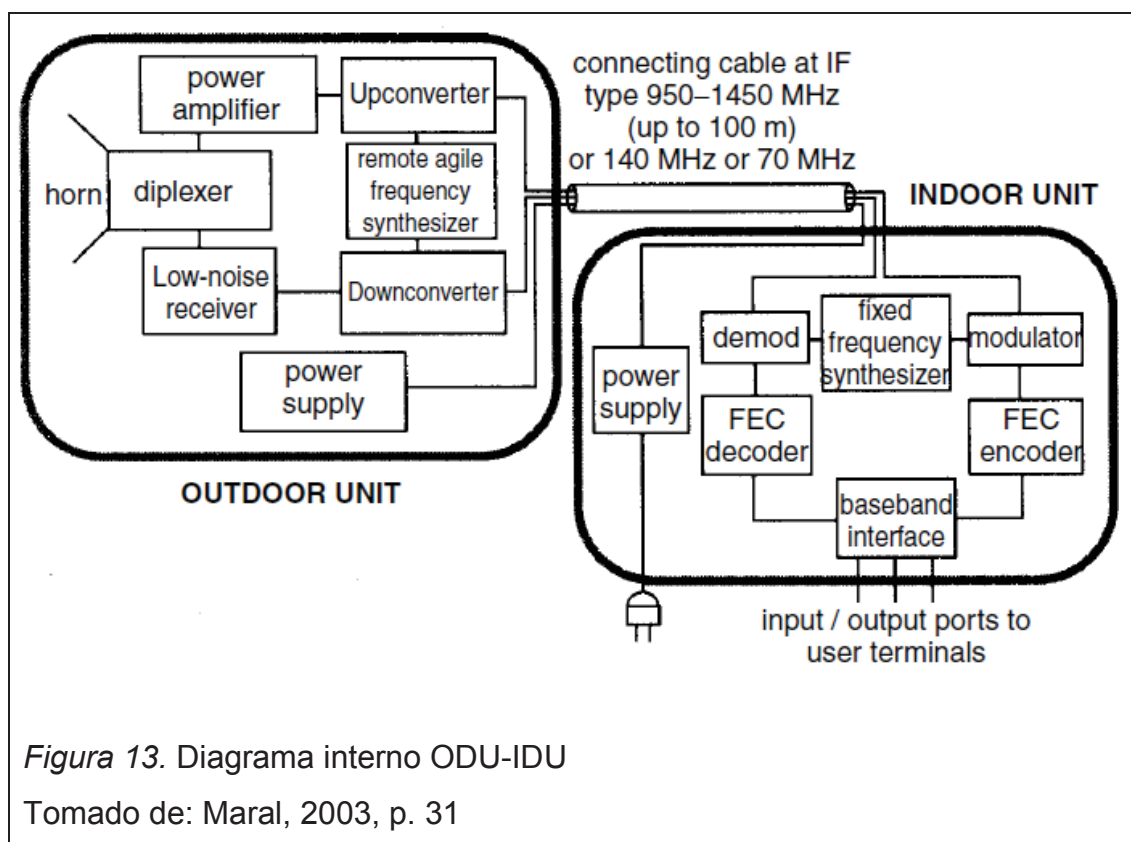


### 1.1.2.4 Diagrama de bloques de la estación remota

En la figura 13 se presenta el diagrama de bloques interno de cada una de las unidades estudiadas (ODU e IDU) que conforman la estación VSAT.

Como se indicó anteriormente, la ODU como interface entre la VSAT y el satélite y la IDU como interface entre la red local y el usuario final.

LA ODU dentro de sus elementos electrónicos contiene: amplificador, receptor de bajo ruido, *up/down converter* y sintetizador de frecuencia. Se acopla mediante un ensamblaje de cable que interconecta la IDU con la ODU. La arquitectura de la IDU posee mecanismos de corrección de errores, moduladores, demoduladores y sintetizador de frecuencias. (Los mecanismos de corrección de errores, tipo de modulación y selección de frecuencia que utiliza, se detallan en la descripción del sistema HX)



## 1.2 Órbitas satelitales

Según Maral, 2003, p.61. la trayectoria del satélite en el espacio, se llama órbita.

Existe un sin fin de parámetros y combinaciones para definir y clasificar las órbitas, sin embargo, las consideraciones más necesarias serán encaminadas a alcanzar una amplia zona de cobertura con una potencia de transmisión lo más baja posible.

La forma más general de diferenciar los satélites, es por la altura a la que se encuentra la órbita por la que circulan; dado cierto ancho de haz, el área de cobertura será mucho menor estando en una órbita baja que en otra de mayor altura, por otro lado la potencia necesaria para emitir desde órbitas bajas es menor. De ello se derivan las siguientes órbitas de uso común para aplicaciones de comunicaciones.

### 1.2.1 GEO (*Geostationary Earth Orbit*)

La órbita Geoestacionaria Terrestre es una órbita ideal (no real) debido a que es circular (excentricidad = 0), y está en el plano ecuatorial (ángulo de inclinación =  $0^\circ$ ), el satélite parecerá flotar inmóvil sobre la tierra, encima del Ecuador, tiene una altitud de 35 786 [Km]. Tiene un período de 23 horas 56 minutos, que es el tiempo que tarda la tierra en dar una vuelta completa alrededor de su eje.

### 1.2.2 LEO (*Low Earth Orbit*)

La órbita baja Terrestre es una órbita circular ubicada a una altitud de 160 a 2500 [Km], al ser una órbita baja tiene varias características que pueden ser ventajosas para las aplicaciones de comunicaciones. Los enlaces tierra-satélite son mucho más cortos, lo que requiere una menor potencia y antenas más

pequeñas; el retardo de propagación es también menor debido a la corta distancia. Una desventaja importante de esta órbita es su restringido período de operación, porque el satélite no está en una ubicación fija en el cielo, si se desea una cobertura de área global, se requiere múltiples satélites, con conexiones entre los satélites que permitan comunicaciones punto a punto. “Algunas redes de satélites LEO actuales operan con 12, 24, y 66 satélites para lograr la cobertura deseada.” Ippolito, 2008, p. 27.

### **1.2.3 MEO (*Medium Earth Orbit*)**

La órbita media Terrestre se encuentra a una altitud entre 10000 a 20000 [Km]. Las características de los satélites MEO incluyen: número seleccionable de revoluciones por día; y un adecuado movimiento relativo del satélite respecto a Tierra para permitir mediciones de posición exactos y precisos, resultando útiles para la meteorología, navegación y Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

### **1.2.4 HEO (*Highly Elliptical Orbit*)**

Esta órbita es altamente elíptica (alta excentricidad), es utilizada para proveer cobertura en latitudes altas que no son cubiertas por satélites GEO y aquellos que requieren períodos de contacto más prolongado que el disponible con satélites LEO. Como menciona Montenbruck & Gill, (2012, p. 6) “La órbita está diseñada para proporcionar amplia cobertura en las latitudes que componen la mayor parte de la antigua Unión Soviética, donde los satélites geoestacionarios no pueden proporcionar cobertura. Una órbita típica HEO tiene una altitud de perigeo de 1000 [Km] y de apogeo de casi 40000 [Km]; corresponde a una excentricidad de aproximadamente 0.722, la inclinación se elige al 63.4° para tener un importante eje de rotación, la órbita tiene un período de 12 horas”.

### **1.2.5 Órbita polar**

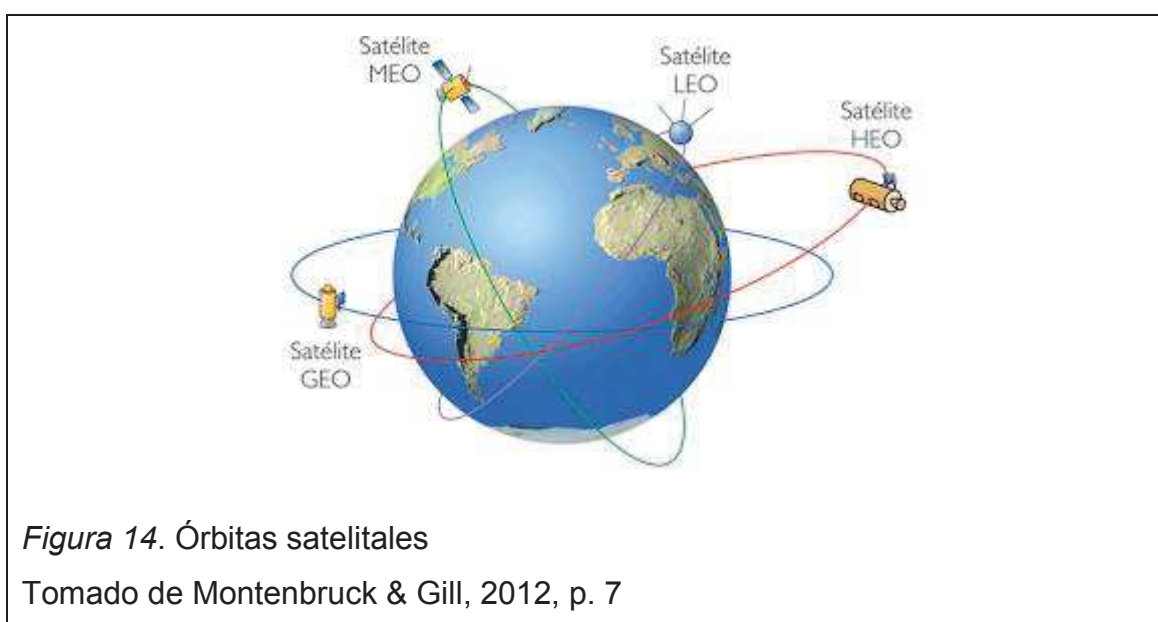
Es una órbita circular con una inclinación cerca de 90° cuya trayectoria pasa



por encima de los polos del planeta. Son muy útiles para los servicios de detección y recopilación de datos, debido a que sus características orbitales pueden ser seleccionadas para escanear todo el mundo periódicamente.

*Landsat*, por ejemplo, con una altitud media de 912 km, y un período orbital de 103 minutos y 14 revoluciones por día. Cada día la órbita se desplazó unos 160 [Km] al oeste sobre el ecuador, volviendo a su posición original después de 18 días y 252 revoluciones como lo menciona Ippolito (2008, p. 29)

A continuación se muestra una gráfica con los tipos de órbitas nombrados.



### 1.3 Bandas de frecuencia

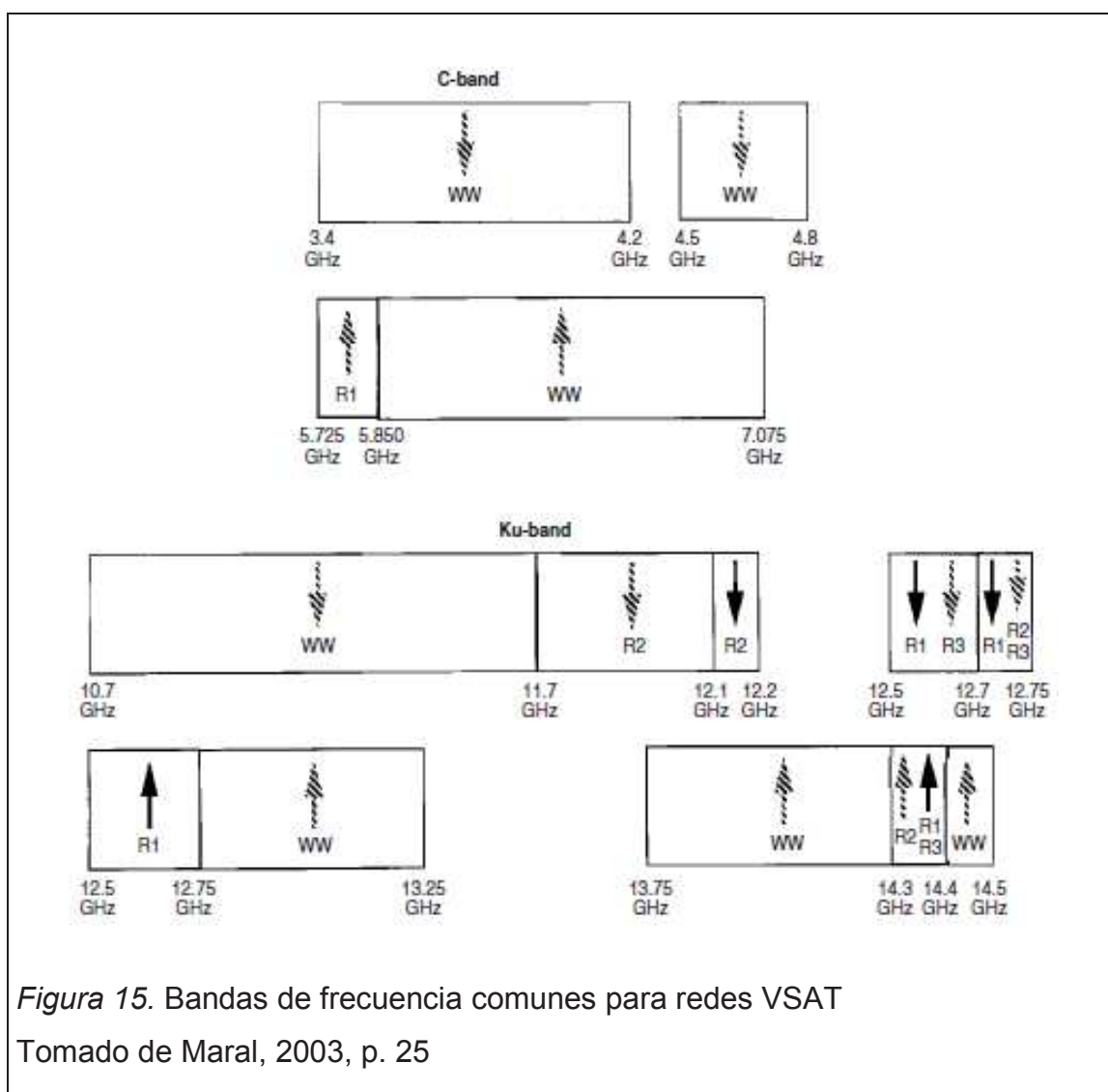
En un enlace de comunicaciones por satélite la frecuencia de operación es quizá un factor determinante en el diseño y rendimiento de la misma. La longitud de onda de la señal que atraviesa el espacio libre es el parámetro principal que determina los efectos de la atmósfera, y el resultante *path loss* o pérdida de trayectoria.

Según Maral (2003, pp. 24), las bandas de frecuencia más utilizadas para aplicaciones comerciales son aquellas asignadas por la ITU (*International Telecommunications Unit*) al FSS (Servicio Fijo por Satélite) en la banda C y

Ku.

La figura 15 muestra enlaces ascendentes y descendentes, mediante flechas orientadas hacia arriba o hacia abajo.

Las flechas negras indican una asignación principal y exclusiva para el FSS; es decir, que está protegido contra interferencias de cualquier otro servicio, que se considerará secundario.



Las flechas de rayas indican una asignación principal pero compartida, lo que significa que la bandas de frecuencias asignadas también pueden ser usadas por otros servicios de FSS con los mismos derechos como lo establece la ITU

(2012, p. 34) en el artículo 4.8 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

R1, R2 y R3 se refiere a las regiones establecidas por la ITU, en la que el continente americano se encuentra en la región 2 (R2).

WW (*World Wild*) se refiere a cobertura mundial.

### 1.3.1 Banda C

Tabla 5. Frecuencias de operación Banda C

Frecuencia ascendente [GHz] <i>Uplink</i>	Frecuencia descendente [GHz] <i>downlink</i>
5.85 – 7.075	3.4 – 4.2 4.5 – 4.8

*Nota:* Datos extraídos de la Figura 15.

La banda C según Maral (2003, p. 27), es más susceptible al problema de interferencia que en frecuencias más altas. Esto debido a: como indican las líneas rayadas de la Figura 15, no existe una asignación exclusiva al FSS en la banda C. Es decir, que los satélites deben compartir espacio y espectro de frecuencia. Para evitar la interferencia de satélites adyacentes, se recomienda separarlos una distancia mínima de 3° entre sí, lo que en la práctica este factor limita el número total de satélites puestos en órbita a un total de 180.

Una de las ventajas de esta banda es que presenta una menor atenuación por lluvia y no es tan sensible al ruido.

Los factores de atenuación y cómo afectan a las portadoras de radiofrecuencia se toparán en la sección de análisis del enlace satelital.

### 1.3.2 Banda Ku

La banda Ku está destinada para servicios domésticos. En esta banda los

factores climáticos como la lluvia, nubes y gases atmosféricos son un problema que afecta la transmisión y recepción entre el satélite y la Estación Terrena. Para esta banda la separación entre satélites será de  $1^\circ$ , lo que en la práctica limita a tener 360 satélites en órbita. Por otra parte, el tamaño de las antenas en banda Ku es menor comparado con la banda C.

Tabla 6. Frecuencias de operación Banda Ku

<b>Frecuencia ascendente</b> <b>[GHz]</b> <b><i>uplink</i></b>	<b>Frecuencia descendente</b> <b>[GHz]</b> <b><i>downlink</i></b>
12.75 – 13.25	10.7 – 12.2
13.75 – 14.5	12.7 – 12.75

*Nota:* Datos extraídos de la Figura 15.

#### 1.4 Corrección de errores

La señal satelital recorre grandes distancias para establecer una conexión, durante este recorrido las señales atraviesan problemas climáticos, obstáculos, etc, lo que implica que al receptor no llegará la señal exactamente como fue enviada; llegará un tanto distorsionada, para evitar que ocurra esto, las comunicaciones por satélite utilizan un mecanismo llamado FEC cuyas siglas en inglés son *Forward Error Correction* (Corrección de errores hacia adelante).

FEC es una técnica utilizada por el receptor para corregir los errores que haya durante la transmisión y disminuir considerablemente la tasa de error de bits (*Bit Error Rate*). Por lo general implican un algoritmo común basado en la transmisión de bits redundantes junto con los bits de información, de tal manera que permite al receptor poder decodificar y corregir algunos de los bits erróneos.

## 1.5 Métodos de acceso al medio

El método de acceso al medio se refiere al proceso utilizado dentro de la infraestructura del sistema de comunicaciones inalámbricas en el cuál, los sistemas activos (circuitos, canales, *transponder* etc.) se asignan al usuario. Es un elemento esencial para asegurar una adecuada capacidad y disponibilidad del enlace especialmente en momentos de alta demanda.

Los enlaces por satélite tienen delimitada la disponibilidad de potencia o uso del espectro de frecuencias para condiciones medias y no siempre tienen la capacidad de comunicación para apoyar a todos los usuarios en todo momento; para ello, los métodos de acceso permiten que la red de comunicaciones respondan a los cambios esperados en la demanda de los usuarios y adapten los recursos para proporcionar el nivel deseado de rendimiento durante los períodos de alta demanda.

El objetivo de los métodos de acceso al medio es interconectar las estaciones terrenas a través de múltiples *transponders* de satélite para optimizar varios atributos del sistema, tales como:

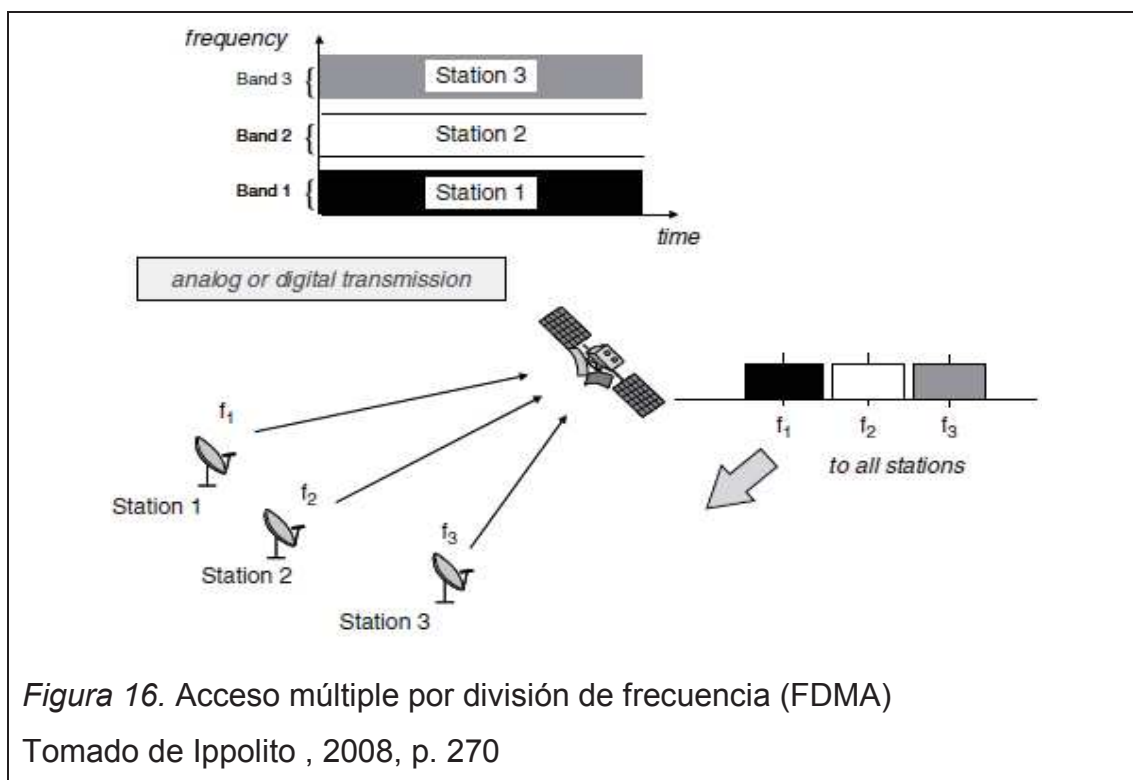
- Eficiencia espectral
- Eficiencia energética
- Reducción de latencia
- Mayor rendimiento

Una estación remota puede acceder al satélite por diferentes configuraciones dependiendo de la aplicación y diseño de la carga útil del satélite, de manera general se categorizan en tres grupos:

- FDMA
- TDMA
- CDMA

### 1.5.1 FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

El múltiple acceso por división de frecuencia es la técnica mediante la cual se asigna un ancho de banda específico a cada estación que estará disponible durante toda la transmisión. Este tipo de acceso es útil para aplicaciones donde se desea un canal de tiempo completo, por ejemplo, para videoconferencias. Aunque tiende a hacer un uso ineficiente del espectro porque no puede haber “tiempo muerto” en uno o más canales cuando las transmisiones no están presentes.

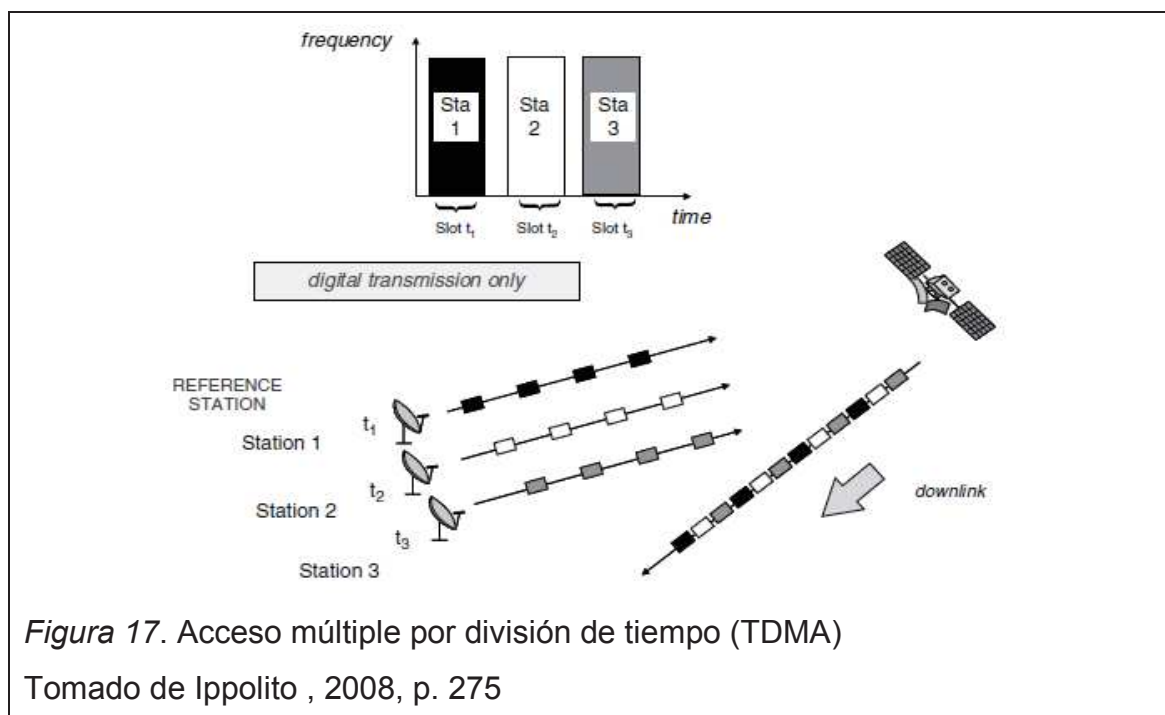


### 1.5.2 TDMA (*Time Division Multiple Access*)

El acceso múltiple por división de tiempo asigna el ancho de banda disponible durante un intervalo de tiempo definido (*time slot*) para cada usuario. Este factor importante permite que el amplificador final del *transponder* funcione con una potencia de salida saturada, proporcionando el uso más eficiente de la potencia disponible.

