

**XUNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN DEL  
SUB NODO REMOTO JUNIN AL NODO PRINCIPAL CORPAC LIMA  
USANDO UNA ESTACIÓN VSAT”

---

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL  
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

---

**AUTOR** :  
Br. Néstor Iván, Cornejo Chávez

**ASESOR** :  
Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Trujillo - Perú**  
**2017**

**“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN  
DEL SUB NODO REMOTO JUNIN AL NODO PRINCIPAL  
CORPAC LIMA USANDO UNA ESTACIÓN VSAT”**

Elaborado Por:

---

Br. Néstor Iván, Cornejo Chávez

Aprobado por :

---

Ing. FILIBERTO AZABACHE FERNÁNDEZ  
PRESIDENTE  
CIP N° 97916

---

Ing. SAÚL LINARES VERTIZ  
SECRETARIO  
CIP N° 142213

---

Ing. LUIS ALVARADO RODRÍGUEZ  
VOCAL  
CIP N° 149200

---

Ing. EDUARDO CERNA SÁNCHEZ  
ASESOR  
CIP N° 80252

## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, pongo a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE INTERCONEXIÓN DEL SUB NODO REMOTO JUNIN AL NODO PRINCIPAL CORPAC LIMA USANDO UNA ESTACIÓN VSAT”**.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusándome anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Abril del 2017

Br. Néstor Iván, Cornejo Chávez

## **DEDICATORIA**

A Dios, que me brinda paz, amor y paciencia.

A mi madre Socorro, por brindarme su amor, confianza incondicional y ejemplo para salir adelante.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme su experiencia, paciencia y amistad para el desarrollo de mi Tesis.

Néstor Iván

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haberme dado fuerzas y ganas de seguir, progresar profesionalmente para establecer objetivos, realizar metas y cumplir responsabilidades.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarme los conocimientos necesarios para el desarrollo del Proyecto de Tesis y encaminarme hacia el ámbito laboral.

A todos mis profesores universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarme conocimientos en cada una de las materias tomadas para el desarrollo profesional.

A mi madre por enseñarme que la mejor herencia es la educación, por sus consejos, valores, motivación y amor.

A mi asesor de tesis, el Ingeniero Eduardo Cerna Sánchez, por su confianza y apoyo en el transcurso de toda la investigación.

A todos Gracias

## **RESUMEN**

La presente investigación se centra en el estudio de la evaluación de la disponibilidad de interconexión del Sub Nodo remoto Junín al Nodo principal CORPAC Lima usando una estación VSAT. El trabajo fue realizado para el área de comunicaciones de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial CORPAC S.A. ubicada en la ciudad de Lima, Provincia Constitucional del Callao. En el primer capítulo se aborda la problemática actual de la interconexión del Sub Nodo CORPAC Junín con el Nodo principal CORPAC Lima presentando en el segundo capítulo un marco teórico referencial acerca del enlace actual DIGIRED así como de las estaciones VSAT y su integración con soluciones de enlace satelital. En el tercer capítulo, se presentan los materiales, procedimientos, cálculos y métodos de análisis empleados en la presente tesis, para luego en el cuarto capítulo, documentar el diseño del enlace. Finalmente en el quinto capítulo, se analizarán los resultados y a continuación se presentarán las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

## **ABSTRACT**

This research is focused on the study of the assessment of the availability of interconnection of Sub Remote node Junín to the main node CORPAC Lima using a VSAT station. The work was performed for the communications area of the Peruvian Corporation of Airports and Commercial Aviation SA CORPAC located in the city of Lima, Callao. In the first chapter, we can see the current problems of the interconnection of Sub Node CORPAC Junín with the main node CORPAC Lima presenting in the second chapter a theoretical framework about the current link DIGIRED as well as VSTA stations and solutions integration with satellite link. In the third chapter, the materials, procedures, calculations and analysis methods used in this thesis are presented, so that in the fourth chapter, document the link design. Finally in the fifth chapter, the results will be analyzed and then the conclusions and recommendations obtained will be presented.

# ÍNDICE

ACREDITACIONES .....	I
PRESENTACION .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÍNDICE .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	XI
CAPÍTULO	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA REALIDAD .....	4
1.3 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS .....	4
1.4 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	8
1.6 ALCANCE .....	8
1.7 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.8 APORTES .....	9
1.9 OBJETIVO GENERAL .....	9
1.9.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
CAPÍTULO II	
II. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION .....	11
2.2. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACION .....	14
2.2.1. Red Digital Aeronáutica del Perú (REDAP) .....	14
2.2.2. Conceptos Generales de los servicios ofrecidos por REDAP en el Sub Nodo Junín .....	16

2.2.3. Servicios de tipo aeronáutico para voz.....	17
2.2.4. Servicios de tipo aeronáutico para datos .....	20
2.2.5. Servicios de Tipo Administrativo para Voz: .....	23
2.2.6. Servicios de Tipo Administrativo para Datos.....	24
2.2.7. Red Back up:.....	25
2.2.8. Aplicación Sistemas De Gestión De Rede (SDGR):.....	25
2.2.9. VSAT como enlace solución a los cortes de la conexión DIGIREN .....	27
2.2.10 Diseño de enlaces satelitales.....	36
2.2.11 Parámetros del Sistema de Satélites .....	39

### CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS .....	46
3.1 MATERIAL Y MÉTODOS.....	47
3.1.1 Población y Muestra.....	47
3.1.2 Unidad de Análisis .....	47
3.2 MÉTODOS.....	47
3.2.1. Nivel de Investigación.....	47
3.2.2. Diseño de la Investigación.....	47
3.2.3. Variables de Estudio y Operacionalización.....	48
3.2.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	51
3.2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	56
3.2.5.1 Análisis y Procesamiento de la Información.....	56
3.2.5.2 Estimación de la Velocidad de Interconexión Requerida .....	57
3.2.6. ESQUEMA DE RED REQUERIDO PARA LA INTERCONEXIÓN VSAT .....	58
3.2.6.1 Datos Técnicos del Sistema de Interconexión entre Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín mediante enlace satelital VSAT.....	59
3.2.6.2 Reportes de incidencias de fallas después de la implementación VSAT.	62
3.2.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS .....	64

### CAPÍTULO V

V. DISCUSION DE RESULTADOS .....	65
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	66

## CAPITULO VI

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
--	----

6.1. CONCLUSIONES .....	68
-------------------------	----

6.2. RECOMENDACIONES .....	69
----------------------------	----

## CAPÍTULO VII

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	70
---------------------------------------	----

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:.....	71
-----------------------------------	----

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Cortes SERVICIO DIGIRED Junín Julio - Diciembre 2015.....	7
Tabla 2. 1. Bandas de frecuencias (GHz) empleadas comúnmente en la transmisión por satélite. DBS/Digital Broadcasting System FSS/ Fixed Satellite Service.....	34
Tabla 2. 2. Comparación de Unidades de Ruido .....	41
Tabla 3. 1. Operacionalización de la Variable Independiente.....	49
Tabla 3. 2. Operacionalización de la Variable Dependiente .....	50
Tabla 3. 3. Extracto de incidencias con detalle de tiempos de corte de servicio DIGIRED.....	55
Tabla 3. 4. : Extracto incidencias de corte, porcentajes de disponibilidad. ....	56
Tabla 3. 5. Cortes vs Porcentaje de Disponibilidad del enlace .....	57
Tabla 3. 6. Estimación de ancho de banda por servicio en el Sub Nodo Remoto Junín. ....	57
Tabla 3. 7. Listado de equipamiento presente en la Estación VSAT Junín. ....	59
Tabla 3. 8. Reporte de caídas de conexión enlace VSAT Enero – Junio 2016.....	62
Tabla 3. 9. Extracto incidencias de corte, porcentajes de disponibilidad VSAT Enero-Junio 2016 .....	63
Tabla 3. 10. Cortes vs Porcentaje de Disponibilidad del enlace VSAT.....	64
Tabla 3. 11. Comparativo de disponibilidad –AFTER- implementación. ....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. 1 Ubicación Geográfica del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.....	2
Figura 1. 2 Cortes DIGIRED CORPAC Junín.....	5
Figura 1. 3 Duración de los Cortes DIGIRED CORPAC Junín.....	6
Figura 2. 1. Topología de la REDAP.....	15
Figura 2. 2. Esquema Servicios REDAP.....	16
Figura 2. 3. Comunicación Piloto – Centro de Control (aire - tierra).....	17
Figura 2. 4. Operación de la Red VHF-AA a nivel nacional.....	18
Figura 2. 5. Topología Red de Canales Orales.....	19
Figura 2. 6. Esquema de la conexión de un canal oral en la estación Lima Torre.....	20
Figura 2. 7. Conexión de una Aplicación AFTN.....	21
Figura 2. 8. Topología de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas.....	22
Figura 2. 9. Comunicaciones Aeronáuticas vía REDAP.....	23
Figura 2. 10. Aplicación de tipo Administrativo.....	24
Figura 2. 11. Esquema de la conexión de la Red Backup de CORPAC – LIMA.....	25
Figura 2. 12. Arquitectura del Sistema de Gestión de Red.....	26
Figura 2. 13. Visualización Monitoreo de Equipos Remotos.....	27
Figura 2. 14. Orbitas Satelitales.....	29
Figura 2. 15. Red VSAT.....	30
Figura 2. 16. Red VSAT Estrella para una organización.....	31
Figura 2. 17. Red VSAT en Malla.....	32
Figura 2. 18. Componentes principales de un sistema VSAT.....	32
Figura 2. 19. Modelo de subida del Satélite.....	37
Figura 2. 20. Transponder de Satélite.....	37
Figura 2. 21. Modelo de enlace de satelital de bajada.....	38
Figura 2. 22. Modelo de enlace entre Satélites.....	38
Figura 3. 1. Esquema actual de la interconexión Junín –Lima.....	52
Figura 3. 2. Multiplexores Remotos Cx950.....	53
Figura 3. 3. Transmisores de radio Principal y Secundario.....	53
Figura 3. 4. Receptores de radio Principal y Secundario.....	54
Figura 3. 5. Equipo UPS en sala Sub Nodo Remoto Junín.....	54

Figura 3. 6. Esquema nuevo enlace satelital principal, con REDAP como enlace de respaldo. ....	58
Figura 3. 7. IBUC TerraSat .....	60
Figura 3. 8. LNB Norsat.....	60
Figura 3. 9. Multiplexor NetPerformer 9230.....	61
Figura 3. 10. Modem Satelital SkyWan 2570 (slave).....	61
Figura 3. 11. Antena Satelital Prodellin .....	61

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.1 Situación y Contexto de la Problemática Actual

Según el portal web CORPAC S.A. (2015)<sup>1</sup> sus siglas significan Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial, fundada el 25 de Junio de 1943 como una empresa pública, para luego en 1981 ser una empresa exclusiva del estado regida por los decretos legislativos N° 099 y N° 216 por la ley de Sociedades Mercantiles, ley de la actividad empresarial del estado y por su Estatuto Social.