Para el enlace descendente (*downlink*), se envía un conjunto entrelazado de paquetes de todas las estaciones terrestres como muestra la figura 17. Se utiliza una estación de referencia, para establecer el reloj de sincronización y proporcionar los datos operativos de ráfagas de tiempo a la red.

Cada ráfaga contiene un preámbulo y datos de tráfico. El preámbulo contiene datos de sincronización y de identificación de la estación. La ráfaga de la estación de referencia, está por lo general al comienzo de cada trama, y proporciona la sincronización de la red.



### 1.5.3 CDMA (Code Division Multiple Access)

El acceso múltiple por división de código es una combinación de las técnicas FDMA y TDMA. Es la técnica más compleja de implementar, requiere de varios niveles de sincronización en la transmisión y recepción.

Como se observa en la Figura 18, para el enlace ascendente a cada estación es asignado un *slot* de tiempo y una banda de frecuencia en una secuencia codificada para transmitir sus paquetes. Para el enlace descendente se envía un conjunto entrelazado de todos los paquetes.

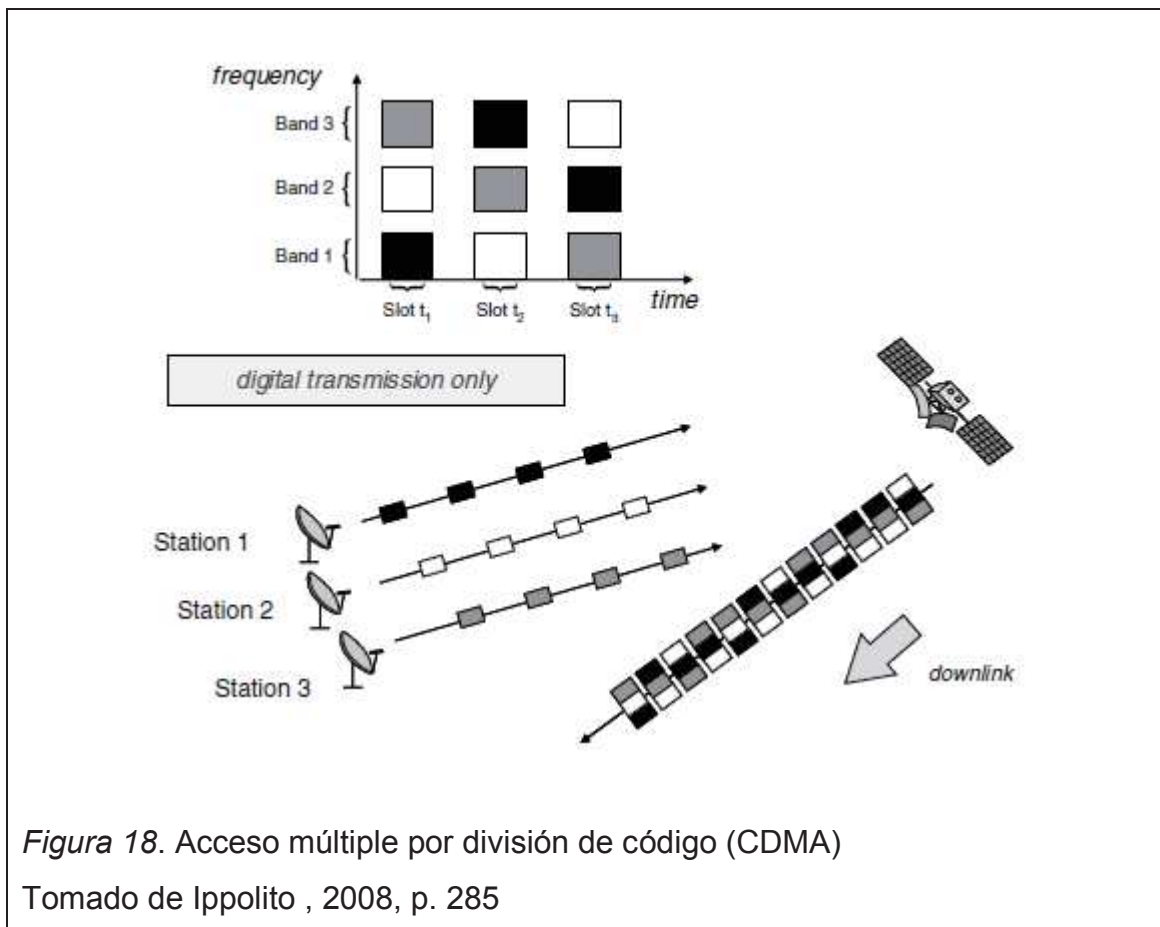


Figura 18. Acceso múltiple por división de código (CDMA)

Tomado de Ippolito , 2008 , p. 285

Las estaciones remotas deben conocer el código de frecuencia y tiempo para detectar la secuencia de datos completa. La selección de un código apropiado es crítico para una implementación satisfactoria.

La arquitectura CDMA presenta ventajas en cuanto a privacidad y eficiencia del espectro; en privacidad por cuanto el código sólo se distribuye a los usuarios autorizados, protegiendo la información de otros; la señal no detectada se comporta como ruido gaussiano para todos los receptores sin el conocimiento de la secuencia de código. En eficiencia del espectro, ya que pueden compartir la misma banda de frecuencia.

## 1.6 Modulación digital

La portadora y la señal modulada son analógicas; para convertir los datos digitales en analógicos los módems usan varias clases de modulación:



- PSK (*Phase Shift Keying*) Codificación por cambio de fase.
- QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) En este caso se cambia la amplitud y fase de la portadora según la modulación/señal digital que representa los datos.

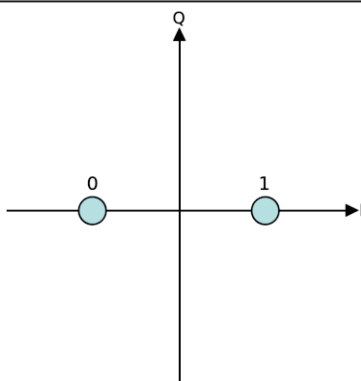
Las ventajas que presenta la modulación digital son las siguientes:

- Inmunidad frente al ruido.
- Fácil de multiplicar.
- Codificado, encriptación.
- Modulación-Demodulación con DSPs.

#### **1.6.1 BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)**

La modulación por desplazamiento de fase binaria es un esquema de modulación que hace que el modulador cambie entre dos fases para representar los datos. BPSK no ofrece reducción de ancho de banda. Es utilizada para transmisores de bajo costo y sin altas velocidades.

Es el más sencillo de todos, como se puede apreciar en el diagrama de constelación de la Figura 19, solo emplea 2 símbolos, con 1 bit de información cada uno. Es también la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima ( $180^\circ$ ). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de  $0^\circ$  para el 1 y  $180^\circ$  para el 0.



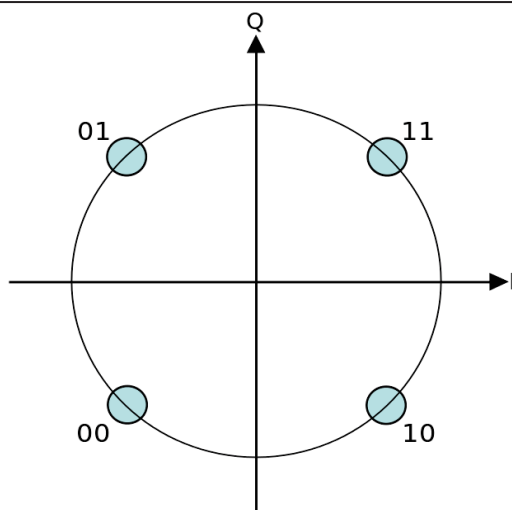
*Figura 19.* Diagrama de constelación. Modulación BPSK

Tomado de Tokheim, 1970, p.235

### 1.6.2 QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

La modulación por desplazamiento de fase en cuadratura es un esquema de modulación que hace que el modulador cambie entre cuatro fases para representar los datos. Ofrece una reducción de ancho de banda a la mitad.

Este tipo de modulación es representada en la Figura 20 de constelación por cuatro puntos equidistantes del origen de coordenadas, con cuatro fases, QPSK puede codificar dos bits por cada símbolo.



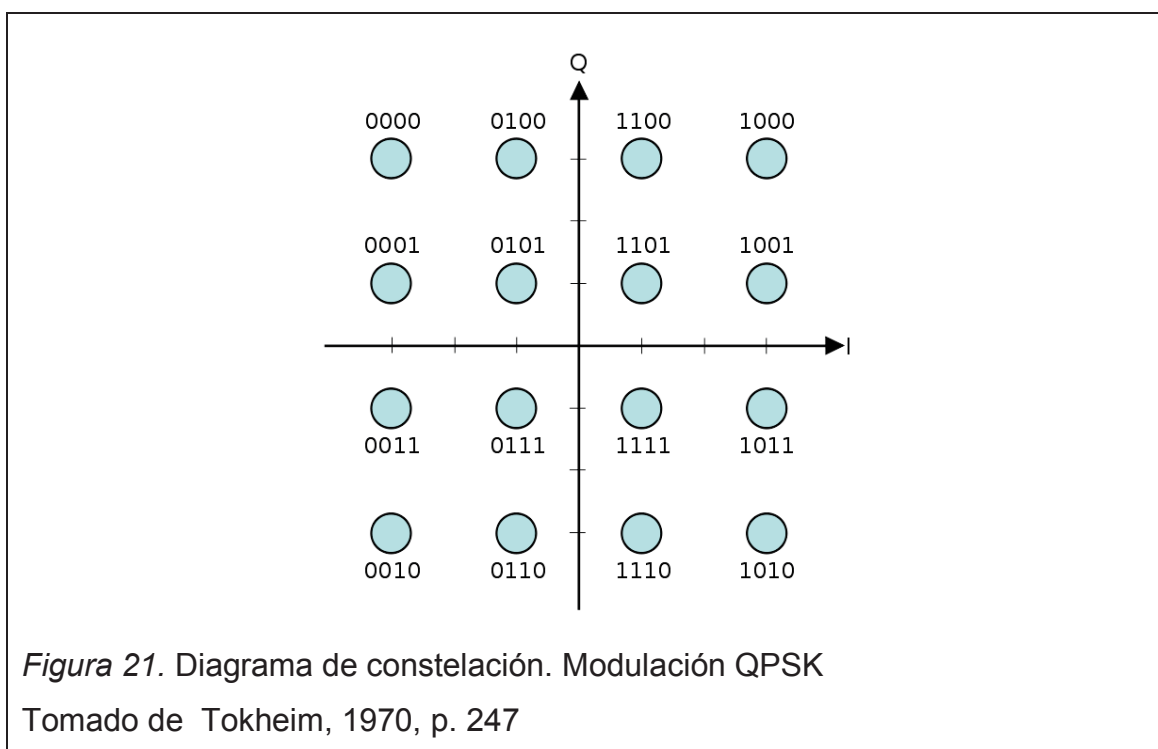
*Figura 20.* Diagrama de constelación. Modulación QPSK

Tomado de Tokheim, 1970, p.239

### 1.6.3 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Es una técnica que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora, tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando la amplitud y la fase de una misma portadora. La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida.

La eficiencia espectral de QAM es la misma que PSK; pero QAM tiene mejor eficiencia en potencia.



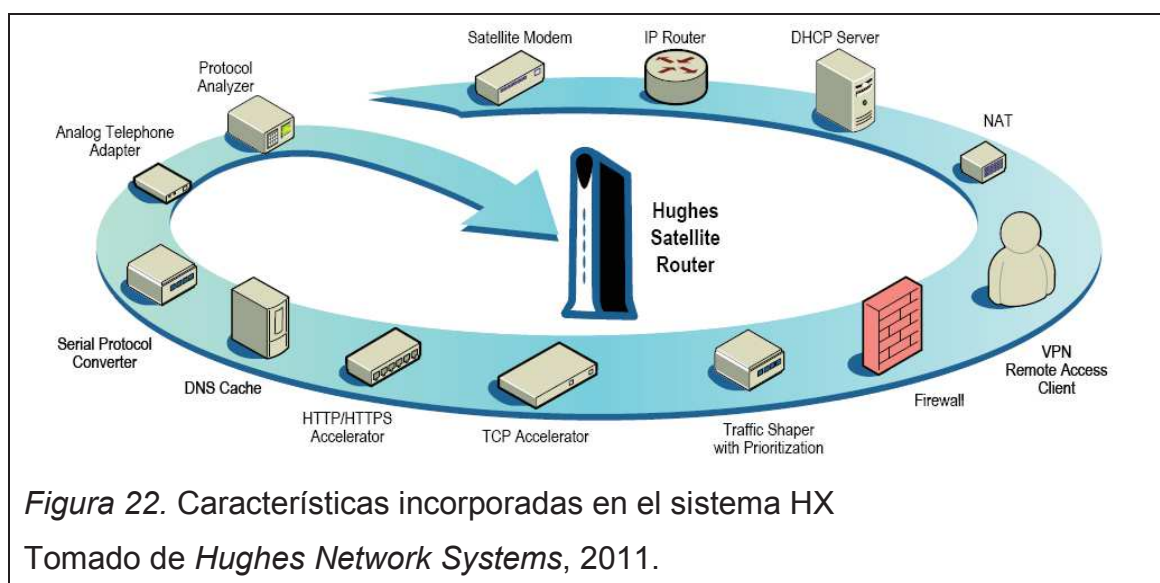
### 1.7 Descripción del sistema Hughes

En esta sección se presenta de manera general los aspectos característicos del sistema, para una descripción ampliada referirse al Capítulo 2, numeral 2.6 Análisis y Descripción de los Equipos del HUB.

El sistema HX de HUGHES incorpora funcionalidades combinadas de un

modem satelital y un *router* IP con características optimizadas para comunicaciones vía satélite y compatible con los estándares IPoS/DVB, incorporando un set de características para optimizar el rendimiento, seguridad y operación del sistema satelital.

El sistema HX optimiza el rendimiento del enlace satelital, con un ajuste dinámico de códigos de corrección de errores y modulaciones basados en el SQF (*Signal Quality Feedback*) desde los terminales remotos HX, brindando una mayor disponibilidad y mayor eficiencia de transferencia de datos para un tamaño de antena determinado.



El canal *inroute* usa TDMA para acceder al medio con tramas de longitud variable proveyendo hasta un 85% de eficiencia en el canal de retorno según lo menciona *Hughes Network Systems* (2011 p.32).

El sistema HUGHES para asegurar la disponibilidad de la red, cuenta con el sistema AIS (*Adaptive Inroute Selection*) para el *inroute*, habilitando la posibilidad de conmutación en tiempo real la velocidad de las codificaciones y el control de potencia, sumado a la capacidad de DVB-S2 ACM (*Adaptive Coding & Modulation*) del canal *Outroute*.

El sistema incluye un avanzado sistema de manejo de ancho de banda y priorización de tráfico que permite al operador configurar múltiples definiciones de QoS.

La red satelital del COMACO cuenta con el sistema HUGHES HX200 y HX50, equipos cuyas características se encuentran en el Anexo C y D respectivamente.

### **1.7.1 Outroute**

Todos los sistemas satelitales IP de banda ancha de HUGHES usan el estándar DVB (*Digital Video Broadcasting*) para el canal de transmisión *outroute*, proveyendo las siguientes ventajas significativas:

- “Escalabilidad eficiente en los canales DVB para soportar portadores de 1 [Msps] a 45 [Msps] en el canal de *Outroute*, esto no obliga al operador a trabajar con canales de *Outroute* menores de manera artificial (10 [Msps] como la mayoría de sistemas)” (*Hughes Network System*, 1988)
- La más reciente mejora del estándar DVB es DVB-S2, que incorpora características importantes para mejorar la eficiencia espectral comparada con DVB-S. DVB-S2 permite un poderoso manejo del FEC basado en el código concatenado de BHC (*Bose Chaudhuri Hochquenghem*) con LDPC (*Low Density Parity Checking*), desarrollado por HUGHES y adoptado por el estándar DVB. DVB-S2 puede manejar 2.25 [Mbits] por [MHz] o más, un incremento del 30 a 40% de la eficiencia de la portadora, reflejando esta ventaja de ahorro en consumo del ancho de banda requerido por el canal.
- Una característica muy importante, incluida en el DVB-S2, es el ACM (*Adaptative Coding & Modulation*) que permite al sistema variar dinámicamente la modulación y códigos en el canal de *Outroute* para

cada transmisión, esta característica puede ser aplicada de dos maneras:

- Para optimizar el *link budget* (cálculo del enlace).
- Para hacer ajustes dinámicos para compensar atenuaciones atmosféricas.

### **1.7.2 Eficiencia *inroute***

El sistema HX presenta un avanzado sistema de asignación dinámica de ancho de banda con una variedad de perfiles de calidad de servicio para múltiples ambientes de trabajo. Adicionalmente, se emplean tramas de transmisión de longitud variable para el *inroute*, optimizando su uso por la demanda existente en tiempo real.

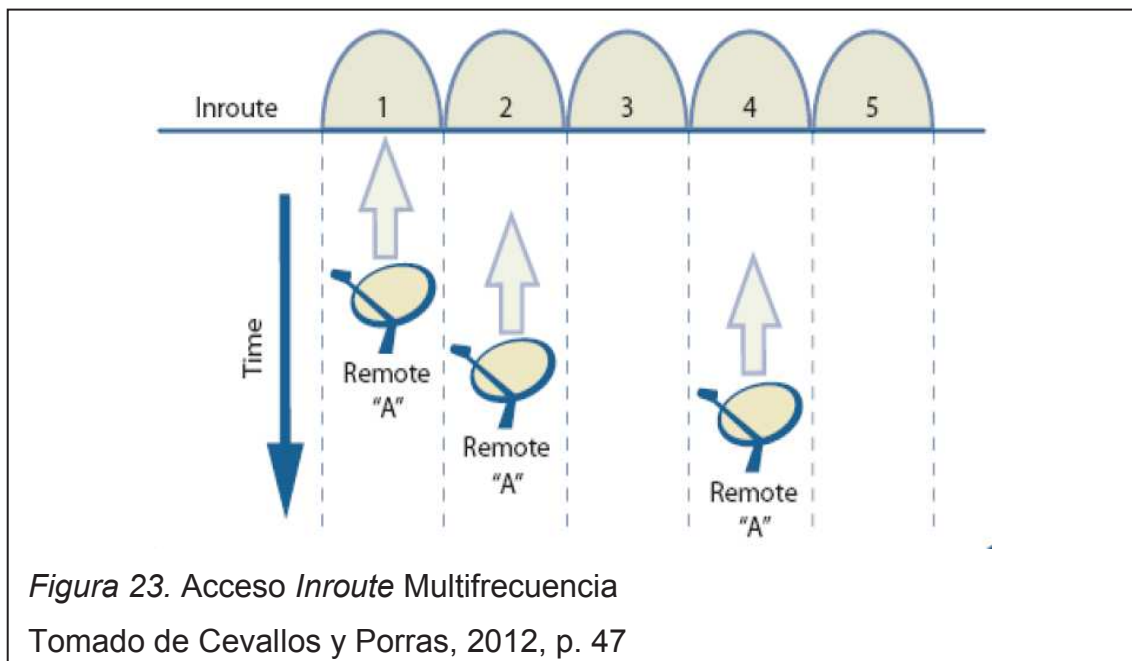
### **1.7.3 Acceso *inroute* multifrecuencia**

HNS (*Hughes Network Systems*) posee el estándar IPoS (*Internet Protocol Over Satellite*), aprobado por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), TÍA (*Telecommunications Industry Association*), ITU (*International Telecommunications Union*) y ofrece el más avanzado sistema de adaptación dinámica de velocidad AIS (*Adaptative Inroute Selection*).

IPoS reside en la capa de red. Cuenta con una interfaz bien definida entre las funciones dependientes de satélite y las capas de aplicación, nombrados SI-SAP (*Satellite Independent Service-Access Point*). Como resultado, SI-SAP crea una separación lógica entre la interfaz de usuario y la interfaz de satélite y permite que las aplicaciones diseñadas para ser compatible con SI-SAP sean portadas fácilmente. IPoS gestiona Capas 1 y 2, y se adhiere a SI-SAP cuando se conecta con el mundo. IPoS es escalable, soportando aplicaciones desde una única oficina en casa a los clientes VPN multinacionales.

El sistema AIS (*Adaptative Inroute Selection*) se utiliza para combatir el desvanecimiento o atenuación de la señal debido a la lluvia, ya que el terminal remoto puede cambiar la tasa de FEC automáticamente dependiendo de las condiciones climáticas. La tasa de FEC de 4/5 puede cambiar a tasa 2/3 y a 1/2 instantáneamente sin necesidad de conmutar hacia otras *inroutes*. Esta característica además permite cambiar velocidades de símbolo más bajas debido a los efectos de la lluvia.

La Figura 23 muestra el ejemplo de un terminal remoto del sistema que puede cambiar de frecuencia ágilmente a través de todos los canales de *Inroutes* disponibles, con lo cual se optimiza la asignación de recursos disponibles.



#### 1.7.4 Manejo avanzado de ancho de banda

Además de las particiones lógicas de ancho de banda de entrada, el sistema HX permite al operador asignar anchos de banda a medida para cumplir requerimientos de *jitter* y latencia o priorización de una aplicación sobre otra. El sistema permite configurar servicios como:

- *Best Effort Services*

- *Constant Bit Rate (CBR) Services*
- *On Demand Streaming (ODS)*
- *Traffic Priorization*
- *Adaptative Inroute Selection (AIS)*

### **1.7.5 Seguridad de red**

El sistema HX incluye un mecanismo de Acceso Condicional que es usado para prevenir espionaje de terminales remotas sobre el tráfico de *outroute*. Adicionalmente, el sistema soporta estándares basados en IPsec/IKE para encriptación AES (*Advanced Encryption Standard*) de los datos y manejo de llaves de encriptación en la red HUGHES.

IPsec proporciona servicios de seguridad en la capa IP permitiendo al sistema seleccionar los protocolos de seguridad, determinar e implementar cualquier algoritmo criptográfico requerido para proporcionar los servicios solicitados. (Francisconi, 2005, pp. 127)

“IKE (*Internet Key Exchange*) Es un protocolo híbrido de IPsec con el atributo de autenticación mediante claves previamente compartidas para proporcionar al usuario remoto el acceso a una red segura” (Javvin, 2005).

AES es el primer sistema de cifrado de acceso público y abierto para información altamente secreta. Su sistema de cifrado por bloques, fue diseñado para manejar longitudes de clave y de bloque variables entre 128 y 256 bits. (Francisconi, 2005, p.113).

### **1.7.6 Full-Featured IP Router**

El sistema HX provee un set completo de funcionalidades de router IP, eliminando la necesidad de ruteadores externos soportando diversos RFC (*Request for comments*) como se indica en la Tabla 7.