Inicialmente sus instalaciones estaban en Limatambo donde se realizaban movimientos de aviones comerciales, correspondencia y carga. Luego el 30 de octubre del 1960 se creó el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, ubicado a 12 Km del centro de Lima, en límite con el Callao. La figura 1.1 muestra la imagen de su ubicación geográfica.

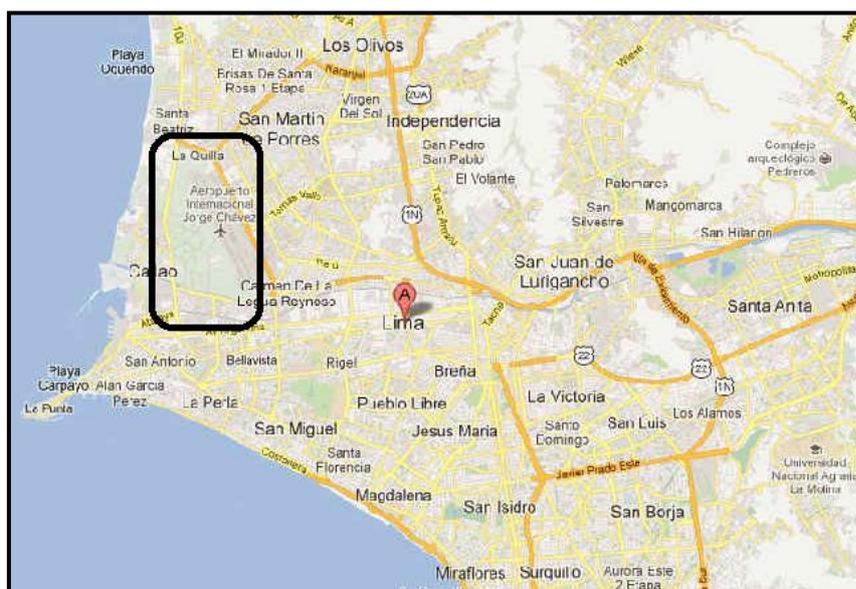


Figura 1. 1 Ubicación Geográfica del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

**Fuente:** Ubicación Aeropuerto Jorge Chávez – Lima (Disponible en:

[http://www.viasatelital.com/mapas/aeropuerto\\_internacional\\_jorge\\_chavez.htm](http://www.viasatelital.com/mapas/aeropuerto_internacional_jorge_chavez.htm)

CORPAC S.A. es el encargado del servicio de control de tránsito aéreo en este aeropuerto.

<sup>1</sup>CORPAC S.A, disponible en: <http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=3762>

Luego en diciembre del 2006 fueron entregados al consorcio Aeropuertos del Perú 9 aeropuertos del norte y este del país: Tumbes, Talara, Chachapoyas, Tarapoto, Iquitos, Pucallpa, Anta – Huaraz, Trujillo y Cajamarca, en el 2008 se entregó la concesión del aeropuerto de Pisco y Chiclayo.

De esta manera CORPAC S.A. proporciona las instalaciones, servicios y procedimientos, para la navegación aérea conformando así un sistema integrado enmarcado según los requisitos nacionales e internacionales dentro los límites de la región de vuelo, pues uno de los objetivos principales de CORPAC S.A. es el de:

- Establecer, administrar, operar y conservar los servicios de ayuda a la aeronavegación, radiocomunicaciones aeronáuticas y demás servicios técnicos necesarios para la seguridad de las operaciones aéreas en el país.

Es así que CORPAC S.A. para poder controlar los servicios de tránsito aéreo creo la Red Digital Aeronáutica del Perú REDAP, la cual fue diseñada con el objetivo de mejorar la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas en el espacio aéreo nacional. Los servicios aeronáuticos y administrativos transportados por la REDAP emplean servicios de conmutación por circuitos DIGIRED<sup>2</sup>.

Según el portal web de Telefónica del Perú el servicio de la plataforma DIGIRED consta de un conjunto de enlaces digitales dedicados permanentes, que brindan servicios de voz y datos.

Las conexiones DIGIRED han visto disminuidos sus parámetros de disponibilidad debido, entre otras causas, a las frecuentes interrupciones de los enlaces arrendados al proveedor Telefónica del Perú.

Uno de los puntos más afectados por esta problemática es el Sub Nodo CORPAC Junín. Las actuales interrupciones en el servicio DIGIRED de Telefónica del Perú afectan de manera importante el nivel de seguridad de las operaciones aéreas en el espacio aéreo local, habiéndose registrado inconvenientes que han llegado a imposibilitar el poder cumplir con

---

<sup>2</sup> Plataforma o Red de Transmisión Digital proveído por Telefónica del Perú S.A.

los estándares internacionales establecidos por la OACI<sup>3</sup> (Organización Civil Aérea Internacional) y por la DGAC<sup>4</sup> (Dirección General Aeronáutica Civil del Perú) quien en su resolución Directoral N° 119-2006-MTC/12 ha establecido que la disponibilidad de los enlaces asociados a servicios de telecomunicaciones aeronáuticas, tales como el Servicio Fijo Aeronáutico (AFS)<sup>5</sup>, Servicio Móvil Aeronáutico (AMS)<sup>6</sup> y servicio de Radiodifusión Aeronáutica debe ser de al menos 99.99%.

Para la OACI el parámetro de disponibilidad es el estándar internacional más importante para medir la calidad de enlaces empleados en comunicaciones aeronáuticas. Es entonces en este contexto que surge en CORPAC la preocupación por superar esta realidad problemática.

## **1.2 Características de la Realidad**

- a. Bloqueos y caídas del Servicio DIGIRED para el Sub Nodo CORPAC Junín.
- b. Caídas de conexión REDAP generan emergencias operativas en el Sub Nodo CORPAC Junín.

## **1.3 Análisis de Las Características**

### **a. Bloqueos y caídas del Servicio DIGIRED para el Sub Nodo CORPAC Junín**

La conexión DIGIRED como soporte de conexión REDAP del Nodo remoto Junín ha venido presentando frecuentes caídas o pérdidas totales de conexión debido a diversas causas que son responsabilidad del proveedor; Telefónica del Perú; esto

---

<sup>3</sup> Agencia Especializada de las Naciones Unidas que promueve el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil mundial. Disponible en: [http://www.site.cinu.mx/docsonu/OACI/oaci\\_1.pdf](http://www.site.cinu.mx/docsonu/OACI/oaci_1.pdf)

<sup>4</sup> Autoridad Civil Aeronáutica en el Perú que fomenta, regula y administra la navegación aérea civil dentro de nuestro territorio. Disponible en: [http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica\\_civil/index.html](http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/index.html)

<sup>5</sup> Comunicaciones de voz y de datos tierra – tierra

<sup>6</sup> Comunicaciones de voz y datos aire – tierra.

afecta los servicios de voz y datos requeridos por CORPAC. En la Figura 1.2 se muestra en resumen la ocurrencia de cortes de Servicio DIGIRED en el Sub Nodo CORPAC Junín cuantificado desde Julio del 2015 hasta Diciembre del 2015.

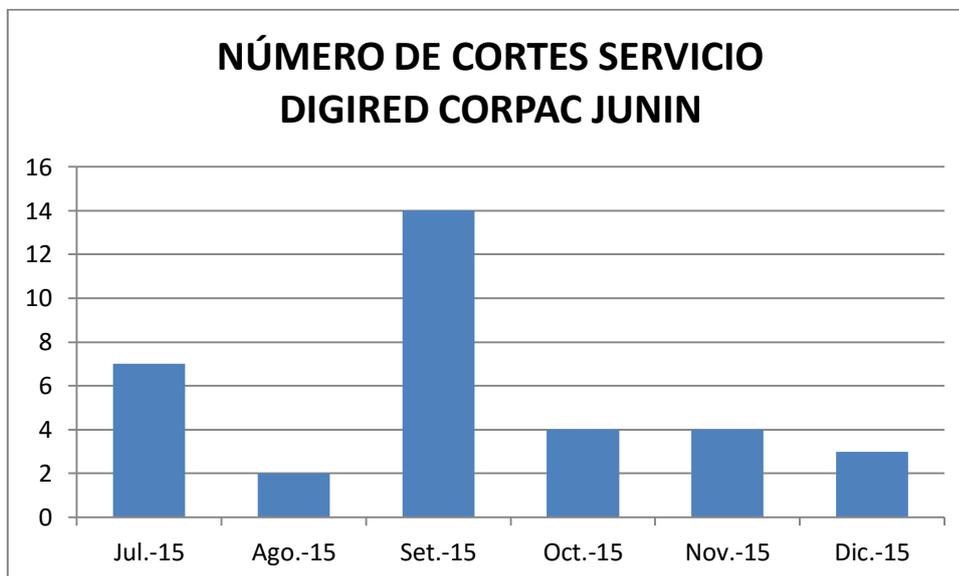


Figura 1. 2 Cortes DIGIRED CORPAC Junín.

**Fuente:** Elaboración Propia Julio – Diciembre 2015

En el eje vertical de la figura se muestra el número de cortes y en el eje horizontal se muestra los meses en los que se registran estos eventos. Los datos muestran que se registra por lo menos dos caídas por mes, pudiendo distinguir que en el mes de Agosto se registraron dos eventos y en el mes de Setiembre se produjeron catorce caídas de conexión del enlace principal DIGIRED. Todo esto evidencia que existe la necesidad de reducir el número de cortes en el Sub Nodo remoto de Junín.

En el gráfico de la Figura 1.3 se muestra una leyenda de colores indicando la cantidad de horas que dura una pérdida de conexión. Se muestra que la mayoría de caídas tienen una duración extensa mayor a 12 horas (color violeta), seguidas por caídas que duran entre 6 a 12 horas (color rojo). También se registran cortes con una duración menores a una hora (color azul), finalmente en menor porcentaje los cortes con duraciones entre 1 a 5 horas (color verde).