Tabla 7. RFCs soportados por el Sistema HX de *Hughes*

RFC 1058 (RIPv1)	RFC 2453 (RIPv2)
RFC 1256 (IRDP)	RFC 3768 (VRRP)
RFCs 1519/4632 (CIDR)	RFCs 1771/1772/4271 (BGP)
RFC 1997 (BGP <i>Communities Attribute</i> )	RFC 2842 ( <i>Capabilities Advertisement</i> )
RFC 2385 (BGP <i>use to TCP/MD5</i> )	RFC 2796 (BGP <i>Route Reflection</i> )
RFC 2439 (BGP <i>Route Flap Dampening</i> )	RFC 2918 (BGP <i>Route Refresh Capability</i> )
RFC 4360 (BGP <i>Ext. Communities Attribute</i> )	RFC 3065 ( <i>AS Confederations for BGP</i> )
RFC 791 (IPv4)	RFC 791 (ICMPv4)
RFC 793 (TCP)	RFC 768 (UDP)
RFC 959 (FTP)	RFCs 854/855 ( <i>Telnet</i> )
RFC 1112 (IGMPv1)	RFC 2236 (IGMPv2)
RFC 3376 (IGMPv3)	RFC 1661 (PPP)
RFC 2516 (PPoE)	
RFC 3022 (NAT)	RFC 1939 ( <i>E-Mail: POP</i> )
RFC 3501 ( <i>E-Mail: IMAP</i> )	RFC 3461 ( <i>E-Mail: SMTP</i> )
RFC 2131 (DHCP)	RFC 3046 ( <i>DHCP Relay</i> )
RFC 1157 (SNMP)	
RFC 1349 (TOS)	RFC 2473 (DSCP)
RFC 2616 (HTTP)	RFC 2818 (HTTPS)
RFC 3051 ( <i>V.44 Compression</i> )	RFC 3095 ( <i>Robust Header Compression</i> )
RFC 4302 (IPsec: AH)	RFC 4303 (IPsec: ESP)
RFC 4305 ( <i>ESP/AH Crypto Requirements</i> )	RFC 1321 (MD5)
RFC 1829 (DES)	RFC 1852 (3DES)

RFC 2085 (HMAC-MD5)	RFC 2404 (HMAC-SHA-1)
RFC 2409 (IKE)	RFC 3566 (AES-XCBC-MAC-96)
RFC 3686 (AES)	RFCs 4346/4366 (SSL/TLS)

## Protocolos IP

*Unicast y multicast*, TCP (*Transmission Control Protocol*) y UDP (*User Datagram Protocol*) como por ejemplo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), SSI (*Service Set Identifier*), RTP (*Real-time Transport Protocol*), SIP (*Session Initiation Protocol*), etc. IGMP (*Internet Group Management Protocol*), etc.

## Protocolos de ruteo

- **RIP** (*Routing Information Protocol*), este protocolo posibilita el intercambio de información entre ruteadores acerca de redes IP a las que se encuentran conectados.
- **ICMP** (*Internet Control Message Protocol*). Envía mensajes de error, indicando por ejemplo que un servicio determinado no está disponible o que un router o host no puede ser localizado.
- **ARP** (*Address Resolution Protocol*). Es el responsable de encontrar la dirección hardware (Ethernet MAC) que corresponde a una determinada dirección IP.
- **BGP** (*Border Gateway Protocol*). Intercambia información de ruteo entre sistemas autónomos y habilita el sistema para interoperabilidad con redes MPLS (*Multiprotocol Label Switching*).
- **VRRP** (*Virtual Router Redundancy Protocol*) Aumenta la disponibilidad de la puerta de enlace por defecto dando servicio a los usuarios finales

de la misma subred sin la necesidad de una configuración dinámica del *router*.

- **PBR** (*Policy Base Routing*) Esta técnica sirve para implementar decisiones de enrutamiento basadas en políticas definidas por el administrador de la red. En este caso, para soporta tráfico sobre todos los caminos disponibles en la red y no sólo por una ruta activa.
- **VLAN *tagging*** también conocido como etiquetado de tramas, este método ayuda a identificar los paquetes que viajan a través de los enlaces troncales. Cuando una trama Ethernet atraviesa un enlace troncal, se añade una etiqueta especial VLAN al bastidor y se envía a través del enlace troncal.

## **Servicios IP**

Proporcionan servicios de red críticos para ayudar a implementar, administrar y controlar la red IP, para beneficiar al proveedor de servicios y a los usuarios finales. Los servicios IP con los que cuenta el sistema son:

- Direccionamiento flexible con soporte de NAPT (*Network Address Port Translation*), NAT (*Network Address Translation*) con *port forwarding*, DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) *server* y *relay*.
- ACL (*Access Control List*) integrado, para control tanto de redes LAN locales como redes externas.
- Protección contra virus integrado

## **Alto rendimiento**

El sistema implementa PEP (*Performance Enhancement Proxy*) que incluye

TCP *spoofing* y reducción de ACK (*Acknowledgement*) o acuse de recibo, para asegurar el uso óptimo del ancho de banda. El sistema HX provee compresión de datos y cabeceras en *Inbound* y *Outbound*.

También integra optimización para manejo del tráfico de Internet, incluyendo DNS *caching*, aceleración HTTP/HTTPS, *Fenced Internet* para reservar uso de ancho de banda satelital para determinados sitios de Internet seleccionados.

### **1.7.7 VoIP**

El sistema HX integra un sistema para Optimización de tráfico de voz sobre IP en el cuál la VoIP (*Voice Over IP*) es detectada automáticamente y los recursos de ancho de banda son eficientemente asignados. VoIP y otros servicios que demanden un ancho de banda constante, como video conferencia, son reconocidos y priorizados basados en la dirección IP de origen o destino, puerto TCP/UDP, opciones TCP, tipo de ICMP y bits DSCP (*Differentiated Services Code Point*).

Las IDU HX50 y HX100 tienen dos puertos Ethernet 10/100 y dos canales de voz con puertos RJ-45 tipo FXS (*Foreign Exchange Station*) para operación sobre dos hilos y conexión directa a teléfonos analógicos convencionales. Al establecerse una sesión de VoIP, las IDU solicitan un CBR (*Constant Bit Rate*) sobre el satélite durante toda la llamada. Adicionalmente dependiendo del codec empleado se optimiza el tamaño de paquetes para proveer alta calidad de voz (tipo comercial) sobre el satélite.

### **1.7.8 Comisionamiento automático**

El término comisionamiento proviene de la palabra en ingles *comissioning* usado por el fabricante *Hughes* para definir el sistema que permite comisionar la VSAT sin necesidad de apoyo en el HUB; dicho en palabras simples, el comisionamiento es el proceso en que las IDUs se registran en la base de datos del HUB para entrar en funcionamiento.

Una vez que la VSAT fue instalada y tiene el máximo apuntamiento al satélite, se establece un enlace al NOC, la VSAT se autentica de manera automática con el sistema de autocomisionamiento a través de las llaves de acceso que son cargadas previamente, en el servidor CAC (*Conditional Access Server*), y se descarga la configuración requerida para la VSAT.

### **1.7.9 Modularidad**

Dado que *Hughes* es operador en los Estados Unidos con casi 500.000 usuarios utilizando la plataforma HX, la modularidad es muy importante dado que permite que el equipamiento del NOC vaya creciendo de manera escalonada conforme se agregan VSATs a la red.

### **1.7.10 Aplicaciones**

La plataforma HX de *Hughes* puede soportar diversas aplicaciones, a continuación se enumeran algunas:

- Respaldo Satelital
- Educación a Distancia
- Telefonía
- IP TV Corporativo
- VoIP
- Video vigilancia
- SCADA
- Conexión a redes MPLS VPN
- Encriptación
- Distribución de Contenido
- Video conferencia

## **1.8 Herramienta de monitoreo PRTG**

PRTG es un *software* de monitoreo desarrollado por la compañía alemana

*Paessler G.A* que permite configurar y ejecutar una estación de ancho de banda y de monitoreo de red.

Esta herramienta será empleada en el Capítulo II para obtener muestras del tráfico real que está cursando por la red, se escoge PRTG debido a las numerosas características de este *software*, ventajas y mejoras que ofrece a la red porque además de monitorear redes y servidores, puede detectar automáticamente y responder ante amenazas y problemas de rendimiento en tiempo real, así como ayudar a prevenir posibles problemas en el futuro; como se explica a continuación.

PRTG realiza varios tipos de monitoreo como son:

- Monitor de ancho de banda: puede ver en tiempo real cuanta banda ancha es utilizada e identificar los cuellos de botella.
- Monitor de servidores en red: el monitor LAN controla si el servidor está o no funcionando, la carga del CPU, la temperatura, etc.
- Monitor VoIP: mide pérdida de paquetes, ruido *jitter noise*, etc.
- Monitoreo *Web*: verificar si un sitio *web* está disponible.

Esta herramienta soporta múltiples protocolos para la recolección de datos, pero se analizan: SNMP, *sniffing* de paquetes y monitoreo *NetFlow* que son los que se emplearán para la toma de muestras de la red VSAT.

### **1.8.1 Monitor SNMP**

Monitoreo de red SNMP supervisa el uso de ancho de banda de *routers* o *switches* puerto por puerto, de esta manera realiza la recopilación de datos de ancho de banda y uso de la red.

### **1.8.2 Packet sniffing**

*Packet sniffing* es otro método empleado por el monitor LAN: con el *sniffer* de paquetes IP integrado en PRTG puede inspeccionar todos los paquetes de datos viajando en la red para calcular el tráfico de ancho de banda; adicionalmente indica cuál aplicación o IP está causando mayor tráfico en la red.

### **1.8.3 Monitoreo NetFlow**

Para monitorizar equipos Cisco, PRTG es compatible con el protocolo *NetFlow*, Adicionalmente PRTG también monitoriza equipos WAN (*Wide Area Network*) o en otras redes usando sondas remotas.

## **1.9 Herramientas de valor**

A la par con el uso de PRTG, la herramienta de valor que se maneja para probar el ancho de banda es el medidor de velocidad *Speedtest* que es un programa que prueba la velocidad de conexión de Internet desde cualquier parte del mundo, esta clase de programas permite medir la velocidad de descarga y de subida con la que un usuario está navegando.

## CAPÍTULO II

### 2. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED SATELITAL VSAT BANDA KU

Después de haber revisado la parte teórica que sustenta el presente proyecto, se toman las técnicas, métodos, herramientas de monitoreo y de valor explicadas anteriormente, para abordar el estudio del estado actual de la red satelital del COMACO y la proyección al asumir nuevos usuarios.

Sobre el estado actual se da a conocer los planes de servicio, el ancho de banda disponible, el tráfico cursado por la red a través de la recolección de datos reales y pruebas de navegación y el análisis el tráfico de control y administración. Así como también se describe y analiza los equipos del HUB, sus funciones e interacción con el resto de equipos del sistema a través del gestor de administración llamado *Vision*.

En cuanto a la proyección de la red con el incremento de terminales remotos se analizan los requerimientos de los nuevos usuarios finales y se analiza el nuevo tráfico de subida y bajada satelital.

Todo esto como preámbulo para el desarrollo del diseño tratado en el Capítulo III.

#### 2.1 Estado actual de la red

Actualmente la red HX Vsat banda Ku *Hughes* del COMACO cuenta con 52 estaciones remotas ubicadas a nivel Nacional, las mismas que son utilizadas por el personal militar para servicio de internet, voz, datos y fines militares.

Estas estaciones están registradas en el *software* de gestión como se indica en la figura 24, con el particular que: de las 52 estaciones remotas, 25 se



encuentran en estado operativo permanente y 27 permanecen la mayor parte del tiempo apagadas, aparentemente sub-utilizadas, pero no se puede prescindir de estas estaciones por cuanto son empleadas únicamente para operaciones militares especiales que se realizan fortuitamente y deben estar listas para utilizarse el momento que lo necesiten.



The screenshot shows a table with four columns: Name, IP Address, Serial Number, and Space Status. The table content is as follows:

Name	IP Address	Serial Number	Space Status
Status (52)			
+ Critical (27)			
+ Normal (25)			

Figura 24. Estado de operación de las estaciones del COMACO

En forma representativa se ubican las estaciones remotas en la figura 25, identificando las estaciones que permanecen encendidas las 24 horas del día con color verde, las estaciones que se encuentran apagadas en color rojo y la estación terrena en color negro.

La red se basa en la arquitectura de topología en estrella, en la cual los 52 terminales se comunican a través de un concentrador central llamado HUB o NOC. El NOC soporta una capacidad de banda ancha de salida (*outroute*) y canales de retorno (*inroutes*) para los usuarios finales.

La capacidad satelital necesaria para la red está determinada por el funcionamiento del satélite sobre el Ecuador, los planes de servicio que se analizarán en el numeral 2.1.1 y las características del sistema HX de *Hughes* que se analizaron en la sección 1.7.

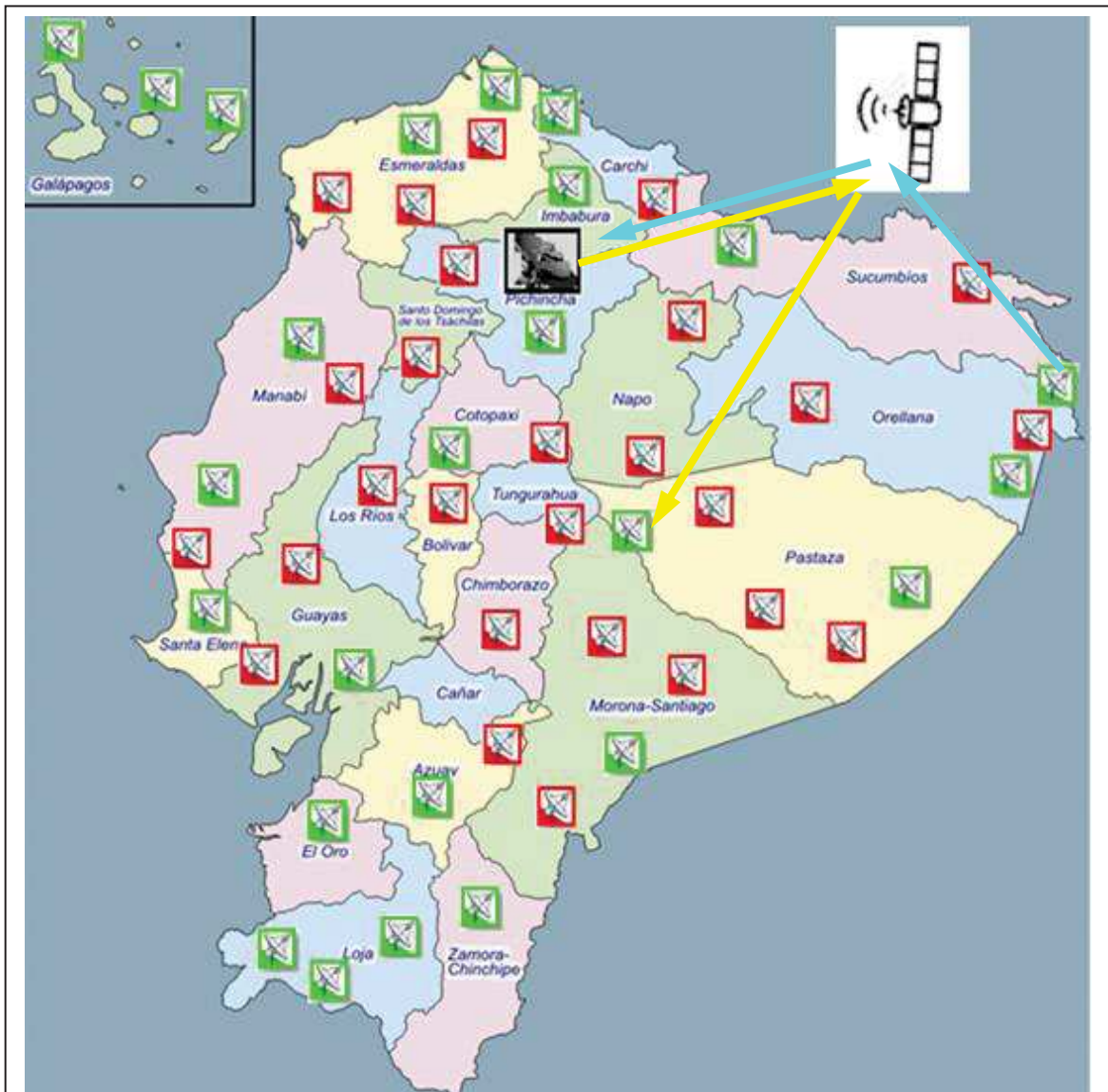






Figura 25. Ubicación NOC y estaciones terrenas de la red del COMACO

- a)  Estaciones estado "Critical"
- b)  Estaciones estado "Normal"
- c)  Canal *Inroute*
- d)  Canal *Outroute*

### 2.1.1 Planes de servicio de las 52 estaciones remotas

Las 52 Estaciones remotas pertenecientes a la red satelital del COMACO tienen los siguientes planes de servicios:

Tabla 8. Planes de Servicio de las 52 Estaciones remotas

<b>Velocidad de bajada [Kbps]</b>	<b>Velocidad de subida [Kbps]</b>	<b>cantidad de sitios</b>
1024	512	22
512	256	29
1024	1024	1

### 2.1.2 Ancho de banda actual disponible

El COMACO posee un total de 12 MHz de Espectro satelital alquilado en el *transponder* del satélite AMC-4 (Anexo E).

Con el acceso *Inroute* multifrecuencia como se explicó en el Capítulo I, se hace posible la reutilización de portadoras, de la cual en la tabla 9 se presenta el plan de frecuencia actual configurado en la red satelital Banda Ku del COMACO en el que indica la frecuencia central de operación y la asignación a cada portadora de la siguiente manera:

Tabla 9. Plan de frecuencias configurado en la red del COMACO

<b>Portadora</b>	<b>Asignado [MHz]</b>	<b>Frecuencia Inicial [MHz]</b>	<b>Frecuencia Final [MHz]</b>	<b>Frecuencia central [MHz]</b>
<i>Outroute</i>	5,40	14414.10	14419.50	<b>14,416.80</b>
<i>Inroute 1</i>	0,72	14419.70	14420.42	<b>14,420.06</b>
<i>Inroute 2</i>	0,36	14420.42	14420.78	<b>14,420.60</b>
<i>Inroute 3</i>	0,36	14420.78	14421.14	<b>14,420.96</b>
<i>Inroute 4</i>	0,36	14421.14	14421.50	<b>14,421.32</b>
<i>Inroute 1</i>	0,72	14421.50	14422.22	<b>14,421.86</b>
<i>Inroute 2</i>	0,72	14422.22	14422.94	<b>14,422.58</b>
<i>Inroute 3</i>	0,36	14422.94	14423.30	<b>14,423.12</b>

<i>Inroute 4</i>	0,36	14423.30	14423.66	<b>14,423.48</b>
<i>Inroute 5</i>	0,36	14423.66	14424.02	<b>14,423.84</b>
<i>Inroute 6</i>	0,36	14424.02	14424.38	<b>14,424.20</b>
<i>Inroute 7</i>	0,36	14424.38	14424.74	<b>14,424.56</b>
<i>Inroute 8</i>	0,36	14424.74	14425.10	<b>14,424.92</b>
<i>Inroute 9</i>	0,36	14425.10	14425.46	<b>14,425.28</b>
<i>Inroute 10</i>	0,36	14425.46	14425.82	<b>14,425.64</b>
Total	11,52			

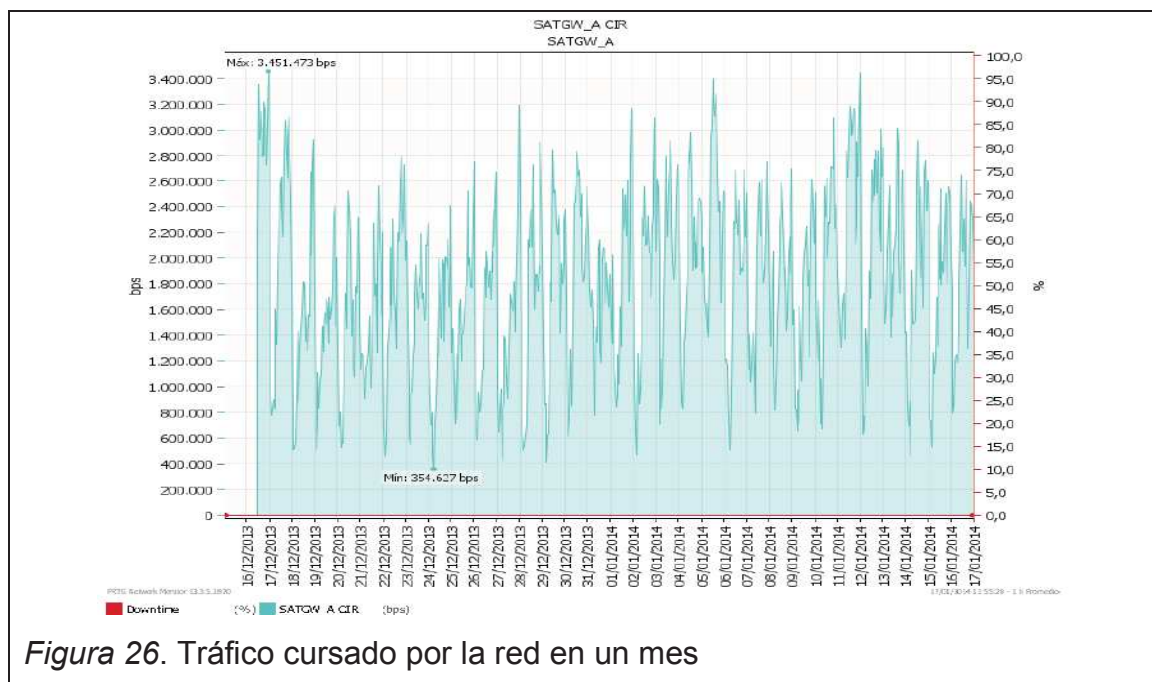
*Nota:* Información proporcionada por el COMACO

El rehuso de las portadoras se hace de la siguiente forma: cuando una estación remota se encuentra transmitiendo por ejemplo en la *inroute 1* y la misma se encuentra saturada, la estación remota puede transmitir por cualquier otra disponible en ese momento y así sucesivamente, es entonces cuando se produce la optimización de portadoras.

La columna "Asignado [MHz]" corresponde al ancho de banda ocupado por la *outroute* y las diferentes *inroutes* de la red VSAT banda Ku, de la suma de toda esa columna se tiene el total de ancho banda utilizado que es de 11.52 [MHz], por lo que se tiene 0.48 [MHz] disponibles en el *transponder*.

### 2.1.3 Tráfico cursado por la red

Mediante la ayuda de la herramienta de monitoreo PRTG se toma la captura del tráfico cursado por la red en el *Satellite Gateway* (SATGW) en el lapso de un mes en condiciones normales de operación, la figura 26 indica un pico máximo de 3.45 [Mbps] aproximadamente.



#### 2.1.4 Pruebas de navegación desde las estaciones remotas

Las pruebas de navegación consisten en generar tráfico desde el sitio remoto y observar el comportamiento del ancho de banda asignado a la estación remota mediante el uso de cualquier medidor de velocidad disponible en internet.

Como muestreo se realiza la prueba en un sitio remoto al que denominaremos X (por políticas del COMACO no se puede revelar la ubicación y nombre de los terminales remotos) se utiliza el medidor de velocidad *Speedtest* de CNT, mostrando el resultado en la figura 27 la cual indica una velocidad de descarga de 0.50 [Mbps] y 0.30 [Mbps] en la velocidad de subida.



## 2.2 Análisis del tráfico de control y administración

La red necesita soportar tráfico para sincronismo de los equipos, administración de los mismos y tráfico para controlarlos, este tráfico es enviado desde el HUB hacia las estaciones remotas, es decir es el tráfico que viaja sobre la *Outroute*. También se debe considerar el tráfico necesario para que las Estaciones remotas puedan acceder de una forma organizada y sincronizada al medio, este tráfico es conocido como tráfico de acceso al medio y viaja en las *Inroutes*.

Debido a que este tráfico no es muy considerable se mantendrá lo presupuestado por HUGHES para el diseño de la actual red que fue 200 [Kbps] para la *Outroute* y 350 [Kbps] para las *Inroutes* (Tomado de: COMACO).

## 2.3 Análisis de los requerimientos de los nuevos usuarios finales

Según el COMACO se debe considerar los siguientes requerimientos para los nuevos 28 usuarios:

- Perfiles de 256 [Kbps] de subida por 256 [Kbps] de bajada para las estaciones remotas.
- Un teléfono IP por Estación remota.
- Para la telefonía se deberá considerar 100 [Kbps] por llamada.
- Simultaneidad de Uso del Canal para el tráfico del usuario de subida (*Inroute*) y de bajada (*Outroute*) del 100 %.

Los perfiles que solicita el COMACO soportarán ocasionalmente videoconferencias y serán útiles para la transferencia de datos que requieren, además de tener acceso a internet a páginas determinadas por el personal a cargo de la administración de la red.

El requerimiento del COMACO indica 100 [Kbps] por llamada ya que ese es el

ancho de banda que manejan los CODECs instalados en su NOC (*Networking Operation Center*).

El COMACO solicita simultaneidad del 100 % que significa asumir que todas las estaciones remotas estarán usando el canal al mismo tiempo ya que requieren que sus Estaciones remotas siempre estén disponibles cuando así lo necesiten para realizar sus operaciones militares.

#### 2.4 Análisis del nuevo tráfico de subida y bajada satelital

Para determinar el nuevo tráfico total de subida y de bajada que circulará por la red se debe hacer un cálculo total con el tráfico de las 52 Estaciones remotas existentes más el tráfico generado por la incorporación de las 28 nuevas estaciones remotas, por lo que se tiene:

Tabla 10. Planes de servicios totales

<b>Velocidad de bajada (Kbps)</b>	<b>Velocidad de subida (Kbps)</b>	<b>cantidad de sitios</b>
1024	512	22
512	256	29
1024	1024	1
256	256	28
NUMERO DE ESTACIONES REMOTAS TOTALES		80

*Nota:* Los números en color azul representan datos de los nuevos 28 sitios.

A continuación se detalla el procedimiento y las ecuaciones utilizadas para el dimensionamiento del tráfico de Subida y Bajada satelital (los superíndices en rojo se colocan para localizar las variables con mayor facilidad en la tabla 11).

## 2.5 Definición de variables

### 2.5.1 Simultaneidad <sup>1</sup>

Se considera una simultaneidad del 100 % por requerimiento del COMACO ya que las Estaciones Remotas son usadas en operaciones militares por lo que se asume que todas las Estaciones Remotas van a estar siempre transmitiendo simultáneamente y de esta forma se asegura su uso en cualquier momento.

### 2.5.2 Radio *Outroute* <sup>2</sup>

Cada Plan de servicio tiene su propio Radio *Outroute* y es el valor que asegurará un máximo y un mínimo ancho de banda óptimo para que los usuarios finales puedan descargar aplicaciones, abrir páginas, escuchar música, etc. desde la red en condiciones normales, este ancho de banda también es denominado CIR (*Committed Information Rate*). (Los valores de radio que se mencionan en la tabla 11 fueron proporcionados por el COMACO).

### 2.5.3 Radio *Inroute* <sup>3</sup>

Cada Plan de servicio tiene su propio Radio *Inroute* y es el valor que asegurará un máximo y un mínimo ancho de banda óptimo para que los usuarios finales puedan enviar datos hacia la red en condiciones normales, este ancho de banda también es denominado CIR. (Los valores de radio que se mencionan en la tabla 11 fueron proporcionados por el COMACO).

### 2.5.4 Num. Sitios <sup>4</sup>

Es el número de sitios que trabajará con cada plan de servicio, para esta columna se han considerado los 52 sitios que se encuentran ya trabajando y los 28 nuevos sitios que se desean incorporar a la red.



### 2.5.5 *Outroute* (Kbps) <sup>5</sup>

Es el Ancho de banda de bajada requerido por cada plan de servicio considerando la simultaneidad y el CIR.

$$\text{Outroute [Kbps]} = (\text{Simultaneidad} * \text{Bajada} * \text{Num. Sitios}) / \text{Radio Outroute}$$

(Ecuación 1)

### 2.5.6 *Inroute* (Kbps) <sup>6</sup>

Es el Ancho de banda de subida requerido por cada plan de servicio considerando la simultaneidad y el CIR.

$$\text{Inroute [Kbps]} = (\text{Simultaneidad} * \text{Subida} * \text{Num. Sitios}) / \text{Radio Inroute}$$

(Ecuación 2)

### 2.5.7 Sitios Totales <sup>7</sup>

Es la suma de los 52 sitios existentes actualmente en la red y los nuevos 28 sitios que se desean incorporar.

### 2.5.8 Tráfico de Usuario final Total <sup>8</sup>

Es la suma de del ancho de banda del *Outroute* e *Inroute* requerido por cada plan de servicio.

### 2.5.9 Compresión Estándar del *Outroute* e *Inroute* <sup>9</sup>

Es el porcentaje de compresión de datos que permite ahorrar ancho de banda tanto en el *Outroute* como en el *Inroute*. Según HUGHES se debe considerar una compresión del *Outroute* del 15 % y del *Inroute* del 20 %.

### 2.5.10 Capacidad del *Outroute* e *Inroute* luego de la compresión (Kbps) <sup>10</sup>

Es la cantidad de datos del tráfico de Usuario final Total resultante luego de la compresión del *Outroute* e *Inroute* más el Tráfico de VoIP.

Capacidad del *Outroute* e *Inroute* luego de la compresión [Kbps] = Tráfico de Usuario final Total \* Compresión estándar del *Outroute* e *Inroute* + Tráfico VoIP  
(Ecuación 3)

### 2.5.11 Tráfico *Outroute* de sincronismo y Supervisión/ tráfico *Inroute* ALOHA [Kbps] <sup>11</sup>

Básicamente el tráfico de sincronismo es el tráfico que usan los equipos del HUB para poder sincronizar las estaciones remotas y de esta forma las mismas puedan intercambiar datos con el HUB.

Por otra parte el tráfico de supervisión es el usado por las estaciones remotas para poder bajar archivos de configuración desde el HUB y también el tráfico SNMP (*Simple Network Managment Protocol*) que permite conocer el estado de las mismas.

El Tráfico *Inroute* Aloha es el tráfico que las remotas usan para poder acceder al medio y de esta forma poder transmitir datos sobre el enlace satelital. Debido a la amplia experiencia de HUGHES en dimensionamientos de enlaces satelitales a nivel mundial, ellos consideran suficiente con asumir 200 [Kbps] para el *Outroute* y 225 [Kbps] para el *Inroute* (*Hughes Network System*, 2009, pp.7), valores que se asumen para los cálculos posteriores por recomendación del fabricante.

### 2.5.12 Eficiencia de *Outroute* e *Inroute* <sup>12</sup>

Debido a que el *Outroute* e *Inroute* atraviesan por el espacio que resulta de cierto modo hostil por la presencia de nubes o lluvia o edificaciones, etc,

pueden provocar incorporación de errores, pérdidas mínimas de sincronismo, pérdidas de paquetes, etc. HUGHES considera que la eficiencia de trabajo del *Outroute* es del 92 % y del *Inroute* del 89 %.

### 2.5.13 Capacidad del *Outroute* e *Inroute* luego de la eficiencia [Kbps] <sup>13</sup>

Es la capacidad del *Outroute* e *Inroute* considerando la eficiencia de los mismos.

### 2.5.14 Tráfico VoIP <sup>14</sup>

Es el tráfico requerido para realizar llamadas telefónicas en la red satelital. Para obtener el tráfico VoIP se procedió de la siguiente forma:

Número de canales activos de voz = Sitios totales \* Líneas por sitio \* Utilización de las líneas (Ecuación 4)

Tráfico VoIP = Número de canales \* Ancho de banda por canal de voz (Ecuación 5)

### 2.5.15 Ancho de banda total de *Outroute* e *Inroute*-Datos y Voz [Kbps] <sup>15</sup>

Es el ancho de banda total final que se prevé que circulará por la red.

Ancho de banda total de *Outroute* e *Inroute* - Datos y Voz [Kbps] = Tráfico de Datos + Tráfico de VoIP (Ecuación 6)

Tabla 11. Resultados del cálculo de dimensionamiento del tráfico de subida y bajada satelital

Número de sitios y Planes de Servicio por Sitio							Dimensionamiento	
Tráfico de Internet	Bajada [Kbps]	Subida [Kbps]	Simultaneidad <sup>1</sup>	Radio Outroute <sup>2</sup>	Radio Inroute <sup>3</sup>	Num. Sitios <sup>4</sup>	Outroute [Kbps] <sup>5</sup>	Inroute [Kbps] <sup>6</sup>
Planes de servicio	1024	512	100%	5	5	22	4506	2253
	512	256	100%	5	5	29	2970	1485
	1024	1024	100%	1	1	1	1024	1024
	256	256	100%	10	10	28	717	717
Sitios Totales <sup>7</sup>						80		
Tráfico de Usuario final total <sup>8</sup>							9216	5478
Compresión Estándar del Outroute e Inroute <sup>9</sup>							15%	20%
Capacidad del Outroute e Inroute luego de la compresión [Kbps] <sup>10</sup>							7891	4469
Tráfico Outroute de sincronismo y Supervisión/ tráfico Inroute ALOHA [Kbps] <sup>11</sup>							200	225
Eficiencia de Outroute e Inroute <sup>12</sup>							92%	89%
Capacidad del Outroute e Inroute luego de la eficiencia [Kbps] <sup>13</sup>							8794	5274
Tráfico VoIP <sup>14</sup>							El tráfico de Voz está incluido en la tráfico de datos	
Número total de Líneas								
Erlangs Totales (donde se ha considerado 0.03 Erlang B por línea)								
Canales Totales con el 1% de bloqueo en llamadas								
Ancho de banda de Outroute e Inroute por llamada [Kbps]								
Ancho de banda total de Outroute e Inroute-Datos y Voz [Kbps] <sup>15</sup>							8794	5274

Como se puede apreciar, se va a requerir 8794 [Kbps] de ancho de banda para el *Outroute* y 5274 [Kbps] para el *Inroute*, tomando en cuenta que la red estará soportando un total de 80 sitios y también tráfico de datos y voz. Sumando los valores de ancho de banda del *Outroute* e *Inroute* se tiene 14068 [Kbps] (aproximadamente 14 [Mbps]).

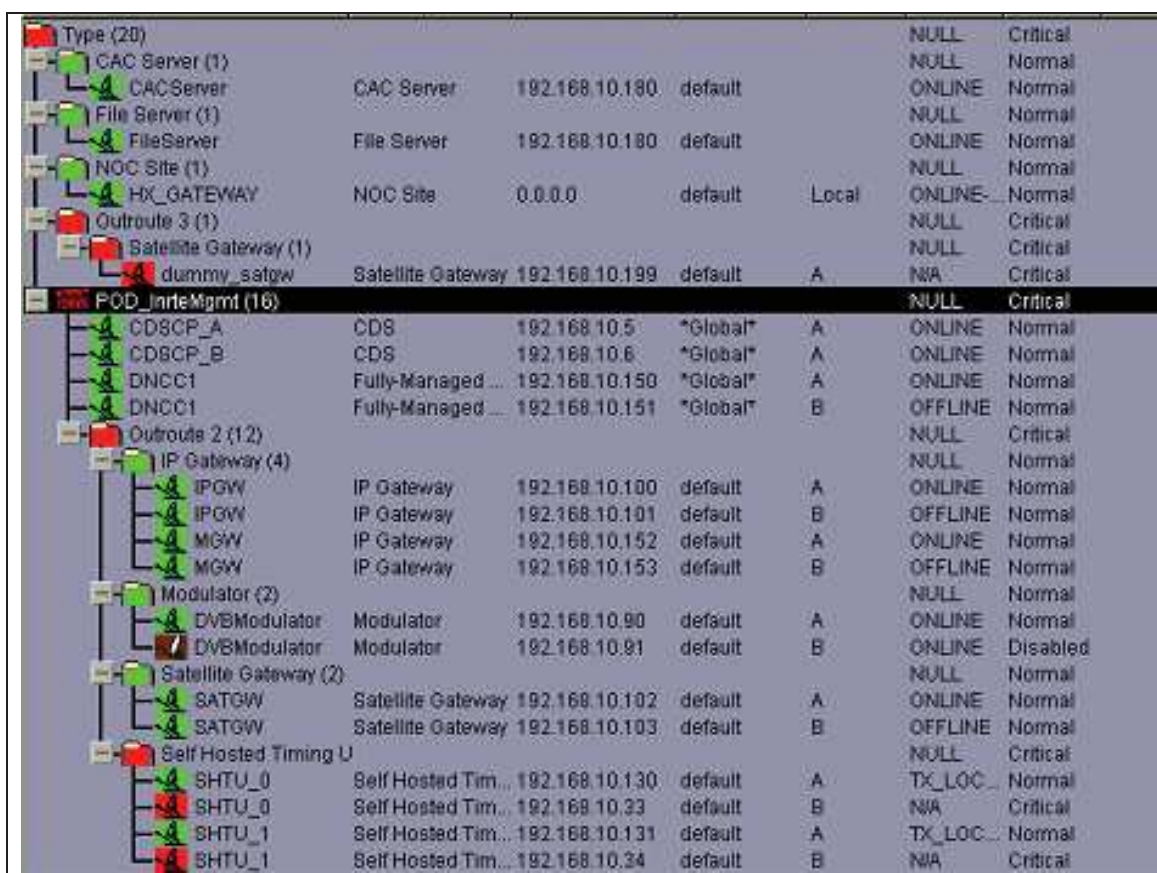
Por otra parte según el COMACO la red con la que actualmente cuentan fue diseñada para soportar tráfico de hasta 12 [Mbps], por lo que el ancho de

banda actual disponible no es suficiente para soportar la incorporación de 28 nuevos terminales en la red satelital HX HUGHES, justificando la creación de un HUB secundario que permita el crecimiento de la red.

## 2.6 Análisis y descripción de los equipos del HUB

El HUB del COMACO cuenta con varios equipos (servidores) que permiten una transferencia de datos efectiva desde y hacia el HUB, los servidores más críticos cuentan con redundancia y de esta forma el sistema es más robusto frente a posibles inconvenientes.

A continuación la captura de pantalla del sistema de gestión de la red satelital denominado *Vision*, en el que constan los equipos conectados al HUB del COMACO.

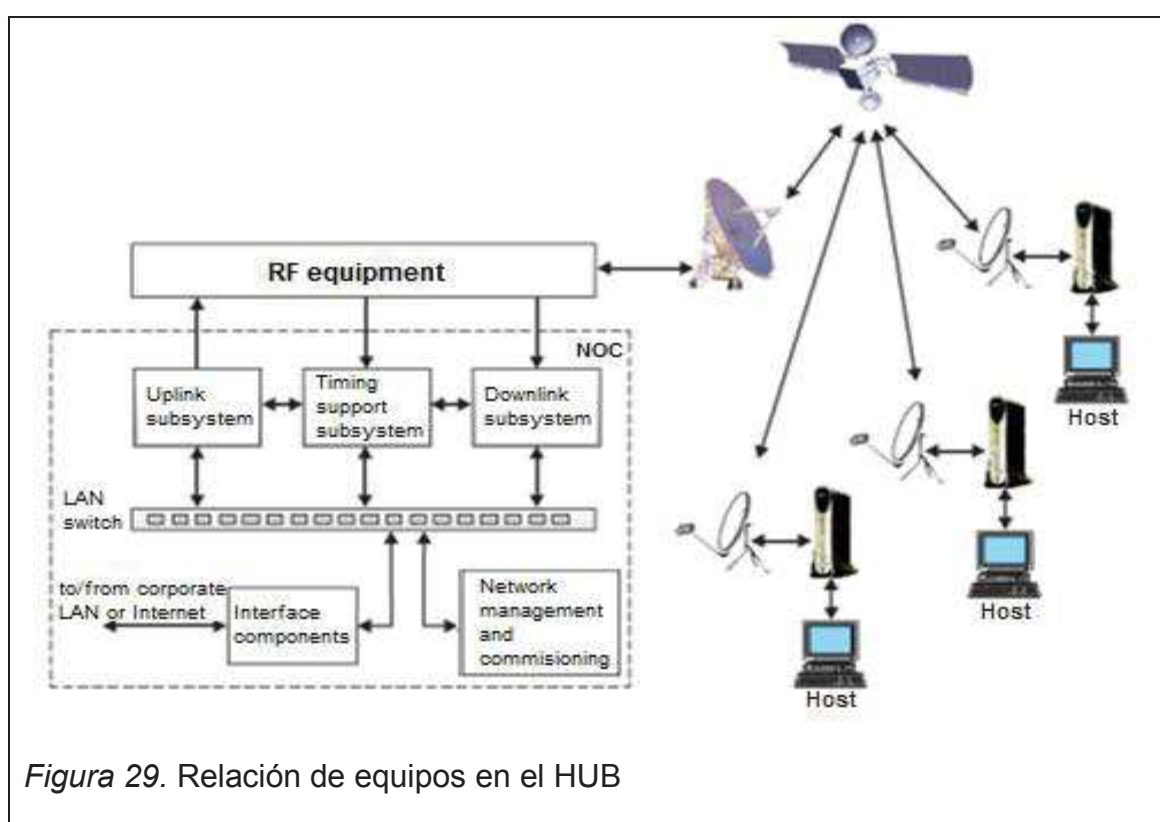


Equipment Name	Type	IP Address	Default	Location	Status	Priority
Type (20)					NULL	Critical
CAC Server (1)					NULL	Normal
CACServer	CAC Server	192.168.10.180	default		ONLINE	Normal
File Server (1)					NULL	Normal
FileServer	File Server	192.168.10.180	default		ONLINE	Normal
NOC Site (1)					NULL	Normal
HX_GATEWAY	NOC Site	0.0.0.0	default	Local	ONLINE	Normal
Outroute 3 (1)					NULL	Critical
Satellite Gateway (1)					NULL	Critical
dummy_satgw	Satellite Gateway	192.168.10.199	default	A	N/A	Critical
POD_intraMgmt (16)					NULL	Critical
CDSCP_A	CDS	192.168.10.5	*Global*	A	ONLINE	Normal
CDSCP_B	CDS	192.168.10.6	*Global*	A	ONLINE	Normal
DNCC1	Fully-Managed ...	192.168.10.150	*Global*	A	ONLINE	Normal
DNCC1	Fully-Managed ...	192.168.10.151	*Global*	B	OFFLINE	Normal
Outroute 2 (12)					NULL	Critical
IP Gateway (4)					NULL	Normal
IPGW	IP Gateway	192.168.10.100	default	A	ONLINE	Normal
IPGW	IP Gateway	192.168.10.101	default	B	OFFLINE	Normal
MGW	IP Gateway	192.168.10.152	default	A	ONLINE	Normal
MGW	IP Gateway	192.168.10.153	default	B	OFFLINE	Normal
Modulator (2)					NULL	Normal
DVBModulator	Modulator	192.168.10.90	default	A	ONLINE	Normal
DVBModulator	Modulator	192.168.10.91	default	B	ONLINE	Disabled
Satellite Gateway (2)					NULL	Normal
SATGW	Satellite Gateway	192.168.10.102	default	A	ONLINE	Normal
SATGW	Satellite Gateway	192.168.10.103	default	B	OFFLINE	Normal
Self-Hosted-Timing U					NULL	Critical
SHTU_0	Self-Hosted Tim...	192.168.10.130	default	A	TX_LOC...	Normal
SHTU_0	Self-Hosted Tim...	192.168.10.33	default	B	N/A	Critical
SHTU_1	Self-Hosted Tim...	192.168.10.131	default	A	TX_LOC...	Normal
SHTU_1	Self-Hosted Tim...	192.168.10.34	default	B	N/A	Critical

Figura 28. Equipos actuales del HUB del COMACO

Los servidores que se muestran en color verde son aquellos que se encuentran funcionando, los de color rojo y café son los equipos que no se encuentran trabajando.

Cada servidor está destinado a cumplir una función específica dentro del HUB, en la figura 29 se esquematiza de forma gráfica la relación entre los equipos para una mejor comprensión de la descripción de cada uno en cuanto a su función.



## 2.6.1 Servidores de administración

### CAC server (Conditional Access Controller)

Es un software instalado en la base de datos del *Vision* y se encarga de proporcionar encriptación *outroute* para el sistema HX; es decir, envía las llaves de encriptación correspondiente a cada Estación remota para que pueda entrar

en funcionamiento en la red satelital y lo hace de la siguiente manera; el número de serie de la VSAT es cargado previamente en la base de datos junto a una llave proporcionada por HUGHES al momento que la VSAT se conecta con el HUB, la base de datos revisa si el número de serie de la VSAT está contenido en sus registros; si la VSAT está registrada en la base de datos del *Vision*, este envía la llave a la VSAT y empieza a intercambiar información para que la VSAT ingrese a la red satelital, caso contrario, la VSAT no podrá formar parte de la red satelital, impidiendo la recepción de tráfico que pertenece a un usuario diferente.

### **File server**

Es un software de administración en *Vision*. Actúa como un repositorio central para todos los archivos de configuración y software del HUB, además el *File server* es útil cuando cualquier equipo del HUB desea actualizar su *software* ya que actúa como servidor FTP para descargas de actualizaciones. La figura 30 indica los archivos de descarga de las estaciones remotas y también las configuraciones de los equipos del HUB del COMACO.

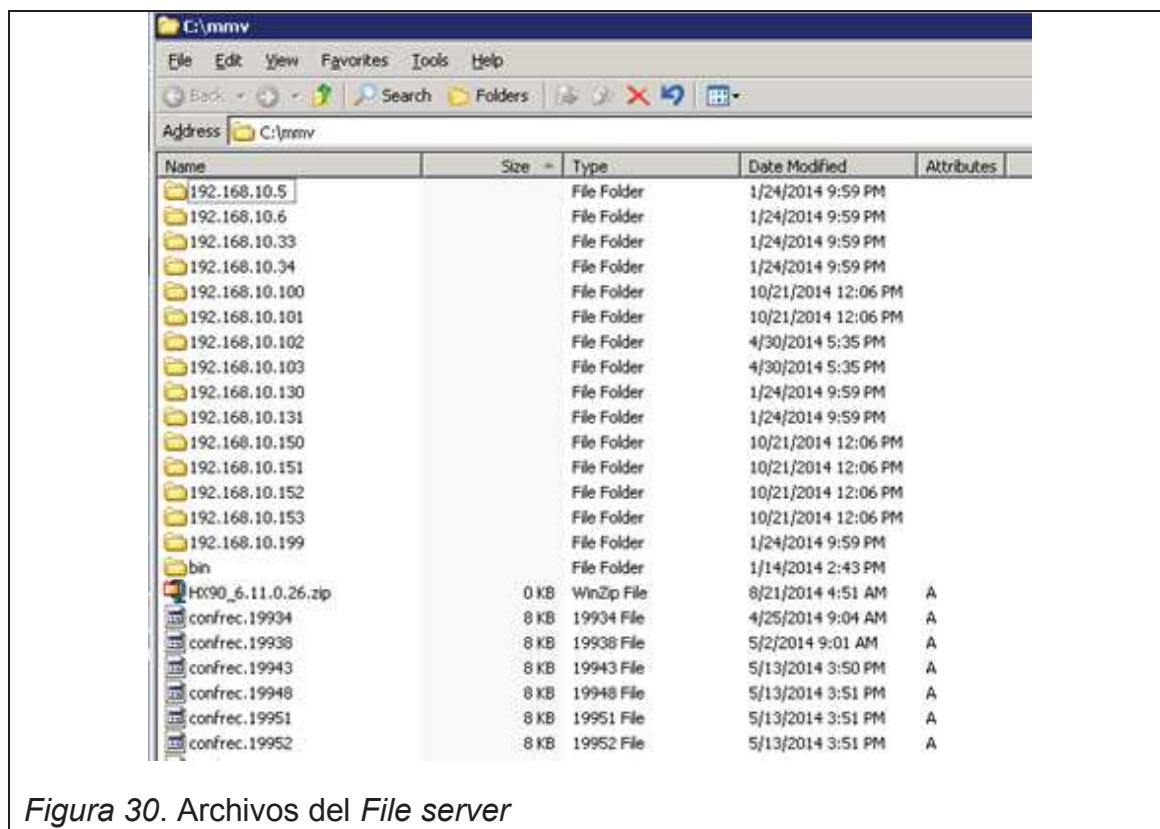


Figura 30. Archivos del File server

### MGW (Management Gateway)

MGW es una puerta de enlace IP que provee conectividad (sobre la gestión LAN) para el control y tráfico SDL entre la VSAT y el software *Vision*. Se encuentra en la arquitectura del DNCC, y se encarga de recibir el tráfico de administración de las Estaciones remotas, tales como información de descarga de *software* del *Vission*. Por otra parte las Estaciones remotas envían tráfico de administración, tales como peticiones de descarga de *software*. Este equipo es de alta capacidad; por lo tanto el uso del CPU es mínimo (3 %) como lo muestra la figura.