Cabe resaltar que el Sub Nodo remoto de Junín cuenta con un enlace de respaldo ISDN<sup>7</sup>. Esta conexión funciona cuando se originan los cortes de servicio DIGIRED, sin embargo, el uso del respaldo ISDN medido al minuto es más costoso que DIGIRED.

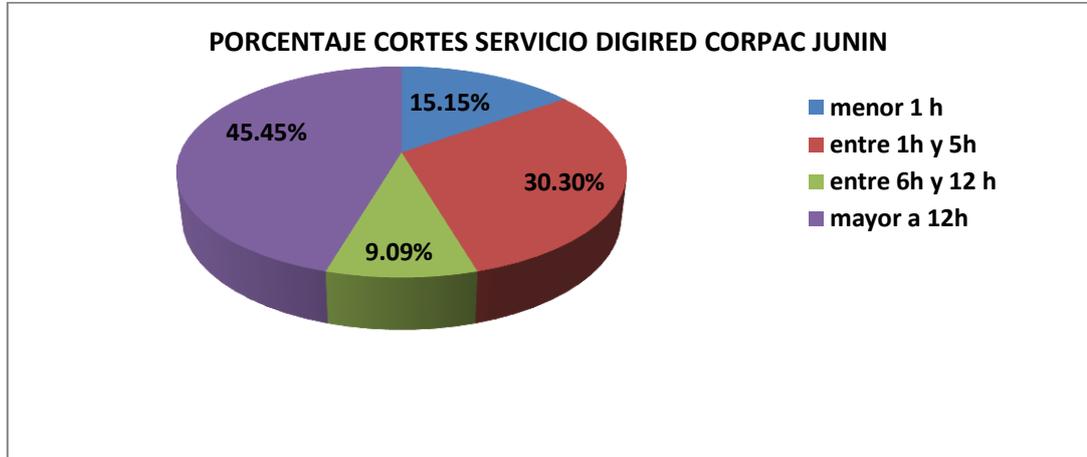


Figura 1. 3 Duración de los Cortes DIGIRED CORPAC Junín

**Fuente:** Elaboración Propia Julio – Diciembre 2015

La REDAP es una plataforma digital implementada sobre protocolo Frame Relay<sup>8</sup> en la cual operan los circuitos de voz y datos aeronáuticos de CORPAC; con los siguientes servicios: Servicios Tipo Aeronáutico para Voz, Servicios Tipo Aeronáutico para Datos, Servicios Tipo Administrativo para Voz y por último Servicio Tipo Administrativo para Datos.

En la Tabla 1.6 Se muestran las ocurrencias medidas en horas de los cortes que se han presentado durante los meses de Julio a Diciembre (2015); el mayor porcentaje de estos cortes se ha originado por problemas del operador. Estos cortes ocasionaron que entre en funcionamiento la línea de respaldo ISDN.

<sup>7</sup> Red de Telefonía Integrada Digital, que proporciona conectividad digital extremo a extremo para dar soporte a una amplia gama de servicios. Disponible en: <http://giret.ufps.edu.co/cisco/docs/9/isdn.pdf>

<sup>8</sup> Técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para la conexión de sistemas informáticos. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/ATMFameRelayEthernet.pdf>

**Tabla 1. 1. Cortes SERVICIO DIGIRED Junín Julio - Diciembre 2015**

CKTO	CD/FREC/CDT	INICIO		FIN		TIEMPO DE INOP. DE CIRCUITOS	Nº AVERIA TELEFONICA
		DIA INICIO	HORA INICIO	DIA FINAL	HORA FINAL		
JUNIN	64031	05/07/15	08:50:00	06/07/15	00:00:00	15:10:00	DAR 106
JUNIN	64031	06/07/15	00:00:00	06/07/15	12:05:00	12:05:00	DAR 106
JUNIN	64031	13/07/15	08:34:00	13/07/15	09:31:00	00:57:00	DAR 811
JUNIN	64031	16/07/15	17:22:00	16/03/15	19:26:00	02:04:00	DAP 4432
JUNIN	64031	18/07/15	08:44:00	18/07/15	11:31:00	02:47:00	972153
JUNIN	64031	27/07/15	20:43:00	27/07/15	00:00:00	03:17:00	DAR 2153
JUNIN	64031	28/07/15	00:00:00	28/07/15	09:15:00	09:15:00	DAR 2153
JUNIN	64031	14/08/15	05:42:00	14/08/15	07:13:00	01:31	DAR 3918
JUNIN	64031	28/08/15	01:10:00	28/08/15	13:45:00	12:35:00	EAP 26900
JUNIN	64031	08/09/15	10:49:00	08/09/15	14:49:00	04:00:00	433646
JUNIN	64031	18/09/15	13:26:00	18/09/15	00:00:00	10:34:00	DAR 7085
JUNIN	64031	19/09/15	00:00:00	19/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	20/09/15	00:00:00	20/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	21/09/15	00:00:00	21/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	22/09/15	00:00:00	22/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	23/09/15	00:00:00	23/09/15	13:45:00	24:00:00	EAP 26900
JUNIN	64031	24/09/15	00:00:00	24/09/15	14:49:00	24:00:00	433646
JUNIN	64031	25/09/15	00:00:00	25/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	26/09/15	00:00:00	26/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	27/09/15	00:00:00	27/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	28/09/15	00:00:00	28/09/15	00:00:00	24:00:00	DAR 7085
JUNIN	64031	30/09/15	11:47:00	30/09/15	00:00:00	12:13:00	EAR 8070
JUNIN	64031	31/09/15	13:01:00	31/09/15	14:15:00	1:14:00	666085
JUNIN	64031	08/10/15	08:09:00	08/10/15	10:12:00	2:03:00	DAP 0277488
JUNIN	64031	08/10/15	14:04:00	08/10/15	15:12:00	1:08:00	DAP 0277488
JUNIN	64031	09/10/15	08:08:00	09/10/15	08:55:00	0:47:00	DAP 27512
JUNIN	64031	27/10/15	12:00:00	27/10/15	16:09:00	4:09:00	DAO 26550
JUNIN	64031	01/11/15	11:59:00	01/11/15	12:35:00	0:36:00	DAO 26854
JUNIN	64031	17/11/15	11:35:00	17/11/15	12:35:00	1:00:00	DAO 28281
JUNIN	64031	27/11/15	18:04:00	27/11/15	19:00:00	0:56:00	EAR 29225
JUNIN	64031	29/11/15	10:30:00	29/11/15	17:00:00	6:30:00	EAR 29231
JUNIN	64031	04/12/15	08:45:00	04/12/15	20:00:00	11:15:00	EAR 25633
JUNIN	64031	08/12/15	19:05:00	09/12/15	08:05:00	13:00:00	CON 267990
JUNIN	64031	20/12/15	08:15:00	20/12/15	09:05:00	0:50:00	737439