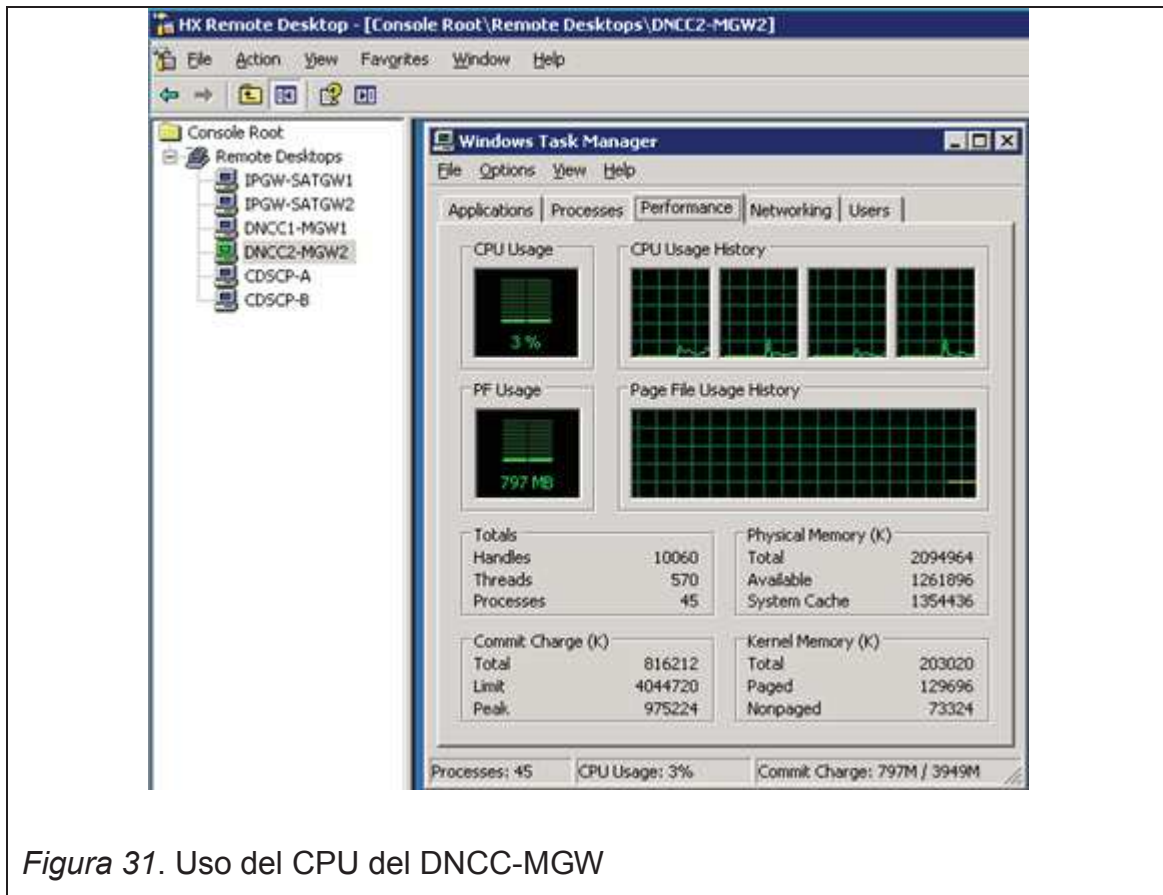


Figura 31. Uso del CPU del DNCC-MGW

## 2.6.2 Servidores de interface

### IPGW (IP Gateway)

El IPGW tiene funciones similares a de un *router* interno y proporciona la Interfaz entre la red LAN y la red del COMACO. Se encarga de enrutar las peticiones de descarga de *software* de las estaciones remotas y trabaja conjuntamente con el *File server*. Además recibe señales de control desde los diferentes equipos de la red. Este servidor cuenta con respaldo por ser un equipo con funciones críticas y tienen la capacidad de manejar hasta 18 Mbps (Hughes, 2009) de tráfico total en la red.

### 2.6.2.1 Servidores de enlace de subida

#### **SATGW (Satellite Gateway)**

El SATGW multiplexa todo el tráfico recibido de las *inroutes*, lo prioriza y encripta para pasar este tráfico al modulador para la transmisión de la *outroute*. También envía señales de referencia a los equipos de Radio frecuencia. Estos servidores tienen la capacidad de manejar hasta 30 Mbps de tráfico total en la red.

El SATGW y el IPGW funcionan en el mismo equipo físico.

### 2.6.2.2 Servidores de enlace de bajada

#### **CDSCP (*Configurable Demodulation System Control Process*)**

Este servidor recibe las señales de las *Inroute* desde los equipos de radio frecuencia y demodula las *Inroutes*. También recibe el *software* desde el *File Server*. El HUB actual posee dos CDSCP que se encuentran trabajando simultáneamente. La capacidad total de demodulación de *inroutes* por CDSCP depende de lo siguiente:

- **Tipo de CDSCP 1 BPE (*Burst Porcessing Engine*)**  
Este tipo de CDSCP soporta hasta 2.45 Msps y maneja hasta 9 *Inroutes*.
- **Tipo de CDSCP 4 BPE (*Burst Porcessing Engine*)**  
Este tipo de CDSCP soporta hasta 9.8 Msps y maneja hasta 9 *Inroutes*.

Actualmente el HUB del COMACO cuenta con dos CDSCP tipo 1 BPE.

### **DNCC (*Directway Network Control Cluster*)**

Se encarga de asignar el Ancho de banda a todas las Estaciones remotas y también de recibir y monitorear las señales de las *Inroutes* que provienen del CDSCP. Como lo nombra en HUGHES (2012), Se encarga de construir los paquetes IP originales y los reenvía a los respectivos IPGW.

Como se puede apreciar en la figura “Equipos actuales del HUB del COMACO” este servidor si cuenta con respaldo. Cada DNCC del HUB del COMACO tiene la capacidad de configurar 5 grupos de *Inroutes* y cada grupo de *Inroute* puede soportar hasta 69 *Inroutes*. Tiene cuatro interfaces:

- Canal WAN / LAN-Return 192.168.12.x
- LAN administrativa --- 192.168.10.x
- CP LAN --- 192.168.15.x
- MUX / LAN satélite --- 192.168.9.x

#### **2.6.2.3 Servidores de sincronismo**

##### **SHTU (*Self-Hosted Timing Unit*)**

Este servidor consiste es una unidad local de sincronismo, las Estaciones remotas se sincronizan mediante este equipo. Las estaciones remotas usan el sincronismo enviado por uno de los SHTU del COMACO si éste no está disponible automáticamente las Estaciones remotas usarán el otro SHTU disponible en el COMACO para sincronizarse con el HUB. La siguiente figura muestra el uso actual del CPU del SHTU.

Todos los servidores anteriormente señalados usan tráfico SNMP como medio para indicar su estado de operatividad en el sistema de gestión satelital *Vision*.

## **2.7 Gestor de administración**

*Hughes* utiliza un gestor propio de administración llamado *Vision*. Este sistema

operativo no requiere instalación por parte de los operadores del sistema ya que viene previamente cargado en los equipos.

El *software Vision* se encarga de administrar, configurar, controlar y monitorear los componentes del HUB y los terminales remotos. Para esto incorpora los siguientes componentes principales de gestión de red:

- Servidor de gestión de red independiente
- Interfaz gráfica de usuario (GUI)
- Base de datos de gestión

Estos componentes permiten al operador de red lograr la salud de los equipos así como también gestionarlos remotamente en caso de presentarse alguna emergencia.

### **2.7.1 Configuración de los componentes del HUB y estaciones remotas**

Cada vez que se realiza un cambio de configuración, los cambios se realizan localmente en el equipo.

La configuración de red se almacena en la base de datos (*File Server*), para ser descargado por cada componente de la red y los operadores pueden acceder a ella a través de una interfaz gráfica (GUI).

Para los sitios remotos *Vision* utiliza un mecanismo de entrega de multidifusión para transmitir los archivos compartidos simultáneamente a todos los terminales remotos que los necesitan, conservando así el ancho de banda *oute*.

Los parámetros de configuración se definen para cualquier componente en cualquiera de los siguientes tipos:

- **Parámetros individuales:** como las direcciones de interfaz, cuyos valores no se puede compartir, ya que deben ser específicos para cada equipo.
- **Perfiles** contienen parámetros tales como la asignación de recursos y los parámetros de ajuste que a menudo son compartibles. Los operadores de red pueden crear perfiles compartidos y gestionarlos de forma independiente de cualquier componente de red particular.

Además *Visión* puede generar alarmas referentes a fallas o condiciones de error de un componente específico. Por ejemplo, una alarma de componente puede ser generado cuando un sitio remoto ha permanecido apagado por un período de tiempo configurado.

### 2.7.2 Gestión de seguridad

*Vision* proporciona mecanismos para la seguridad del operador, la seguridad de los componentes de red y gestión de claves de cifrado.

#### La seguridad del operador

*Vision* controla todo el acceso a las funciones de gestión de red mediante la autenticación a nivel de usuario. Todas las interfaces están protegidas por una secuencia de inicio de sesión ID de usuario / contraseña.

Se definen dos clases de usuarios:

- Los usuarios privilegiados, quienes pueden definir a otros usuarios asignándoles sus derechos de acceso para realizar otras funciones de supervisión y administración. Sus derechos no tienen restricciones.
- Los usuarios sin privilegios sólo pueden realizar actividades para las que se hayan concedido derechos de acceso a los mismos.

## Seguridad de los componentes de la red

La red se divide lógicamente en dominios NMD (*Network Management Domain*) de configuración y de gestión.

Cada operador puede estar asociado con uno o más NMDs, restringiendo así el acceso del operador a los dispositivos de red que se encuentran asignados en los NMDs.

- **NMD de configuración**

*Vision* soporta el particionamiento lógico de la red en dominios no solapados llamados NMDs de configuración. Esta división se realiza a nivel del dispositivo de red (VSAT o NOC).

Cuando se instala una red, se proporciona automáticamente una NMD por defecto. Cada dispositivo pertenece a una NMD.

- **NMD de gestión**

*Vision* ofrece una NMD de gestión que puede ser asignado para cada estación remota, luego los operadores pueden ser asignados a esta NMD.

Las NMD de gestión difieren de las NMD de configuración en tres aspectos importantes:

- La NMD de gestión es opcional para una estación remota.
- Cualquier operador asignado a una NMD de gestión, sólo podrá tener privilegios de vigilar y controlar a las estaciones remotas.
- No se pueden dar privilegios de configuración a ningún operador dentro de un NMD de gestión.

## Gestión de claves de cifrado

La gestión de claves de cifrado de tráfico se realiza en el CAC Server.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DEL HUB SECUNDARIO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA RED SATELITAL VSAT BANDA KU

Con los resultados de los cálculos del tráfico proyectado para los nuevos terminales remotos del Capítulo II, se procede a comparar con los resultados proporcionados por el fabricante a través del software que maneja *Hughes* internamente, con el fin de conocer la proximidad entre los resultados y cerciorarse que los cálculos realizados están lo más pegados a la realidad posible.

Se presenta el presupuesto de enlace *Link Budget* para tener las consideraciones previas para el diseño a considerar.

En este Capítulo se presenta la conclusión del análisis de los equipos y de todo ajuste necesario para proponer el diseño final de la red satelital con una configuración que satisface los requerimientos de 80 terminales como solicita el COMACO.

#### 3.1 *Link budget*

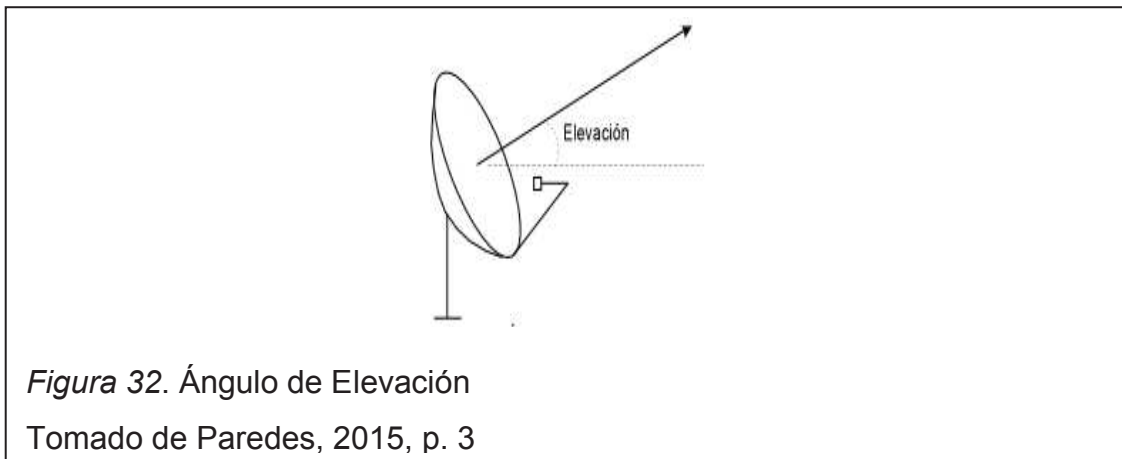
El presupuesto de enlace es la herramienta mediante la cual se establecen los recursos necesarios de un servicio para alcanzar los objetivos de rendimiento planteados por los usuarios.

Es el cálculo utilizado para determinar los requerimientos de energía necesarios para un enlace particular, en este caso el enlace del HUB hacia una estación remota, comprende toda la cadena de transmisión. De esta forma se puede medir la cantidad de potencia a transmitir y se calcula la potencia de recepción cuando se establezca el enlace entre los dispositivos terminales.

Para realizar el cálculo del Link Budget como primer paso debemos calcular los ángulos de elevación y el azimut a través de las siguientes ecuaciones:

### Ángulo de elevación

Es el ángulo vertical que se forma entre la dirección de una onda electromagnética irradiada por una antena de estación terrestre que apunta hacia el satélite y el plano horizontal. Si el ángulo de elevación es menor, la distancia que recorre la onda a la atmósfera es mayor.



Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{r_e + h_{GSO}}{d} \cdot \sqrt{1 - \cos^2(B) \cdot \cos^2(L_e)} \right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

$r_e$  = radio ecuatorial = 6.378,14 [Km]

$h_{GSO}$  = altura de la órbita geoestacionaria = 35 786 [Km]

$d$  = rango, en [Km]

$B$  = longitud diferencial, en grados

$L_e$  = latitud de la estación remota, en grados



El rango  $d$  se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$B = l_e - l_s \quad (\text{Diferencia de longitudes}) \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$R = \sqrt{(I^2 + Z^2)} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$I = \left( \frac{r_e}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \cos(L_e) \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde la excentricidad de un meridiano terrestre  $e = 0,08182$

$H$  es la altura de la estación terrena sobre el nivel del mar.

$$Z = \left( \frac{r_e(1 - e_e^2)}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \text{sen}(L_e) \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$\varphi = \text{tg}^{-1}\left(\frac{Z}{I}\right) \quad (\text{Ecuación 12})$$

Una vez realizado estos cálculos se procede a calcular el rango mediante la expresión:

$$d = \sqrt{R^2 + r_s^2 - 2R \cdot r_s \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(B)} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde  $r_s$  es la distancia desde el centro de la Tierra hasta el Satélite, es decir la suma del radio ecuatorial ( $r_e$ ) y la altura del satélite ( $h_{GSO}$ ).

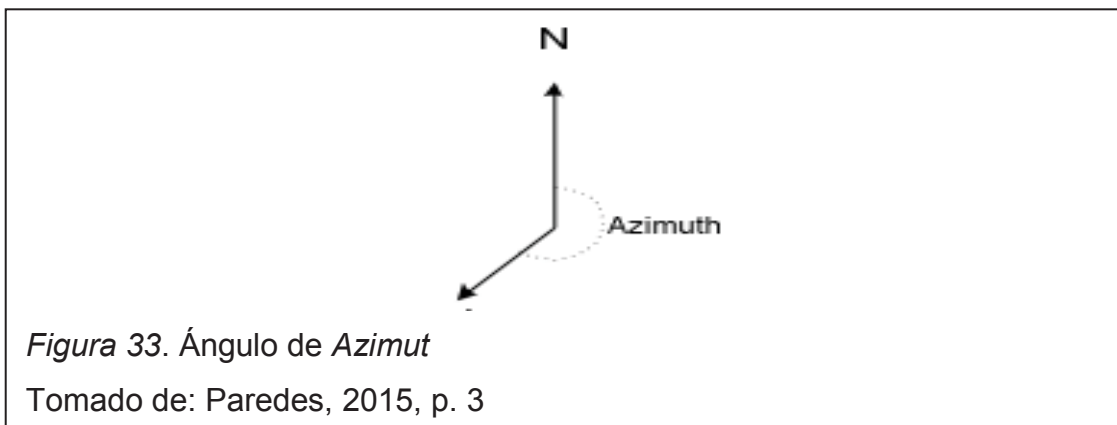
$$r_s = 42164,14 \text{ [Km]}$$

### Angulo de *azimut*

Es la distancia angular horizontal a una dirección de referencia, que puede ser el punto sur o norte del horizonte. Se define como el ángulo horizontal de

apuntamiento de una antena de estación terrestre.

Para navegación, este ángulo puede medirse en grados desde el norte verdadero, en el sentido de las manecillas del reloj.



Se lo calcula mediante el ángulo intermedio  $A_i$

$$A_i = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\text{sen}(|B|)}{\text{sen}\beta}\right) \quad (\text{Ecuación 14})$$

Dónde:

$|B|$  es la diferencia de longitudes

$$B = l_e - l_s$$

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(B) \cdot \cos(L_e)) \quad (\text{Ecuación 15})$$

El ángulo de azimut se determina a partir del ángulo intermedio  $A_i$  de una de cuatro posibles condiciones, basados en la ubicación relativa de la estación de tierra y el punto de subsatélite en la superficie de la tierra, es así que se tiene la tabla representada en la Figura para el cálculo del *azimut*.

Condición	Azimut
Satélite apunta al NE o ES	$A_i$
Satélite apunta al NO o ES	$360 - A_i$
Satélite apunta al SE o ES	$180 - A_i$
Satélite apunta al SO o ES	$180 + A_i$

*Figura 34. Condiciones para cálculo de Azimut*  
Tomado de: Paredes, 2015, p. 9

Por ejemplo si el satélite se encuentra al Noreste el ángulo  $A_i$  será igual al ángulo de *azimut*.

### 3.1.1 Calculo del *link budget*

En el cálculo del *Link Budget* se consideran todos los parámetros de los equipos que intervienen en el sistema, esto incluye: las potencias de transmisión y recepción de los radios de la estación remota y HUB, ganancias de las antenas y pérdidas del espacio. La suma de todos estos parámetros debe ser igual o mayor a la sensibilidad del receptor para tener un correcto alcance y de esta forma el receptor pueda escuchar la señal del transmisor.

En la Ecuación 16 se encuentra la fórmula con que se verificará que la estación remota tiene una recepción dentro de los parámetros aceptables según las características del equipo utilizado.

$$P_{Rx} = P_{Tx\text{satélite}} + G_{Rx\text{remota}} - LFS_{\text{downlink}} = \text{Sensibilidad}_{Rx\text{remota}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Como dato se tiene que la potencia de transmisión del satélite es

$$P_{Tx\text{satélite}} = 50,9 \text{ [dBW]}$$

Para calcular las ganancias de las antenas usamos la siguiente ecuación:

$$G_a = 10 \log(109,66 f[\text{Ghz}]^2 D[\text{m}]^2 n_A) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde:

$D$  es el diámetro de la antena

La eficiencia para cálculos teóricos es de  $\approx 55\%$  ( $n_A = 0,55$ )

Y para calcular las pérdidas en el sistema la ecuación:

$$LFS = 20 \log(f[\text{Mhz}]) + 20 \log(d[\text{Km}]) + 32,45 \quad (\text{Ecuación 18})$$

## Desarrollo

Con la información proporcionada y las ecuaciones dadas se realizan los cálculos para el enlace desde la estación central de la red del COMACO hasta una de las estaciones remotas ubicada en la provincia de Galápagos cuyas coordenadas se indican en la tabla a continuación.

Tabla 12. Coordenadas de sitios para *Link Budget*

SATELITE	GALAPAGOS	QUITO
$l_s = -67^\circ \text{ W}$	$l_e = -89,614^\circ \text{ W}$	$l_e = -78,511^\circ \text{ W}$
$L_s = 0^\circ$	$L_e = 0,90025^\circ \text{ S}$	$L_e = 0,230^\circ \text{ S}$

### Cálculo ángulo de elevación en la estación remota de Galápagos

Tomando la Ecuación 8. De la diferencia de longitudes entre la estación remota y el satélite tenemos:

$$B = l_e - l_s$$

$$B = -89,614^\circ - (-67^\circ)$$

$$B = -22,614^\circ$$

Mediante la ecuación 10 tenemos:

$$I = \left( \frac{r_e}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \cos(L_e)$$

$$I = \left( \frac{6378,14}{\sqrt{1 - 0,08182^2 \cdot \text{sen}^2(0,90025)}} + 0 \right) \cdot \cos(0,90025)$$

$$I = 6377,358 \text{ [Km]}$$

De la ecuación 11 obtenemos:

$$Z = \left( \frac{r_e(1 - e_e^2)}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \text{sen}(L_e)$$

$$Z = \left( \frac{6378,14 \cdot 1 - (0,08182^2)}{\sqrt{1 - 0,08182^2 \cdot \text{sen}^2(0,90025)}} + 0 \right) \cdot \text{sen}(0,90025)$$

$$Z = 99,5405 \text{ [Km]}$$

Empleando la ecuación 9:

$$R = \sqrt{(I^2 + Z^2)}$$

$$R = \sqrt{(6377,358^2 + 99,54^2)}$$

$$R = 6378,13 \text{ [Km]}$$

De la ecuación 12 encontramos que:

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left( \frac{Z}{I} \right)$$

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left( \frac{99,54}{6377,58} \right) = 0,894$$

En la ecuación 13 obtenemos:

$$d = \sqrt{R^2 + r_s^2 - 2R \cdot r_s \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(B)}$$

$$d = \sqrt{6378,12^2 + 42164,17^2 - 2(6378,12) \cdot (42164,17) \cdot \cos(0,894) \cdot \cos(-22,614)}$$

$$d = 36.360,06 \text{ [Km]}$$

De la ecuación 15 encontramos:

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(B) \cdot \cos(L_e))$$

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(-22,614) \cdot \cos(0,90025))$$

$$\beta = 22,63^\circ$$

Mediante la ecuación 7 tenemos:

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{r_e + h_{GSO}}{d} \cdot \sqrt{1 - \cos^2(B) \cdot \cos^2(L_e)} \right)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{6378,14 + 35786}{36360,06} \cdot \sqrt{1 - \cos^2(-22,614) \cdot \cos^2(0,90025)} \right)$$

$$\theta = 63,5^\circ$$

Para el cálculo del *azimut* se emplea la ecuación 14 así:

$$Ai = \text{sen}^{-1} \left( \frac{\text{sen}(B)}{\text{sen}\beta} \right)$$

$$Ai = \text{sen}^{-1} \left( \frac{\text{sen}(22,614)}{\text{sen}(22,63)} \right)$$

$$\text{Azimut} = Ai = 87,902^\circ$$

Obtenidos todos los datos de la estación remota, se realizan los mismos cálculos con los datos de la estación central NOC. Se emplean las mismas ecuaciones en el mismo orden, obteniendo:

$$B = l_e - l_s$$

$$B = -78,511^\circ - (-67^\circ)$$

$$B = -11,511^\circ$$

$$I = \left( \frac{r_e}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \cos(L_e)$$

$$I = \left( \frac{6378,14}{\sqrt{1 - 0,08182^2 \cdot \text{sen}^2(0,230)}} + 2,8 \right) \cos(0,230)$$

$$I = 6380,89 \text{ [Km]}$$

$$Z = \left( \frac{r_e \cdot (1 - e_e^2)}{\sqrt{1 - e_e^2 \cdot \text{sen}^2(L_e)}} + H \right) \cdot \text{sen}(L_e)$$

$$Z = \left( \frac{6378,14 \cdot (1 - 0,08182^2)}{\sqrt{1 - 0,08182^2 \cdot \text{sen}^2(0,230)}} + 2,8 \right) \cdot \text{sen}(0,230)$$

$$Z = 25,44 \text{ [Km]}$$

$$R = \sqrt{I^2 + Z^2}$$

$$R = \sqrt{(6380,89^2 + 25,44^2)}$$

$$R = 6380,94 \text{ [Km]}$$

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left( \frac{Z}{I} \right)$$

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left( \frac{25,44}{6380,89} \right) = 0,228$$

$$d = \sqrt{R^2 + r_s^2 - 2R \cdot r_s \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(B)}$$

$$d = \sqrt{6380,94^2 + 42164,14^2 - 2(6380,94)(42164,14) \cdot \cos(0,228) \cdot \cos(-11,511)}$$

$$d = 35.934,17 \text{ [Km]}$$

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(B) \cdot \cos(L_e))$$

$$\beta = \cos^{-1}(\cos(-11,511) \cdot \cos(0,230)) = 11,51^\circ$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{r_e + h_{GSO}}{d} \sqrt{1 - \cos^2(B) \cdot \cos^2(L_e)} \right)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{6378,14 + 35786}{35934,17} \sqrt{1 - \cos^2(-11,511) \cdot \cos^2(0,230)} \right) = 76,46^\circ$$

$$Ai = \text{sen}^{-1} \left( \frac{\text{sen}(B)}{\text{sen}\beta} \right)$$

$$Ai = \text{sen}^{-1} \left( \frac{\text{sen}(11,511)}{\text{sen}(11,51)} \right) = 90^\circ$$

$$\text{Azimut} = Ai = 90^\circ$$

### Calculando el *link budget*

Se empieza calculando la ganancia de las antenas mediante la Ecuación 17, nótese que no se tomará en cuenta la ganancia de la antena maestra puesto que transmite a una potencia de 16 [W] siendo una potencia de gran magnitud que asegura su alcance hasta el satélite; por lo tanto se encuentra únicamente la ganancia de la antena remota para analizar el enlace *downlink*.

$$G_{remota} = 10 \log(109,66 \cdot f[\text{Ghz}]^2 \cdot D[m]^2 \cdot n_A)$$

Dónde la frecuencia de *uplink* y *downlink* en banda Ku es de 12 y 14 [GHz] respectivamente.

$$G_{remota} = 10 \log(109,66 \cdot (12)^2 \cdot (1,2)^2 \cdot (0,55))$$

$$G_{remota} = 40,97 \text{ [dBi]} - 2,15$$

$$G_{remota} = 38,82 \text{ [dB]}$$

Se procede a calcular las pérdidas mediante la ecuación 18.

$$LFS = 20 \log(f[\text{Mhz}]) + 20 \log(d[\text{Km}]) + 32,45$$

$$LFS_{uplink} = 20 \log(14000) + 20 \log(35934,17) + 32,45$$

$$LFS_{uplink} = 206,48 \text{ [dB]}$$

$$LFS_{downlink} = 20 \log(f[\text{Mhz}]) + 20 \log(d[\text{Km}]) + 32,45$$

$$LFS_{downlink} = 20 \log(12000) + 20 \log(36360,06) + 32,45$$

$$LFS_{downlink} = 205,25 \text{ [dB]}$$

Por último se aplica la ecuación 16 para conocer la potencia en dB con que llegará al receptor.

$$P_{Rx} = P_{Tx\text{satélite}} + G_{Rx\text{remota}} - LFS_{downlink}$$

$$\text{Donde } P_{Tx\text{satélite}} = 50,9 \text{ [dBW]} + 30 \approx 80,9 \text{ [dBm]}$$

$$P_{Rx} = 80,9 \text{ [dBm]} + 38,82 \text{ [dB]} - 205,25 \text{ [dB]}$$

$$P_{Rx} = -86,43 \text{ [dB]}$$





Para el cálculo del ancho de banda en MHz para el *Outroute* se consideró una modulación de 16 APSK con una tasa de 3/4, en ambos caso se seleccionó una modulación y codificación adaptativa tanto para el *Outroute* como para el *Inroute*, característica principal de HUGHES que permite mejorar el rendimiento del sistema satelital.

### 3.2.2 Tabulación de resultados comparativos

A continuación se muestra la tabla que contiene la comparación de los datos proporcionados por HUGHES y los datos obtenidos manualmente para la proyección del ancho de banda del *Outroute* e *Inroute*, esta tabla comparativa tiene por objetivo verificar la proximidad de los resultados obtenidos mediante cálculos manuales.

Tabla 14. Datos comparativos de ancho de banda proyectado

	<b>Datos calculados manualmente</b>	<b>Datos proporcionados por el software de HUGHES</b>	<b>% de error</b>
<b>Ancho de Banda <i>Outroute</i></b>	8794 [Kbps]	8794 [Kbps]	0
<b>Ancho de Banda <i>Inroute</i></b>	5274 [Kbps]	5273 [Kbps]	0.01896

De los datos que se analizaron en la Tabla 9. la aplicación de *Hughes* indica que el ancho de banda necesario para satisfacer la incorporación de los nuevos usuarios y cubriendo los requerimientos del COMACO se estima en 8794 [Kbps] para el *Outroute* y 5273 [Kbps] para el *Inroute*. Con los cálculos manuales realizados se observa que existe un error mínimo de 0.01 % entre los resultados obtenidos mediante los cálculos manuales y los proporcionados por HUGHES para el cálculo de ancho de banda del *Outroute* e *Inroute*. Por lo que se concluye que los resultados obtenidos en el presente proyecto de titulación son válidos para el diseño final.

### 3.2.3 Diseño final del HUB secundario

Como se había indicado en el Capítulo II, la red actual se encuentra trabajando sin saturación con 52 terminales, lo que demuestra que será suficiente diseñar un HUB secundario con iguales características al actual para soportar 28 terminales y un futuro crecimiento de los mismos.

Debido a que el tráfico de administración y control de los equipos que forman parte de la red satelital en forma general no es muy significativo (alrededor de 200 [Kbps]), se concluye que los servidores de administración para el HUB secundario deben ser similares a los que actualmente existen, para poder soportar la incorporación de las 28 nuevas estaciones remotas.

Por otra parte también se determinó que con la incorporación de las nuevas Estaciones remotas se tendrá aproximadamente 14 [Mbps] circulando por la red y puesto a que la capacidad de cada IPGW no supera dicha cantidad, se considerará un servidores de interface de similares características; al igual que para los servidores del enlace de subida SATGW ya que si satisfacen la demanda de tráfico proyectada a futuro.

Por otra parte, haciendo referencia a los resultados de Ancho de Banda presupuestado por HUGHES, se tiene que la red deberá contar con la siguiente cantidad de *Inroutes*:

- 7 *Inroutes* de 256 [Ksps] = 1792 [Ksps]
- 3 *Inroutes* de 512 [Ksps] = 1536 [Ksps]
- 1 *Inroute* de 1024 [Ksps] = 1024 [Ksps]

Esto significa que el tráfico requerido por las *Inroutes* será:

$$\text{Tráfico } Inroutes = \sum \text{Cantidad de Inrotues}_n * AB_n(\text{Ksps})$$

(Ecuación 19)

$$\text{Tráfico } Inroutes = 4352 \text{ [Ksps]}$$

Como se observa el tráfico requerido para las *Inroutes* será 4.5 [Msps] aproximadamente y teniendo en cuenta que actualmente el HUB del COMACO cuenta con 2 CDSCP con capacidad de 2.45 [Msps] cada uno por lo que se tiene una disponibilidad de uso total teórica de 4.90 [Msps] y considerando que el porcentaje de cada CDSCP no debe superar el 75 % uso se concluye que es necesario incorporar un nuevo CDSCP a los servidores de enlace de bajada con características similares a los existentes y de esa forma se llega a satisfacer el tráfico presupuestado para las *Inroutes* como se comprueba a continuación:

$$\text{Capacidad teórica del CDSCP} = CT = 2.45 \text{ [Msps]}$$

$$\% \text{ máximo de uso} = 75 \%$$

$$\text{Capacidad real del CDSCP} = CT * \% \text{ máximo de uso}$$

(Ecuación 20)

$$\text{Capacidad real del CDSCP} = 1.84 \text{ [Msps]}$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad para } Inroutes \text{ considerando 3 CDSCP} &= 3 * 1.84 \text{ [Msps]} \\ &= 5.51 \text{ [Msps]} \end{aligned}$$

Por lo que queda demostrado que con 3 CDSCP si se llega a satisfacer la demanda del tráfico de *Inroutes* de 4.5 [Msps] y no se supera el 75 % de uso de cada equipo.

Para los servidores de sincronismo se comprobó anteriormente que los SHTU tienen disponibilidad, sin embargo para evitar una posible saturación a futuro se deberá incorporar un solo SHTU cantidad suficiente para soportar la incorporación de los 28 nuevos terminales.

Para el alquiler del segmento satelital se debe considerar nuevamente la figura 9 sobre el “Resultados de Ancho de Banda presupuestado por HUGHES”, en donde se observa que el ancho de banda total requerido por las 80 estaciones

remotas será 12.04 [MHz] que comparados con los 12 [MHz] con los que actualmente cuenta el COMACO resultan ser insuficientes, lo que significa que se deberá contratar adicionalmente 0.04 [MHz] de ancho de banda satelital al proveedor del espectro satelital.

La Tabla 15 presenta en resumen los equipos con que se encuentran actualmente en el HUB en la columna izquierda, mientras que en la columna derecha se indican los equipos que deberá tener el HUB secundario para expandir la red a más usuarios finales.

Tabla 15. Equipos del HUB principal vs. equipos HUB secundario.

<b>HUB PRINCIPAL</b>	<b>HUB SECUNDARIO</b>
1 Servidor de administración	1 Servidor de administración
2 IPGW (uno respaldo del otro)	2 IPGW (uno respaldo del otro)
2 SATGW (uno respaldo del otro)	2 SATGW (uno respaldo del otro)
2 SHTU (uno respaldo del otro)	2 SHTU (uno respaldo del otro)
2 CDSCP	3 CDSCP
1 DNCC	1 DNCC
Disponibilidad de 12 [MHz] de ancho de banda	Disponibilidad de 12,04 [MHz] de ancho de banda

A continuación en la Figura 34. Se presenta la futura configuración del HUB con los equipos listados en la Tabla 15.

Los equipos con la letra A representan el equipo principal, mientras los que tienen la letra B representan el equipo de *backup*.

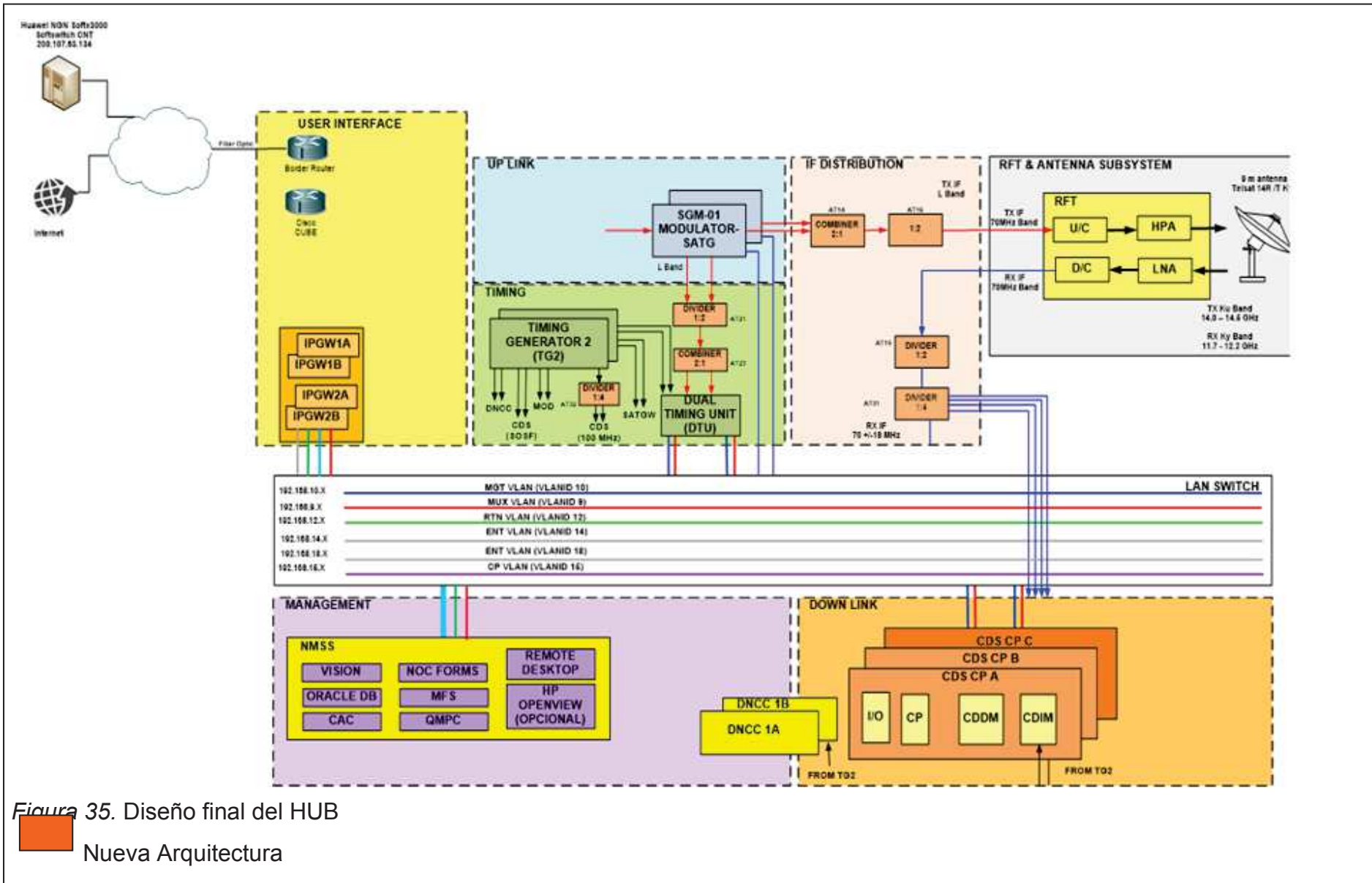


Figura 35. Diseño final del HUB  
■ Nueva Arquitectura

El nuevo equipo conjuntamente con los otros CDS CP deberá estar interconectado mediante la parte de RF del HUB actual existente en el bloque de IF *Distribution* como muestra la figura para poder rehusar la parte de radio frecuencia, el funcionamiento de este HUB se detalla a continuación.

La señal recibida por la parte de sistema de RF es procesada por el CDSCP quien se encarga de la demodulación de la información proveniente de las *Inroutes*, posterior a esto el DNCC asigna un ancho de banda específico a cada estación remota para que pueda bajar y subir información de la nube, toda información enviada por las estaciones remotas y hacia las estaciones remotas es disgregada en el IPGW quien discrimina a que componente de la red va dirigida la información, paralelamente el SHTU se encuentra dando el sincronismo necesario a la red para que los paquetes puedan circular por la misma, una vez que el HUB tenga procesada toda la información enviara los paquetes hacia las remotas mediante el SATGW, la parte de radio frecuencia se conecta con la parte de frecuencia intermedia mediante un panel de distribución de IF y se mantienen en sincronismo con el uso de la señal referencial que proporciona el SATGW.

Cada vez que se actualiza el HUB las remotas deben entender dicha actualización, para esto las remotas se descargarán vía TFTP los archivos necesarios de los servidores de administración.

Con el diseño planteado en la figura 35 se puede satisfacer la demanda de los 80 usuarios en total que requiere el COMACO cumpliendo con sus requerimientos y asegurando el buen rendimiento y disponibilidad de la red para todos los usuarios.

## CAPÍTULO IV

### 4. PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL HUB SATELITAL VSAT BANDA KU

Luego de haber determinado la cantidad de recursos necesarios para la incorporación efectiva de las 28 estaciones remotas nuevas a la red satelital del COMACO, a continuación se procederá a presentar una planificación tentativa que podría ser ejecutada por el personal respectivo para realizar la ampliación del HUB.

Cabe señalar que esta planificación supone que el ancho de banda satelital requerido ya estará contratado por parte del COMACO al momento del inicio del cronograma de las instalaciones y además el CDSCP a instalarse ya está en manos del COMACO.

#### 4.1 Recurso humano

Es necesario contar con el recurso humano calificado para evitar retrasos debido a factores humanos, por lo que la persona encargada en la incorporación del CDSCP deberá tener la experiencia necesaria en instalaciones de estos equipos o equipos similares.

Considerando lo anteriormente señalado solo se requerirá de un Ingeniero Técnico de Instalaciones que tenga las siguientes habilidades:

- Ser Ingeniero en Telecomunicaciones o carreras afines.
- Conocimientos en Comunicaciones Satelitales.
- Tener conocimientos en equipos del NOC *HUGHES*.
- Tener conocimientos en manejo de *Windows Server*.
- Capacidad de trabajo bajo presión.

Localmente no hay personal técnico capacitado en los sistemas de *Hughes* por



lo que se asume un costo adicional el contar con la persona calificada para la implementación del nuevo equipo.

#### **4.2 Tiempo de ejecución**

**Día 1.-** La persona que cumpla con las habilidades anteriormente mencionadas deberá trabajar el primer día durante 6 horas en horario no hábil para poder realizar todas las conexiones necesarias para incorporar el nuevo CDSCP a la red, para esto el COMACO deberá solicitar una ventana de mantenimiento con riesgo de corte de servicios en la red.

**Día 2 y Día 3.-** En estos días la persona a cargo de la instalación deberá configurar el nuevo CDSCP, para esto se basará en la configuración de los equipos ya existentes en el HUB del COMACO

**Día 4.-** Para el cuarto día se deberá realizar las pruebas respectivas antes de proceder con la firma del Acta de recepción conjuntamente con el personal del COMACO.

**Día 5.-** En este día se procederá a realizar cualquier corrección que sea necesaria.

**Día 6.-** Por último se procederá con la firma del acta de recepción del CDSCP conjuntamente con el COMACO, en donde se da por recibido el equipo y se acepta que el mismo se encuentra operando adecuadamente.

**NOTA:** Durante los días 2 al 6 se deberá trabajar 8 horas hábiles y sin considerar los fines de semana (Sábados y Domingos).

#### **4.3 Calendario de ejecución**

La herramienta de planificación Project manager ayudará a visualizar los avances de la ejecución de la instalación del CDSCP en el HUB del COMACO,

para poder programar la planificación de la ejecución de la instalación se hizo uso de las consideraciones hechas en el numeral 4.2. y se consideró como fecha de inicio el 2 de Febrero del 2015.



Como se puede apreciar en la figura anterior la fecha final presupuestada seria el 9 de Febrero del 2015.

#### 4.4 Consideración de riesgos en la ejecución y corrección de los mismos

- El principal riesgo a considerar es en el día 1 ya que se manipularán conexiones para poder incorporar el nuevo CDSCP en el HUB y eso podría poner en riesgo el servicio de toda la red, para esto el COMACO deberá solicitar una ventana de mantenimiento con riesgo de corte del servicio en la red satelital.
- Se considera trabajar 8 horas diarias de lunes a viernes, pero si el tiempo es muy corto se deberá trabajar los fines de semana para cumplir con los 6 hábiles días de entrega del proyecto.
- Si se presentara complicaciones técnicas en la instalación del CDSCP, el COMACO deberá contar con el soporte respectivo del fabricante del equipo, que en este caso sería HUGHES.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Para el presente proyecto de titulación se mediaron acciones para conocer las condiciones de diseño ya que no se tuvo acceso al software con el que HUGHES realiza el dimensionamiento del *Outroute* e *Inroute* debido a las estipulaciones de privacidad en las políticas de la empresa.
- El COMACO no tiene documentada la información sobre la que se diseñó la red que actualmente operan; es por esto que el presente proyecto de titulación comprende un diseño como tal, mas no como una mera integración de un subsistema o un componente, puesto que se partió desde el levantamiento y recolección de toda la información, toma de datos, estudio de equipos, funciones y capacidades a fin de proponer una arquitectura tecnológica eficiente, que permita satisfacer las nuevas necesidades del COMACO, proporcionando una red altamente disponible, con el menor uso de recursos.
- El proceso de dimensionamiento de una red satelital implica tomar ciertas consideraciones de análisis de tráfico y número de estaciones para poder determinar el ancho de banda correcto del *Outroute* e *Inroute*.
- Luego del análisis y los cálculos realizados se determinó que los equipos con los que actualmente cuenta el HUB en su gran mayoría si tienen la capacidad necesaria para soportar la incorporación de los 28 nuevos terminales a excepción del CDSCP ya que el uso de este no debe exceder el 75% del rendimiento, se deberá adquirir uno

adicional de similares características para satisfacer el tráfico presupuestado para las *Inroutes*.

- El COMACO deberá contratar 0,04 [MHz] de ancho de banda al proveedor del espectro satelital para el diseño propuesto en el presente proyecto. El costo adicional aproximado de esta contratación es de \$240 dólares mensuales (Referirse al Anexo H).
- Queda evidenciado que al momento el COMACO tiene 0,48 [MHz] libres en el *transponder*; es decir, que se está contratando un segmento satelital mayor al requerido. Considerando los costos presupuestados en el Anexo H, equivale a \$34.560 dólares anuales en un recurso no utilizado.
- En los cálculos del *Link Budget* no se analiza el enlace de subida porque la potencia de transmisión desde el HUB es suficiente para transmitir múltiples canales (*inroutes*) hacia el satélite. Se analiza únicamente el enlace de bajada (*outroute*) para constatar que el lugar remoto se encuentra dentro del alcance del enlace recibiendo una potencia razonable para la recepción de la señal.
- La parte de la instalación del nuevo equipo no representa inconveniente alguno siguiendo la recomendación que se realice el levantamiento de la información en las nuevas estaciones remotas y reduciendo los recursos con un grupo de personas que instalen y otro que programen.
- La planificación tentativa para la ejecución del presente proyecto se considera en 6 días hábiles como tiempo límite para la instalación del CDSCP en el HUB del COMACO.
- El costo total de este proyecto es de \$58.265 dólares, en los cuales se incluye la mano de obra, material y costo del equipo.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda al COMACO que se utilice una antena de un diámetro superior para asegurar que el margen de sensibilidad sea suficiente para que los enlaces funcionen correctamente.
- Es recomendable tener en cuenta toda consideración posible para evitar un mal dimensionamiento del ancho de banda satelital que conlleve a una mala contratación de espectro satelital lo que sería perjudicial para la red en caso de ser menor al necesario y perjudicial económicamente para la empresa en caso de ser mayor.
- Es de suma importancia durante los cálculos para el ancho de banda del *Outroute* e *Inroute*, el tomar las consideraciones usadas por el fabricante; dichas consideraciones son en base a extensos estudios de sus equipos con características propias que en el caso de otros fabricantes pueden variar y por ende los valores que se obtienen pueden no estar apegados a la realidad.
- Si bien es cierto que la capacidad actual de los demás equipos del HUB soportarían el tráfico generado por los 28 nuevos terminales, presentan el pormenor de aumentar el tráfico de administración y gestión con lo que el procesamiento incurriría en un mayor consumo de CPU, por lo que se recomienda que bajo ninguna circunstancia se debe exceder el 75% de la máxima capacidad en cada equipo.
- Se recomienda documentar todos los parámetros técnicos en caso de optar por este diseño propuesto para tener de referencia ante una posible expansión de la red o cambio en su topología.
- Es necesario tener en cuenta los riesgos y las correcciones a las que se hace referencia en el presente proyecto de titulación y también

será necesario hacer un seguimiento diario al proceso de instalación para poder identificar posibles problemas adicionales que se pudieran presentar y tomar oportunamente las correcciones respectivas para poder cumplir con el tiempo presupuestado de entrega del proyecto.