Fuente: Elaboración Propia Julio – Diciembre 2015

## **b. Caídas de conexión REDAP generan emergencias operativas en el Sub Nodo CORPAC Junín**

El monitoreo de los servicios de la REDAP está en función a las emergencias que acontecen:

Para el caso de la mensajería aeronáutica estos se usan para propósitos operacionales de los servicios de tránsito aéreo, estos manejan protocolos y formatos de una manera transparente para los usuarios, una caída de conexión originara una emergencia; teniendo que recurrir al uso del teléfono para brindar todos los servicios.

Para realizar el monitoreo de los equipos que se encuentran en los nodos desde una PC o terminal; esto también conocido como “Gestión”; cuando se origina una caída de conexión se ven truncados todos los servicios, de esta manera solo se monitorean en especial las estaciones que demanden poco consumo de ancho de banda.

### **1.4 Identificación del Problema**

Luego de haber realizado el análisis de las características de la realidad problemática, esta tesis pretende enfocarse al problema de disponibilidad del enlace de interconexión del Sub Nodo CORPAC Junín hacia el Nodo CORPAC Lima.

### **1.5 Formulación del Problema**

El problema en el que se centra la presente investigación, exige responder a la interrogante:

¿De qué manera se puede mejorar la disponibilidad del actual enlace de interconexión del Sub Nodo CORPAC Junín al Nodo principal CORPAC Lima?

### **1.6 Alcance**

El presente trabajo de investigación comprenderá el estudio a nivel de diseño RF (Radiofrecuencia) y de evaluación de una solución para la mejora de la disponibilidad del enlace de interconexión del Sub Nodo CORPAC Junín al Nodo principal CORPAC Lima.

## **1.7 Justificación**

El proyecto se justifica académicamente porque va dirigido a la aplicación de conocimientos adquiridos por el investigador durante su formación de pregrado hacia la solución de un problema de conexión de un enlace perteneciente a CORPAC S.A.

También se justifica por el aspecto social pues beneficiará a los usuarios de los servicios de aeronavegación operadores de las líneas aéreas nacionales e internacionales.

## **1.8 Aportes**

Una comparación entre los sistemas DIGIRED y una solución propuesta y evaluada para el Sub Nodo Remoto Junín CORPAC.

El presente trabajo servirá como consulta y guía para otras investigaciones en temas relacionados con los sistemas de enlaces satelitales.

## **1.9 Objetivo General**

Estimar la mejora en la disponibilidad de la interconexión del Sub Nodo Remoto CORPAC de Junín al Nodo principal de Lima con el empleo de una estación VSAT.

### **1.9.1 Objetivos Específicos**

- Describir la problemática actual de la interconexión del Sub Nodo Remoto REDAP Junín al Nodo principal REDAP Lima.
- Estimar el nivel de disponibilidad del enlace de interconexión del Sub Nodo Remoto REDAP Junín al Nodo principal REDAP Lima previa a la migración al servicio VSAT.
- Determinar el nivel de mejora en el parámetro de disponibilidad del enlace Junín – Lima con la migración a un enlace VSAT.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

Tras una breve revisión de algunos registros bibliográficos de la Universidad se encontraron cinco investigaciones preliminares que servirán de referencia para la investigación:

### **“Mejora de las comunicaciones aeronáuticas VHF aire tierra de la torre de control del aeropuerto José Abelardo Quiñones de Chiclayo”.**

Suarez Rivasplata Víctor Manuel.

En un estudio por Suarez Rivasplata Víctor Manuel, realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego, en Trujillo (2007). Se tiene por objetivo principal proponer un nuevo Sistema de Comunicaciones VHF Aire Tierra para el Aeropuerto de Chiclayo con el fin de mejorar la calidad de las comunicaciones orales aire – tierra; para esto se debe de tener conocimientos de radiocomunicaciones, conceptos de navegación aérea y los nuevos sistemas CNS/ATM (Comunicación, Navegación y Vigilancia/ Administración de Tráfico Aéreo).

Se plantea un sistema en base a equipos modernos de tercera generación, para satisfacer los requerimientos de voz y datos para las comunicaciones aéreas controlador – piloto. Finalmente aseguramos un eficaz rendimiento del sistema planteado.

Las contribuciones de este trabajo se dan en tres aspectos principales:

- ◆ Mejora del equipamiento del sistema de comunicaciones VHF.
- ◆ Mejora de las comunicaciones orales VHF aire – tierra.

Mejora de la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas

### **“Estudio y diseño de la interconexión a internet vía satélite para las municipalidades distritales de Angasmarca y Santa Cruz de Chuca utilizando tecnología VSAT”.**

Miguel Ángel Rojas Cueva y William Celso Ulloa Novoa.

En el estudio realizado por Miguel Ángel Cueva y William Celso Ulloa Novoa, en la Universidad Privada Antenor Orrego (2014); se plantea la necesidad de brindar el servicio de internet a las municipalidades de Angasmarca y Santa Cruz de Chuca, ubicadas en la sierra liberteña a través de un enlace satelital haciendo uso de la tecnología VSAT , servicio que será utilizado en las labores municipales, así como el Sistema Integrado de Administración Financiera para Gobiernos Locales (SIAF/GL);

usado para simplificar sus tareas administrativas , reportes y reducir tiempo dedicado a la conciliación administrativa; también siendo extensivo para el público en general elevando su nivel socio cultural, reduciendo la brecha digital con otros localidades de mayor desarrollo económico. Esta tecnología permitirá elegir un ancho de banda que se ajuste a los requerimientos del cliente, ofrece una fácil gestión de red; independiente del lugar en donde se encuentre; fácil y rápida implementación en lugares de difícil acceso.

**“Proyecto de cambio de tecnología de la Red Nacional Vía Satélite de la Policía Nacional del Perú empleando redes VSAT punto multipunto basadas en técnicas de comunicación TDMA/DAMA”.**

Góngora Ocampo Manuel.

En el trabajo realizado por Góngora Ocampo Manuel; realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2003); se realizó un análisis técnico, económico y de gestión para el dimensionamiento y estructuración de una nueva red de comunicaciones vía satélite para la Policía Nacional del Perú. Para esto, se propone utilizar tecnología VSAT con técnicas de acceso TDMA/DAMA. Asimismo, se establecen criterios metodológicos de fondo y forma para el estudio, análisis y propuesta de una red de comunicaciones vía satélite y/o similares que sean, aún, más complejas. El estudio se hace tomando como base una red de comunicaciones vía satélite ya existente en la Policía Nacional del Perú, usando principalmente, el LST5, una herramienta de software para los cálculos de transmisión proporcionada y utilizada por Intelsat, la organización mundial más grande para comunicaciones por satélite. La nueva red que se propone implementar mejorara en los aspectos económicos y de gestión de la actual red satelital que viene operando.

**“Análisis comparativo de soluciones tecnológicas para la formulación de un proyecto de telecomunicaciones rurales: redes ópticas y VSAT”.**

Cruz Guerrero Mery Isabel.

En la investigación de Cruz Guerrero Mery Isabel; realizado en la Universidad de San Martín de Porres (2010); se investiga y propone las bases metodológicas que permiten la implementación de un proyecto de telecomunicaciones en áreas rurales del país. Se plantean dos alternativas tecnológicas a implementarse, con este propósito el proyecto recorre sistemáticamente los aspectos implicados: técnicos, económicos y legales,

siendo datos relevantes para la toma de la mejor decisión. Las propuestas han sido elaboradas, a modo de ensayo, en los departamentos de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, en las zonas más pobres y aisladas de la sierra andina, carentes de servicios básicos de telecomunicaciones, necesarios para su desarrollo social y cultural. Los resultados obtenidos de tal análisis servirán para la intervención del estado, dando continuidad a iniciativas anteriores de instalación de redes de telecomunicaciones innovadoras de bajo costo en zonas rurales del Perú.

### **“Red VSAT del proyecto COMPARTEL de conectividad en banda ancha para instituciones públicas”**

Villabona Mujica Néstor.

En el trabajo de Villabona Mujica Néstor; de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (2007); Colombia, se expone como lograr enlaces en zonas de difícil acceso y comunidades aisladas, de manera que puedan disponer de las ventajas de Internet y acceder a servicios de telecomunicaciones, se realiza un análisis de las diferentes variantes de acceso a Internet y se especifica porque la solución escogida es la variante de acceso satelital a través de una red VSAT. Se realiza de la descripción del sistema satelital escogido SurfBeam. Además se puede apreciar el análisis realizado de las condiciones del enlace para los puntos más críticos de este, las técnicas de direccionamiento de antenas y el dimensionamiento del ancho de banda del proyecto en su primera etapa. Por último se presenta de manera muy detallada la solución técnica presentada.

A diferencia de los anteriores trabajos **“Mejora de las comunicaciones aeronáuticas VHF aire tierra de la torre de control del aeropuerto José Abelardo Quiñones de Chiclayo”** el cual está abocado solo a mejorar una parte del sistema de comunicaciones como los son los servicios de comunicaciones aire - tierra mediante el cambio de equipamiento con sistemas modernos de comunicaciones VHF, dando seguridad y eficiencia a las operaciones aéreas.