- Se recomienda se brinde una mayor apertura a la configuración de equipos para poder analizar y mejorar procesos en los que es necesario empaparse de dicha información para ser validada por quienes operan la red.
- Se recomienda al COMACO el elaborar un manual de procedimientos y buenas prácticas para la operación de los equipos dentro del HUB. En cuanto a la gestión y administración se sugiere exista la posibilidad de realizar cambios frente a problemas inesperados sin la necesidad de gestionar permisos que a la final resultan en pérdida de tiempo para actuar frente a una eventual falla en la red.

## REFERENCIAS

- Cevallos, A. y Porras, D. (2012). *Implementación de la red satelital de comunicación con la nueva tecnología Direct IP para Global Crossing*. Quito, Ecuador.
- Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (COMACO) (2014). *Reseña Histórica y Organigrama*. Recuperado el 12 de enero de 2015 de <https://www.ccffaa.mil.ec/index.php/institucion/historia>
- Davis, C. (2001). *IPsec: Securing VPNs*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Francisconi, H. (2005). *IPsec en Ambientes IPv4 e IPv6*. (1ª ed.). Mendoza, Argentina: Carril Godoy Cruz.
- General Dynamics SATCOM Technologies. (s.f.). *Antennas*. Recuperado el Julio de 2014, de <http://www.gdsatcom.com/antennas.php>
- Hughes Network Systems. (2000). *DIRECTWAY Multimedia Network-Conditional Access Control Configuration and Operation Manual*. Germantown, Estados Unidos.
- Hughes Network Systems. (2003). *Satellite Gateway Installation and Operation Manual*. Maryland, Estados Unidos.
- Hughes Network Systems. (2005). *DIRECTWAY-Using Vision for Network Operations Center (NOC) and Remote Operations*. Germantown, Estados Unidos.
- Hughes Network Systems. (2006). *Remote Terminal Installation Guide Model HX50*. Germantown, Estados Unidos.
- Hughes Network Systems. (2009). *HN System Sizing Overview*. Germantown, Estados Unidos.
- Hughes Network Systems. (2011). *HX200 Satellite Router Installation Guide*. Germantown, Estados Unidos.
- International Communications Unit (ITU). (2012). *Radio Regulations Articles*. Recuperado el 12 de 2014, de [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.pdf)
- Ippolito, L. (2008). *Satellite Communications Systems Engineering*. Reino Unido: John Wiley & Sons.

- Javvin Technologies, Inc. (2005). *Network Protocols Handbook*. (2ª ed.)  
Recuperado el 26 de Febrero de 2015, de  
<http://bkarak.wizhut.com/www/lectures/networks-07/NetworkProtocolsHandbook.pdf>
- Maral, G. (2003). *VSAT Networks* (2ª ed.). Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Maral, G., & Bousquet, M. (2009). *Satellite Communications Systems; Systems techniques and Technologies* (5ª ed.). Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Montenbruck, O. y Gill, E. (2012). *Satellite Orbits: Models Methods and Applications* (1ª ed.). Heidelberg, Alemania: Springer.
- Paredes, D. (2015). *Apuntes Comunicaciones Satelitales*. Quito, Ecuador.
- Pratt, T., Bostian, C., y Allnut, J. (2003). *Satellite Communications* (2a. ed.). Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Ses. (s.f.). *Satellite AMC-4*. Recuperado el 12 de enero de 2015 de  
<http://www.ses.com/4628362/amc-4>
- Tokheim, R. (1970). *Electrónica Digital*. Madrid, España: McGraw Hill



## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Antena Maestra

# Model 4.8m Compact Cassegrain Antenna

*Satcom Antennas*



### *The Strength to Perform*

'Type-Approved,' bolt-together, all-aluminum reflector with self-aligning, fully interchangeable components

Designed for 3.4 to 31 GHz operation, meeting FCC 25.209 regulation at Ku-band

Galvanized steel elevation over azimuth pedestal with jackscrews or struts

Survives 125 mph winds in any position

### Description

The VertexRSI 4.8-meter antenna delivers exceptional performance for transmit/receive and receive only applications for C through Ka-band frequencies. This antenna offers a deep dish reflector that incorporates precision-formed panels, contoured radials and a machined hub assembly. It features an innovative feed and subreflector design which results in high gain, low noise temperature, high antenna efficiency and excellent rejection of noise and microwave interference. The reflector is supported by a galvanized pedestal that provides the required stiffness for pointing and tracking accuracy. The pedestals are designed for full orbital arc coverage and are readily adaptable to ground or rooftop installations. Type approved configurations are available for Intelsat (F1, E2), Eutelsat (L), Asiasat, Hispasat, EuropeStar or Singapore Telecom. All configurations meet SATCOM Technologies' own type-approved quality assurance and performance guarantee.

### Options

- C, X, Ku and DBS-band feed configurations
- C/Ku receive-only feed systems
- Specialized feed systems (e.g. extended, multi-band)
- Fixed or motorizable pedestal mounts
- Antenna control system with tracking
- Reflector and feed dicing systems
- Environmental hub configurations
- Integrated transmit cross-axis kits
- Integrated LNA or LNB systems
- HPAs, converters and M&C systems
- Load frame or non-penetrating mounts
- Packing for sea and air transport
- Turnkey installation and testing

### Upgrades

- X-band low PIM reflector/feed configurations
- Extended azimuth travel
- High wind configuration
- Low operating temperatures
- High power configurations
- High stiffness configuration on Ka-band operation

**GENERAL DYNAMICS**  
SATCOM Technologies

## Technical Specifications

## Model 4.8m Compact Cassegrain Antenna

Electrical <sup>(1)</sup>	C-Band 3-Port Circular Polarized		C-Band 4-Port Circular Polarized <sup>(2)</sup>		X-Band 3-Port Circular Polarized		Ku-Band 3-Port Linear Polarized <sup>(3)</sup>		Q-Band 4-Port Linear Polarized	
	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit
Frequency (GHz)	3.625 - 6.425	3.625 - 6.425	3.625 - 6.425	3.625 - 6.425	7.250 - 7.900	7.250 - 7.900	10.700 - 13.750	10.700 - 13.750	16.700 - 17.300	16.700 - 17.300
Antenna Gain, Midband (dB) <sup>(4)</sup>	44.16	48.10	44.00	47.98	48.58	50.10	53.40	54.90	53.10	56.90
VSWR	1.58:1	1.32:1	1.35:1	1.35:1	1.35:1	1.35:1	1.38:1	1.38:1	1.32:1	1.32:1
Pattern Beamwidth <sup>(5)</sup>										
-3 dB, at midband	1.84°	0.67°	1.08°	0.68°	0.55°	0.52°	0.38°	0.29°	0.39°	0.23°
-15 dB, at midband	2.38°	1.41°	2.27°	1.45°	1.16°	1.08°	0.73°	0.61°	0.76°	0.48°
Antenna Noise Temperature										
5° Elevation	60 K		50 K		61 K		76 K		73 K	
10° Elevation	57 K		41 K		51 K		62 K		59 K	
20° Elevation	47 K		36 K		45 K		52 K		50 K	
40° Elevation	43 K		33 K		42 K		47 K		44 K	
Typical G/T (dB/K) <sup>(2)</sup>	25.3 (4.000 GHz, 30 K LNA)		25.8 (4.000 GHz, 30 K LNA)		30.8 (7.500 GHz, 45 K LNA)		32.1 (11.725 GHz, 70 K LNA)		32.3 (11.725 GHz, 70 K LNA)	
axial Ratio	1.80 dB		5:1 dB		1.50 dB					
Power Handling (total)	5 kW CW		5 kW CW		5 kW CW		2 kW CW		2 kW CW	
Cross Polarization Isolation										
On Axis	19.7 dB		20.7 dB		21.3 dB		35.8 dB		35.0 dB	
Within 1.8 dB beamwidth	19.7 dB		20.7 dB		21.3 dB		35.8 dB		35.0 dB	
Port to Port Isolation										
Rx/Tx (Rx frequency)	0 dB		-80 dB		0 dB		-30 dB		0 dB	
To/Rx (Tx frequency)	-100 dB		0 dB		-110 dB		0 dB		-85 dB	
Stalolobe Performance	ITU-RS-580		ITU-RS-590		ITU-RS-580		ITU-RS-590, FCC			
RF Specification	S75-2826		S75-2801		S75-2427		S75-2762		S75-2446	

(1) All values are at rear feed flange. (2) C-band Rx values are at 4 GHz. (3) Typical G/T at 29° elevation with clear horizon using single bolt-on LNA to feed.

(4) Also available in oxidized frequency bands.

Mechanical/Environmental <sup>(5)</sup>	Fixed Post Mount (FPM) Pedestal	Motorizable Ringpost Pedestal (KP)	Motorizable High Wind Ringpost Pedestal (KP-HW)
Antenna Diameter	4.8 meters (15.80 feet)		
Antenna Type	Compact Cassegrain design		
Reflector Construction	16 precision-formed aluminum panels with heat-diffusing white paint Cleaned and brightened aluminum back-up structure		
Hub Dimensions	48 in (122 cm) OD, 29 in (74 cm) depth		
Mount Configuration	Elevation over azimuth pedestal, constructed of galvanized A36 steel		
Drive Type	Manual strut	Manual strut or jack screw	Manual/jack screws
Azimuth Travel	360° coarse, 40° fine adjustment	120° continuous	130° continuous
Elevation Travel	0 to 90° continuous	0 to 90° continuous	0 to 90° continuous
Foundations (L x W x D)	12.5 x 12.5 x 1.5 ft (3.8 x 3.8 x 0.38 m)		16.5 x 16.5 x 2.5 ft (5.0 x 5.0 x 0.76 m)
Concrete	8.7 yds <sup>3</sup> (6.65 m <sup>3</sup> )		25.5 yds <sup>3</sup> (19.5 m <sup>3</sup> )
Reinforcing Steel	1,125 lbs. (510 kg)		1,688 lbs. (762 kg)
Shipping Containers	One 30 ft standard (4 units in one 40 ft)		Two units in one 48 ft standard
Operational Wind Loading	45 mph (72 km/h) gusting to 60 mph (97 km/h)		
Survival Wind Loading			Up to 62 mph (100 km/h)
Any Position	125 mph (200 km/h) @ 58° F (15° C)		180 mph (290 km/h) @ 58° F (15° C)
At 2 o'clock	n/a		210 mph (338 km/h) @ 58° F (15° C)
Operational Temperature	+5° to +122° F (-15° to +50° C)		
Survival Temperature	-22° to +148° F (-30° to +60° C), low temperature options available		
Rain	Up to 4 in/h (10 cm/h)		
Relative Humidity	0 to 100% with condensation		
Solar Radiation	368 BTU/h/ft <sup>2</sup> (1,100 kcal/h/m <sup>2</sup> )		
Ice (survival)	1 in (2.5 cm) on all surfaces or 1/2 in (1.3 cm) on all surfaces with 60 mph (97 km/h) wind gusts		
Atmospheric Conditions	As encountered in coastal regions and/or heavily industrialized areas		
Shock and Vibration	As encountered during shipment by airplane, ship or truck		

(5) Some specifications may vary based on the combination of equipment, options and/or upgrades ordered.

**GENERAL DYNAMICS**  
SATCOM Technologies

855-0340, 06/08

© 2008 General Dynamics. All rights reserved. General Dynamics reserves the right to make changes to its products and specifications at any time without notice. All trademarks indicated herein are the trademarks of General Dynamics. All other trademarks are the property of their respective owners. 855-0340, 06/08, 08

## ANEXO B Antena VSAT

# 1.2M Ku-Band Rx/Tx

## Series 1132

### Technical Specifications

Electrical		Series 1132 Ku-Band
Antenna Size		1.2 M (47 in.)
Operating Frequency (GHz)	Receive Transmit	10.70 - 12.75 GHz 13.75 - 14.50 GHz
Midband Gain ( +/- .5dB)	Receive Transmit	41.4 dBi 43.3 dBi
Antenna Noise Temperature	20° Elevation 30° Elevation	57 K 56 K
Pattern Beamwidth (in degrees at midband)	-3 dB -15 dB	Tx: 1.2° Rx: 1.5° Tx: 2.8° Rx: 3.4°
Sidelobe Envelope, Co-Pol (dBi)	100λ/D ≤ θ ≤ 20° 20° < θ ≤ 26.3° 26.3° < θ ≤ 48° 48° < θ	29 - 25 Logθ dBi -3.5 dBi 32 - 25 Logθ dBi -10 dBi (averaged)
Power Handling		100 W
Cross-Polarization Isolation	On Axis Within 1.0 dB Beamwidth	Tx: 35 dB Rx: 30 dB Tx: 27 dB Rx: 25 dB
VSWR		Tx: 1.3:1 Max Rx: 1.5:1 Max
Feed Interface Output Waveguide Interface Flange		WR75
ODU		Tier 1 = 6 lbs. Tier 2 = 12 lbs
Mechanical		
Reflector Material		Glass Fiber Reinforced Polyester SMC
Antenna Optics		Prime Focus, Offset Feed
Mount Type		Elevation over Azimuth
Mast Pipe Size		2.5" SCH 40 Pipe (2.88" OD) 73 mm.
Elevation Adjustment Range		5° to 90°, Continuous Fine Adjustment
Azimuth Adjustment Range		+ 20° Fine, 360° Continuous
Shipping Specifications: Approx. Net Weight		48 lbs. (22 kg.)
Environmental Performance		
Wind Loading	Operational Survival	50 mph (80 km/h) 125 mph (201 km/h)
Temperature	Operational	-40° to 140° F (-40° to 60° C)
Rain	Operational	1/2" (13 mm)/hr
Ice	Operational	-----
Atmospheric Conditions		Salt, Pollutants and Contaminants as Encountered in Coastal and Industrial Areas
Relative Humidity		0 to 100% with Condensation
Solar Radiation		360 BTU/h/ft2

### **GENERAL DYNAMICS** SATCOM Technologies

1500 Prodelin Drive • Newton, NC 29858 USA • Telephone: +1-828-464-4141 • Fax: +1-828-464-4147  
Email: vsat@gdsatcom.com • Web Site: www.gdsatcom.com

1000-010 Rev. 09/11

© 2011 General Dynamics. All rights reserved. General Dynamics reserves the right to make changes in its products and specifications at anytime and without notice. All trademarks indicated in each herein are trademarks of General Dynamics. All other product and service names are the property of their respective owners. ® Reg. U.S. Pat. and Tm. Off.

## ANEXO C IDU HX200

### Hughes HX200 Broadband Satellite Router

**HUGHES**

#### High-performance IP satellite router for specialized markets

The HX200 is a high-performance satellite router designed to provide carrier-grade IP services using dynamically assigned high-bandwidth satellite IP connectivity. The HX200 satellite router provides flexible Quality of Service (QoS) features that can be tailored to the network applications at each individual remote router, such as Adaptive Constant Bit Rate (CBR) bandwidth assignment to deliver high-quality, low jitter bandwidth for real-time traffic such as Voice over IP (VoIP) or videoconferencing. With integrated IP features including RIPv1, RIPv2, BGP, DHCP, NAT/PAT, and DNS Server/Relay functionality, together with a high-performance satellite modem, the HX200 is a full-featured IP Router with an integrated high-performance satellite router. The HX200 enables high-performance IP connectivity for a variety of applications including cellular backhaul, MPLS extension services, virtual leased line, mobile services and other high-bandwidth solutions.



#### HX System Architecture

The HX System provides true IP broadband connectivity via satellite. The HX System is based on a "star" network topology where the outbound channel is DVB-S2 with Adaptive Coding and Modulation (ACM). The return channel of the HX System is FDMA/TDMA using the IPoS standard for broadband over satellite. With a DVB-S/DVB-S2 outbound carrier and transmit rates up to 9.6 Mbps, the HX200 provides the high throughput needed for high QoS networking and meets the demands of specialized applications.

#### Target Markets

- Comms on the Move (COMT)
- Satellite on the Move (SOTM)
- Maritime
- Aeronautical
- Land Mobile
- Voice/data broadband IP connections
- Cellular backhaul, SCPC/MCPC replacement links
- MPLS extension services
- Embassy and government networks
- Air traffic control
- Private, leased-line services

Efficiency and flexibility in utilizing satellite bandwidth are at the core of the HX200 design. Each link can be configured to provide a QoS tailored to the requirements of the remote site. This includes adaptive Committed Information Rate (CIR) and Constant Bit Rate (CBR) services that provide guaranteed bandwidth through optimizing use of the bandwidth during periods of idle or light traffic. Remote sites with less stringent bandwidth requirements or service level agreements can be configured for best effort service, thereby allowing service providers to develop a service tailored to their customers' specific requirements. In addition, the HX System bandwidth allocation scheme uses Aloha channels for initial bandwidth assignment which results in very efficient use of space segment. This frees up unused bandwidth and allows an operator to make more efficient use of space segment resources.

#### On-The-Move Capabilities

Full Range of Mobility Features	Benefit
Return channel spreading	Enables use of very small antennas
Fast outroute acquisition	Quick recovery from temporary blockages
Automatic beam switching	Enables roaming across multiple satellites
National Marine Electronics Association (NMEA) Interface	Interface to mobile antenna control unit
External 10 MHz reference	Accurate antenna tracking
Doppler compensation	Support for high speed On-The-Move terminals

(Note: these features require an optional software license)

The HX System from Hughes, the world leader in broadband satellite networks and services, is designed and optimized for smaller and mobile networks, including maritime and airborne applications, where the provision of high-quality and high-bandwidth links is paramount. Capable of simultaneous mesh, star, and multi-star configurations, the HX System builds upon the capabilities and global success of the high-performance HN System, incorporating many advanced features pioneered by Hughes, including integrated TCP acceleration and advanced IP networking. Its broadband satellite products are based on global standards approved by TTA, ETSI, and ITU, including IPoS/DVB-S2, RSM-A, and GMR-1.

[www.hughes.com](http://www.hughes.com)

## Features

- Quality of Service features include:
  - Constant Bit Rate (CBR) services
  - Adaptive CBR. Minimum and maximum rates are configurable, as is step size.
  - Committed Information Rate (CIR) with minimum, guaranteed, and maximum rates
  - Best effort with weighted fair queuing
  - Class-based weighted prioritization
  - Multicast data delivery
  - Four levels of IP traffic prioritization
- Bandwidth management
  - Supports both preassigned (static) traffic assignment and dynamic traffic assignment
  - Idle routers can be configured to release all network resources
- Acts as a local router providing:
  - Static and dynamic addressing
  - DHCP server or relay
  - DNS caching
  - RIPV1, RIPV2, BGP routing support
  - Multicasts to and from the LAN by using IGMP
  - NAT/PAT
  - VRRP
  - VLAN tagging
  - Firewall capability with integrated access control lists
- Supports unicast and multicast IP traffic
- Software and configuration updates via download from the HX Gateway
- Implements dynamic, self-tuning Performance Enhancement Proxy (PEP) software to accelerate the throughput performance by optimizing the TCP transmission over the satellite, delivering superior user experience and link efficiency
- Bidirectional data compression
- IPSec encryption (optional)
- Configuration, status monitoring, and commissioning via the HX ExpertNMS™
- Embedded Web Interface for local status and troubleshooting
- User-friendly LED display indicating terminal operational status
- Closed loop control between hub and remote
- Dynamic outbound coding and modulation changes based on received signal
- Dynamic inbound coding changes based on received signal
- Dynamic remote uplink power control
- IPv6 ready

## Technical Specifications

### Physical Interfaces

Two 10/100BaseT Ethernet LAN RJ45 ports (Independent subnets)

One Serial Port (RS-422 or RS-232) used for antenna control  
One BNC interface for external 10 MHz reference

### Satellite Specifications

Frequency	C-, Extended C-, X-, Ku-, Ka-band
DVB-S2 ACM Channel	DVB-S2 with Adaptive Coding and Modulation or DVB-S
DVB-S2 ACM Rate	1-48 Mbps (in 0.5 Mbps steps)
DVB-S2 ACM Modulation	QPSK, BPSK, 16APSK (Adaptive Modulation)
DVB-S2 ACM Coding	BCH with LDPC 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 (Adaptive Coding)
FDMA/TDMA (IPoS) Channel Rate	256 to 6144 kbps (256 kbps to 9.6 Mbps)
FDMA/TDMA (IPoS) Channel Modulation	QPSK
FDMA/TDMA (IPoS) Channel Coding Rate	Adaptive Coding 1/2, 2/3, 4/5 with TurboCode 1/2, 2/3, 4/5 and 5/10 with LDPC
Error Rate (Receive)	Quad Error Free
Error Rate (Transmit) Interface to ODU	10 <sup>-6</sup> PLR (equivalent to 10 <sup>-7</sup> or better) Industry standard BUC (L-Band) or Hughes saturated carrier BUC

### Performance

Packets per second	5,000
UDP throughput	45 Mbps
TCP throughput	15 Mbps
Multicast throughput	60 Mbps

### HX200 Mechanical and Environmental

1U rack mount unit for 19" rack	
Weight	5.5 lbs (2.5 kg)
Dimensions	19"W x 1.75"H x 14"D (48.26cm W x 4.45cm H x 35.6cm D)
Operating Temperature	32° F (0° C) to 122° F (50° C)

## Optimizing the Return Channel with LDPC

QPSK with LDPC coding provides exceptional performance:

- Spectral efficiency is similar when comparing Rate 9/10 versus BPSK Rate 2/3
- QPSK is less susceptible to noise
- Lower power BUC requirements
- BPSK requires larger burst size for coding gain

Overall, LDPC provides superior performance.

For additional information, please contact us at [globalsales@hughes.com](mailto:globalsales@hughes.com) or visit our Website at [www.hughes.com](http://www.hughes.com).

[www.hughes.com](http://www.hughes.com)

HUGHES is a registered trademark of Hughes Network Systems, LLC.  
© 2012 Hughes Network Systems, LLC. All rights reserved. All information is subject to change.

Y041 004 JAN 12  
1028112

**HUGHES**

11717 Exploration Lane, Germantown, MD 20876 USA

## ANEXO D IDU HX50

### HUGHES HX50 Broadband Terminal

**HUGHES**

#### High-performance satellite router

The HX50 is a high-performance satellite router designed to support high-bandwidth links with Quality of Service (QoS) features such as Min/Max CIR together with dynamic allocation of bandwidth. With integrated IP features including NAT/PAT, DHCP, RIPV1, RIPV2, and DNS server/relay functionality, together with TCP acceleration and a high-performance satellite modem, the HX50 is the ideal platform to enable high-performance IP connectivity for a variety of applications including cellular backhaul, MPLS extension services, virtual leased line services, and other high-bandwidth solutions.

#### Target Markets

- SCPC/MCPC replacement links
- GSM backhaul
- MPLS extension services
- Embassy and government networks
- Private leased line services



HX50 Indoor Unit



#### HX System Architecture

The HX System provides star TDM/TDMA connectivity consisting of a central gateway connecting to multiple HX remote terminals. With a DVB-S/DVB-S2 outbound carrier supporting rates up to 121 Mbps and multiple inbound carriers supporting rates up to 3.2 Mbps, the HX System provides the high throughput needed for high QoS networking.

Efficiency and flexibility in utilizing satellite bandwidth are the core of its design. Each link can be configured to provide a QoS tailored for the individual remote terminal. Each remote link can be independently configured with Minimum CIRs and Maximum Rates, thereby allowing a service provider to develop a service tailored to its customers' specific requirements. In addition, the HX System bandwidth allocation scheme uses an Aloha channel for initial traffic requests, which means that remotes can be configured to deallocate bandwidth based on inactivity. This frees up unused bandwidth and allows an operator to make more efficient use of space segment resources.

Because the HX System is DVB-S conformant, the HX System can easily be multiplexed to an existing DVB outbound carrier such as the Hughes HN system, DTH system, or other DVB-based broadband systems.

HUGHES, the world leader in satellite networking, has introduced the HX System, designed and optimized for small networks where the provision of high-quality and high-bandwidth links are the most important criteria. Building upon the heritage and capabilities of the more than 700,000 broadband satellite terminals shipped by Hughes, the HX System incorporates many of the advanced features pioneered by Hughes, including integrated TCP acceleration and advanced IP networking features.





## ANEXO E

### Satélite

# AMC-4

## 67°W

Orbital location

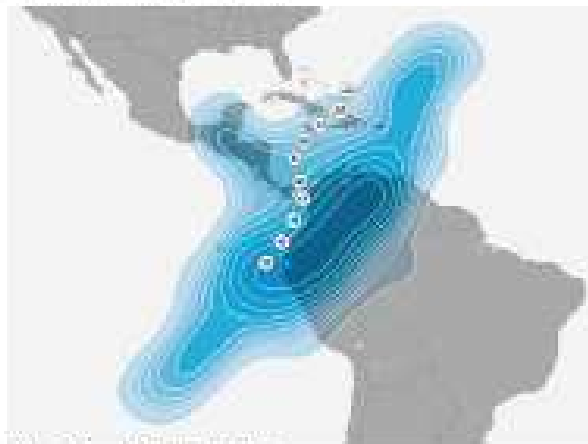


Coverage

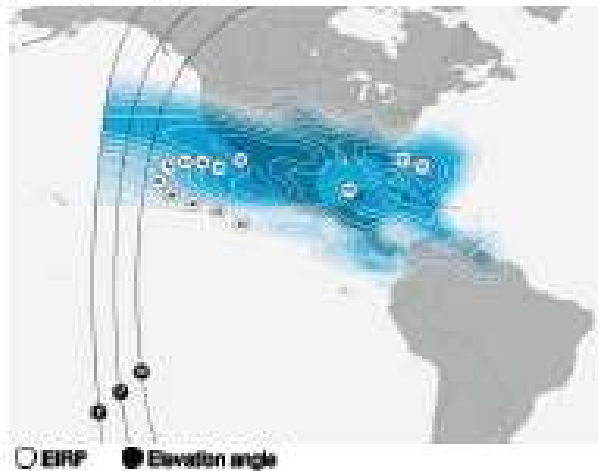
North America | Latin America

**SES**<sup>▲</sup>  
your satellite company

South America Ku-band beam



North America Ku-band beam



AMC-4 is a Ku-band satellite which provides expansion capacity to address Latin America's growth in DTH and broadband services, as well as to support ambitious government digital inclusion programmes. The satellite is well-suited to serve a range of applications such as rural telecoms, VSAT networks, e-learning, GSM backhaul and maritime, pay-TV and mobile broadband.

**Launch date**  
13 November 1999

**Launch Vehicle**  
Ariane 44P

**Design life**  
15 years

**Satellite manufacturer**  
Lockheed Martin

**Polarisation**  
Ku-band: Linear

**Total transponders**  
Ku-band: 12

## ANEXO F DVB-S2

### DM240XR Digital Video Broadcast Modulator with AutoEQ™

Satellite Modems



#### DVB Performance

The DM240XR is DVB-S2 ready and can easily be upgraded in the field. The DM240XR provides a comprehensive set of advanced S2 features. The DM240XR extends its dominance in broadcast applications through increased data rate capability and the addition of 16APSK and 32APSK support. Proven performance operating near Shannon's limit offers results with 30% better bandwidth efficiencies and carrier to noise figures below the noise floor.

The DM240XR includes the ability to select the output frequency of 70/140 MHz or L-Band operation without any hardware modifications. The modulator offers a frequency agile IF output from 50 to 90 MHz, 100 to 180 MHz and 950 to 2050 MHz in 100 Hz steps. The DM240XR offers high data rates (up to 190 Mbps for the DVB-S2 and 338 Mbps for the DVB-S), and the most flexible modulation schemes available (QPSK, 8PSK, 16-QAM, 16APSK and 32APSK).

The DM240XR offers the flexibility to support up to three different data interfaces. The XR includes a built-in ASI interface along with the Plug-In Interface Card (PIC) system which allows for the selection of two additional data interfaces that can be easily upgraded in the field.

Supported interfaces include DVB-ASI, HSSI, RS-422, M2P/DVB, LVD-S M2P/DVB and Ethernet (Pro-MPEG CoP 3 and Bridge modes).

Remote interfacing can be achieved through one of three onboard connections: Ethernet (Web or SNMP), RS-485, or RS-232. Additionally, FTP capability for firmware upgrades allows a quick, reliable method to update installed systems. The front panel offers push-button control of all features and a backlit LCD display.

DVB-CID ETSI TS 103 129 is the ETSI standard for combating satellite interference and is largely based on Comtech EF Data's award-winning MetaCarrier® technology. MetaCarrier technology embeds and detects a small message and unique ID within a video or data satellite carrier. This embedded message and ID significantly reduce the time to identify and clear interference sources. The MetaCarrier is embedded using spread spectrum techniques within the carrier itself without adding appreciable noise or power to the host carrier.

The DM240XR AutoEQ feature supports amplitude and group delay equalization over the satellite system. When installed, AutoEQ offers the ability to compensate the overall system group delay and amplitude flatness by pre-correcting the uplink carrier. This eliminates the need for external group delay/amplitude equalizers and makes possible equalization at L-Band. The AutoEQ will operate over the full transponder from a symbol rate of 0.1 Mbps to 45 Mbps.

#### Features

- DVB-S and DVB-S2 ready
- DVB-S2 data rates up to 190 Mbps
- DVB-S2 CM, VCM & ACM support
- DVB-S data rates up to 338 Mbps
- QPSK, 8PSK, 16-QAM, 16APSK, 32APSK
- Embedded MetaCarrier DVB-CID ETSI TS 103 129
- Powerful LDPC with BCH coding
- AutoEQ group delay and amplitude equalization
- Frequency-agile 50 to 90, 100 to 180, and 950 to 2050 MHz
- ETSI EN 302 307 (DVB-S2), ETSI EN 301 210 (DVB-S)
- ETSI EN 300 421 and ITU-T294 System B (DSS)
- Built-in ASI data interface
- Monitor port available
- Web/brower user interface
- Multiple 1:1 and 1:N redundancy options available

#### Typical Users

- Broadcasters
- Internet Service Providers
- Enterprise

#### Common Applications

- Direct To Home
- Broadcast Contribution and Distribution
- Satellite News Gathering
- Broadband Interactive Services
- Digital Cinema
- Enterprise
- High Speed Content Delivery
- IPTV / Business Television

## AutoEQ Automatic Uplink Equalization System

The AutoEQ Automatic Uplink Equalization System is the most user friendly satellite communication system equalizer available. Unlike legacy analog equalizers which are difficult to adjust, the AutoEQ system is extremely easy to use. Transponder equalization is done in the digital domain; it is very accurate and can compensate for amplitude and group delay variations that are nearly impossible to compensate for with an analog equalizer.

The AutoEQ consists of special software built into the DM240XR coupled with a special digital receiver on a PIIC card. The receiver analyzes the signal path while the software computes the compensating equalizer values. Equalizing the link typically takes less than 2 minutes and can be done at the front panel or remotely.

A remote receiver capability is also supported for those systems where the DM240XR hub cannot see the return path from the distant end. Remote calibration is done by simply connecting and configuring the Ethernet control ports of the modulator and remote receiver to a network with Internet access. The DM240XR takes care of the rest.

The AutoEQ Automatic Uplink Equalization System supports single channel per carrier (SCPC) equalization of group delay and amplitude over the entire satellite frequency range.

AutoEQ works with all modulation and coding types supported by the DM240XR (i.e. QPSK, 8PSK, 16-QAM for DVB-S and QPSK, 8PSK, 16APSK, and 32APSK for DVB-S2). The BER/bandwidth improvement is greater as the level of modulation increases.

The equalization process is nearly independent of receive signal to noise ratio. Accurate automatic equalization is possible down to the lowest specified levels of  $E_b/N_0$  associated with each modulation and coding type supported by the DM240XR.

The equalizer is based on the generation of complex coefficients. What this means is that it can even compensate for amplitude or group delay that is not symmetric over the carrier frequency spectrum, as would be the case if two independent carriers were placed on one transponder.

Up to 32 sets of equalization parameters can be stored within the DM240XR. This allows a DM240XR to be preconfigured for multiple carriers and multiple transponders.

Should the satellite uplink parameters change, recalibration of the AutoEQ can be easily initialized at any time, allowing for maximum flexibility for the uplink earth station.

The end result is greatly improved bandwidth and power utilization of your satellite transponder.

### Features

- Full or partial transponder (complex) equalization
- Digitized transponder characterization, plug and play
- No external adjustments required
- Easily upgradable into existing DM240XRs
- Closed loop equalization using a plug-in PIIC receiver
- Supports all DM240XR modulation and frequency parameters up to 45 Mbps
- Capable of multiplexing LNB power

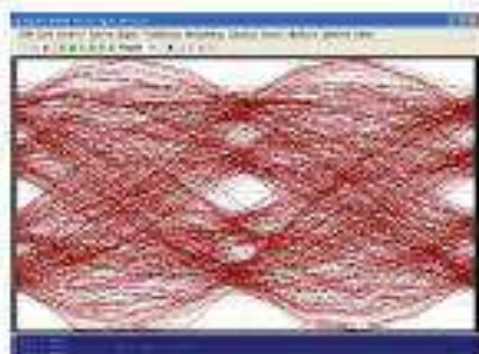
### Physical

Standard Plug-in-interface Card (PIIC)

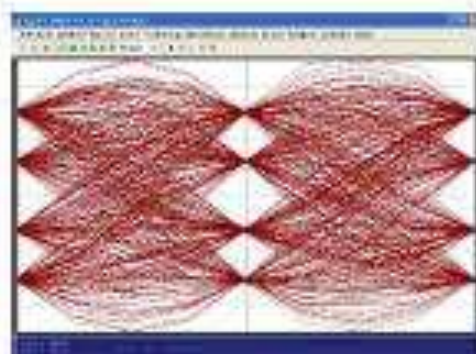


## AutoEQ System Performance

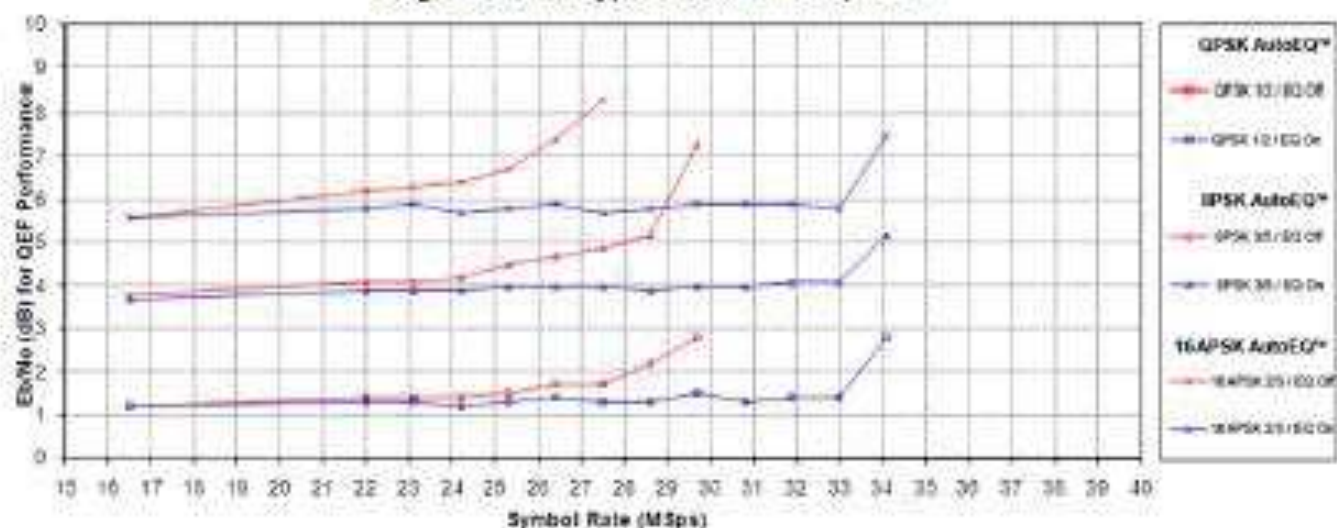
Received BPSK Over Typical Satellite without AutoEQ



Received BPSK Over Typical Satellite with AutoEQ



AutoEQ™ Performance Comparison  
Single Carrier on typical 36 MHz Transponder



## Specifications

### IF Interface

TX IF	50 to 180 MHz (70/140 MHz) 950 to 2050 MHz L-Band
IF Step Size	1 Hz
Frequency Stability	1 ppm
Power Output	0 to -25 dBm
Power Step Size	0.1 dB
Power Output Accuracy	± 1.0 dB
Power Output Stability	± 0.5 dB
Carrier Mute	-55 dB
Spurious:	-55 dBc, In-band -45 dBc, Out-of-band
Output Impedance	75 Ohm (70/140 MHz), 50 Ohm (L-Band)
Return Loss	20 dB (70/140 MHz) 14 dB (L-Band)
Phase Noise	1 kHz -73 dBc 10 kHz -83 dBc 100 kHz -100 dBc 1 MHz -120 dBc

Output Connector	BNC female (70/140 MHz), SMA female (L-Band)
IF Monitor	SMA female
External Reference	1, 2, 5, 10 MHz better than ±1 ppm, 1.5 to 10 Vp-p, 50 Ohms
MetaCarrier Identification	DVB-CID ETSI TS 103 129 Compliant

### Baseband (DVB-S) Per ETSI EN 301 210

Data Rate	1 to 238 in 1 bps steps
Symbol Rate	1-68 Msps maximum
Inner FEC Code	PTCM (BPSK, 16-QAM), QPSK (Viterbi)
Code Rates	QPSK 1/2, 3/4, 5/6, 7/8 BPSK 2/3, 5/6, 8/9 16-QAM 3/4, 7/8
Outer Code	Reed-Solomon (204, 188, T=8)
Interleaving	Convolutional, i=12
Data Scrambling	Per EN 300-421
Terrestrial Framing	204, 188, none

**Baseband (DVB-S2) PER ETSI EN 302 307**

Modulation Types	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
DVB Modes	CCM, ACM, VCM
Data Rate	1 to 80 Mbps in 1 bps steps (QPSK) 2 to 118 Mbps in 1 bps steps (8PSK) 2.6 to 160 Mbps in 1 bps steps (16APSK) 3.5 to 190 Mbps in 1 bps steps (32APSK)
Symbol Rate	1 to 45 Msps maximum
Terrestrial Framing	188 (1 Sync Byte, 187 payload bytes)
Block Size	64800 bits, 16200 bits
FEC Code	BCH + LDPC
Interleaver	Block Interleaver. Per ETSI EN 302 307
Code Rates	QPSK: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 8PSK: 2/3, 3/4, 3/5, 5/6, 8/9, 9/10 16APSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 32APSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
Baseband Roll-Off	Square root raised cosine 0.20, 0.25, 0.35
Terrestrial Input Clock Accuracy	Better than 400 ppm
Test Pattern	Internal 2 <sup>8</sup> -1 and 2 <sup>23</sup> -1 Pseudo-random number generator
Internal Clock Source Stability	10 ppm

**Monitor & Control**

Interface	Serial RS-485 and RS-232, Ethernet 10/100Base-T (SNMP v1/v2 and Web browser)
Parameters Controlled	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test modes</li> <li>• IF frequency</li> <li>• IF output level</li> <li>• IF output on/off</li> <li>• Data rate</li> <li>• Symbol rate</li> <li>• Clock polarity</li> <li>• Data polarity</li> <li>• Inner code rate</li> <li>• Modulation</li> <li>• Roll-off</li> <li>• Pilot symbols</li> <li>• Gold code seq</li> <li>• Test framing</li> <li>• Sat framing</li> </ul>
Parameters Monitored	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faults (current &amp; latched Alarms)</li> <li>• Supply voltages</li> </ul>

**Optional Interfaces**

Serial	DVB-ASI, G703, HSSI
Parallel	RS-422 (MCP DVB), LVDS (MCP DVB), DSS
Ethernet	100/1000Base-T (PRO-MPEG COP3/R2 & BRIDGE Mode)
AutoEQ	Amplitude and group delay equalization

**Physical & Environmental**

Prime Power	100 - 240 VAC, 50 - 60 Hz, 40 W maximum
Operating Temperature	0 to 50°C
Operating Humidity	Up to 95%, non-condensing
Storage Temperature	-20 to 70°C
Storage Humidity	Up to 90%, non-condensing
Weight	10 lbs (4 kg)
Dimensions (1RU) (height x width x depth)	1.75" x 19" x 17" 4.45 x 48.3 x 43.2 (cm)

**Configuration Series DVB-S**

Series 100	1 - 10 Msps, QPSK
Series 200	1 - 45 Msps, QPSK
Series 300	1 - 45 Msps, QPSK/8PSK
Series 400	1 - 68 Msps, QPSK/8PSK/16-QAM

**Configuration Series DVB-S2**

Series 100	1 to 10 Msps, QPSK
Series 200	1 to 45 Msps, QPSK
Series 300	1 to 45 Msps, QPSK/8PSK
Series 400	1 to 45 Msps, QPSK/8PSK/16APSK
Series 500	1 to 45 Msps, QPSK/8PSK/16APSK/32APSK

**AutoEQ Specifications****Demodulator Input (PIC Card Receiver)**

Input Frequency	950-1750 MHz
Input Power	-45 to -30 dBm
Input Impedance	50 Ohm (optional 75 Ohm F)
Input Connector	SMA-F (optional F-type)
E/N0	0 dB min.

**LNB DC Inject**

Purpose	Used to diplex DC power onto RF RX connector
Input Connector	PP3-002A, 5.5mm x 2.1mm x 9.5mm in-line DC power plug
Input Voltage	28 Volts maximum
Input Current	0.5 Amps maximum

**DM240XR Monitor and Control**

Equalizer	Enabled/disabled
RX IF	950-1750 MHz
EQ Calibration	Reference acquires, calibration
EQ Receiver	Local, remote
EQ Select	1-32 coefficient sets
EQ Rename	1-32 coefficient sets
EQ Delete	1-32 coefficient sets
EQ Restore	Entire AutoEQ table



2114 West 7th Street, Tempe, Arizona 85281 USA

Voice: +1.480.333.2200 • Fax: +1.480.333.2540 • Email: sales@comteche-data.com

See all of Comtech EF Data's Patents and Patents Pending at <http://patents.comteche-data.com>

Comtech EF Data reserves the right to change specifications of products described in this document at any time without notice and without obligation to notify any person of such changes. Information in this document may differ from that published in other Comtech EF Data documents. Refer to the website or contact Customer Service for the latest released product information.

## ANEXO G ODU Hughes

### Hughes VSAT Outdoor Unit (ODU)

**HUGHES**

Part No.1502122-0221

Description: ASSY,RADIO,ANUBIS-INTL,2W,2M

The HN transceiver is used in the HN8 system, which consists of an indoor unit (IDU) connected with an outdoor unit, comprising of 2W transmitter and Hughes receiver (LNB part No.15018620-002). The HN transceiver system provides the uplink and downlink capability for the HN VSAT broadband IDU.

The transmitter output and the receiver input are connected to the antenna feedhorn via the TRIA. Two separate IFL cables are used. The first is the TX IFL that carries DC power, the TX signal, and the TX control signals from the IDU to the transmitter. The second is the RX IFL that carries the Rx signals from the receiver to the IDU.



### Technical Specifications

#### Transceiver

Part # HN8 1502122-0221

#### Transmit

Operating Frequency: 13.75 to 14.5 GHz

Voltage Requirement: 11V to 19Vdc (1.85 A for 2 watt output power)

#### Receive

Operating Frequency: 10.95 to 12.75 GHz

Voltage Requirement: 10 to 21Vdc (150 mA)

#### Antenna and IDU Specifications

Antenna: 74cm, 89cm, 98cm, 120cm, 180cm

IDU: HN7000S, HN7700S, HN7740S, HN9200  
HN9400, HX50, HX200, HX260

Frequency Range: Ku Band

Operating Temperature: -30° C to +55° C

For additional information, please contact us at [marketing@hughes.in](mailto:marketing@hughes.in)

[www.hughes.in](http://www.hughes.in)

HUGHES is a registered trademark of Hughes Network Systems, LLC.  
©2020 Hughes Network Systems, LLC. All rights reserved. All information is subject to change.

VSAT 4211 - 002611

**HUGHES**

Plot No.1, Sector-18, Electronic City, Gurgaon, Haryana Ind

## ANEXO H

### VALORACIÓN ECONÓMICA

Se detallan los costos en los que incurre el implementar el diseño propuesto en base al estudio realizado en el presente trabajo de titulación. Nos referimos a los cambios en el NOC únicamente como se plantea en el alcance. La valoración económica de la implementación y equipamiento de los terminales remotos se encara el COMACO.

- Equipo

El equipo que se necesita adquirir es un CDSCP cotizado en un valor de \$50.375 dólares. El equipo incluye los cables de conexión.

- Mano de obra

En este rubro aparte de la instalación, se consideran dentro del costo de mano de obra los siguientes entregables:

- Documentación: diagrama de red, planos actualizados, configuraciones de los equipos
- Conexión del equipo
- Capacitación: a una persona (encargado del HUB) sobre el uso del nuevo equipo.

Según la estimación realizada en el Capítulo IV, la persona encargada de la instalación necesita seis días hasta la entrega del equipo incluidas pruebas de funcionamiento. Se establecen las horas de trabajo de la siguiente manera: el día 1 = 6 horas, los días 2 al 6 = 8 horas diarias, teniendo un total de 46 horas de trabajo durante los seis días.

Costo hora de trabajo	Cantidad de horas	Total
\$ 115	46 horas	\$ 5.520

- Gastos operativos

Estos gastos se generan como rubros inducidos de la mano de obra, por cuanto localmente no hay técnicos de *Hughes* que conozcan del sistema, es así que la persona que realizará la instalación del equipo viene de México. Se debe estimar por lo tanto costos de pasajes aéreos, hospedaje, alimentación, movilización, entre otros. Para el efecto se calculan los gastos tomando como referencia el tiempo de permanencia en el país de 9 días pues dentro del horario de trabajo no constan los fines de semana.

	Costo por día	Cantidad de días	Costo total
Pasajes aéreos	-	-	\$ 1.200
Hospedaje	\$ 60	9	\$ 540
Alimentación	\$ 40	9	\$ 360
Movilización	\$ 30	9	\$ 270
		<b>Total</b>	<b>\$ 2.370</b>

Sumando los rubros mencionados se tiene un total de \$ 58.265 dólares que costaría la ampliación de la red.

CDSCP de 1 BPE	\$ 50.375
Mano de obra	\$ 5.520
Gastos operativos	\$ 2.370
<b>Total</b>	<b>\$ 58.265</b>

Por otra parte, también se requiere aumentar la capacidad satelital, lo que implica un aumento en el costo mensual por el uso de este servicio.



Se analiza este costo desde tres escenarios: las condiciones actuales con que opera la red, las condiciones óptimas de la misma y las condiciones del diseño que se presenta en este proyecto.

Actualmente el COMACO cuenta con un ancho de banda de 12 [MHz] por el q pagan mensualmente \$72.000 dólares. Es decir, \$6.000 por 1 [MHz].

En las condiciones que actualmente opera la red (52 terminales) se requieren 11,52 [MHz] según el dimensionamiento de tráfico realizado; en tal razón, hay un remanente de 0,48 [MHz]. Es decir, se gasta \$ 2.880 dólares mensualmente en un recurso que no ocupa.

Con el nuevo diseño se requiere un total de 12,04 [MHz]. Los 0,04 [MHz] adicionales equivalen a un costo de \$240 dólares, una diferencia mínima de 0,3% más del valor que normalmente pagan.

Lo anteriormente mencionado se resume en la siguiente tabla.

	<b>Condiciones Actuales</b>		<b>Condiciones Propuestas</b>
	<b>Óptimas</b>	<b>Reales</b>	
Número de terminales remotos	52	52	80
Ancho de banda [MHz]	11,52	12	12,04
Costo mensual \$USD	69.120	72.000	72.240

Con este antecedente sabemos que utilizando eficientemente el espectro satelital en base a un correcto dimensionamiento, la inversión de \$ 58.265 dólares que se propone, sería cubierta en menos de dos años con el valor excedido que actualmente pagan.