En esta investigación se propone realizar el estudio de una conexión vía tecnología VSAT; que será propiedad de CORPAC; del nodo principal con las estaciones remotas dejando como enlace de respaldo a la REDAP, cambiando el medio de transporte y a

través de este se puedan brindar todos los servicios aeronáuticos para comunicaciones aire – tierra y tierra – tierra; sistemas de voz y sistemas de datos; para que así CORPAC tenga control total del medio, contar con la máxima disponibilidad de los servicios y las comunicaciones aeronáuticas.

## **2.2. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACION**

### **2.2.1. Red Digital Aeronáutica del Perú (REDAP)**

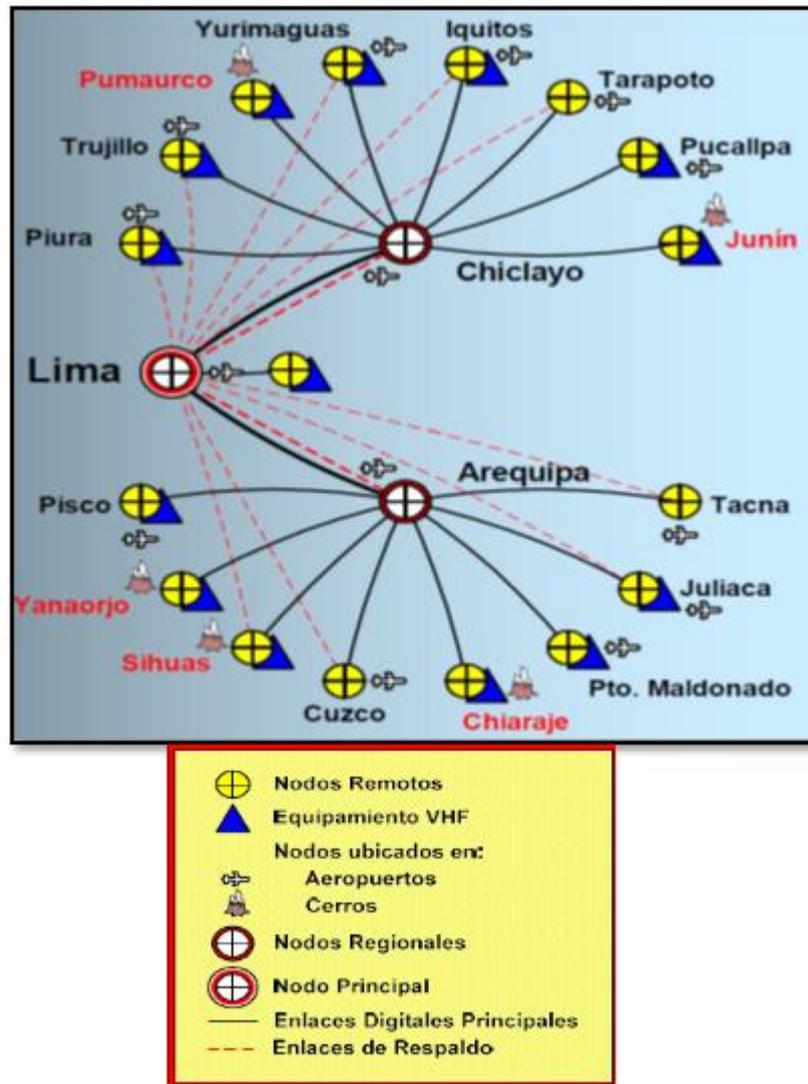
La Red Digital Aeronáutica del Perú (REDAP) fue diseñada con el objetivo de mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones aéreas en el espacio aéreo nacional. Las redes predecesoras usaban mayor número de conexiones al punto de llegar a tener una conexión para cada servicio. Las fallas eran mayores y también mayores las pérdidas de tiempo. Es así que la infraestructura de la REDAP disminuye ese número de conexiones, transportando la información aeronáutica, administrativa, gestión de red y mantenimiento.

Entre los principales objetivos de la REDAP se pueden mencionar:

- a) Establecer una plataforma digital de comunicaciones sobre la cual operen las diferentes sub redes actuales de voz y datos de CORPAC y las futuras aplicaciones incluyendo Comunicaciones, Navegación y Vigilancia lo cual está dentro de la Gestión del Tráfico Aéreo.
- b) Incrementar el número de nodos para comunicaciones de alcance ampliado para voz; esto se dará en el Centro de Control Aéreo.
- c) Implementar un sistema de Gestión para todos los elementos de la Red e iniciar la implementación de la Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas y sus sub redes, así como las aplicaciones de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia.

La REDAP es una plataforma digital implementada sobre protocolo Frame Relay en la cual operan los circuitos de voz y datos aeronáuticos de CORPAC S.A. Actualmente está conformada por 20 Nodos a nivel nacional, los cuales incluyen 1 Nodo Principal ubicado en Lima, 2 Nodos Regionales en Chiclayo y Arequipa, además de 17 Nodos o Sub Nodos Remotos en diferentes puntos del país. En la figura 2.1 se muestran la

distribución de los Nodos de la REDAP; sus enlaces de respaldo, así como sus terminales a nivel nacional.



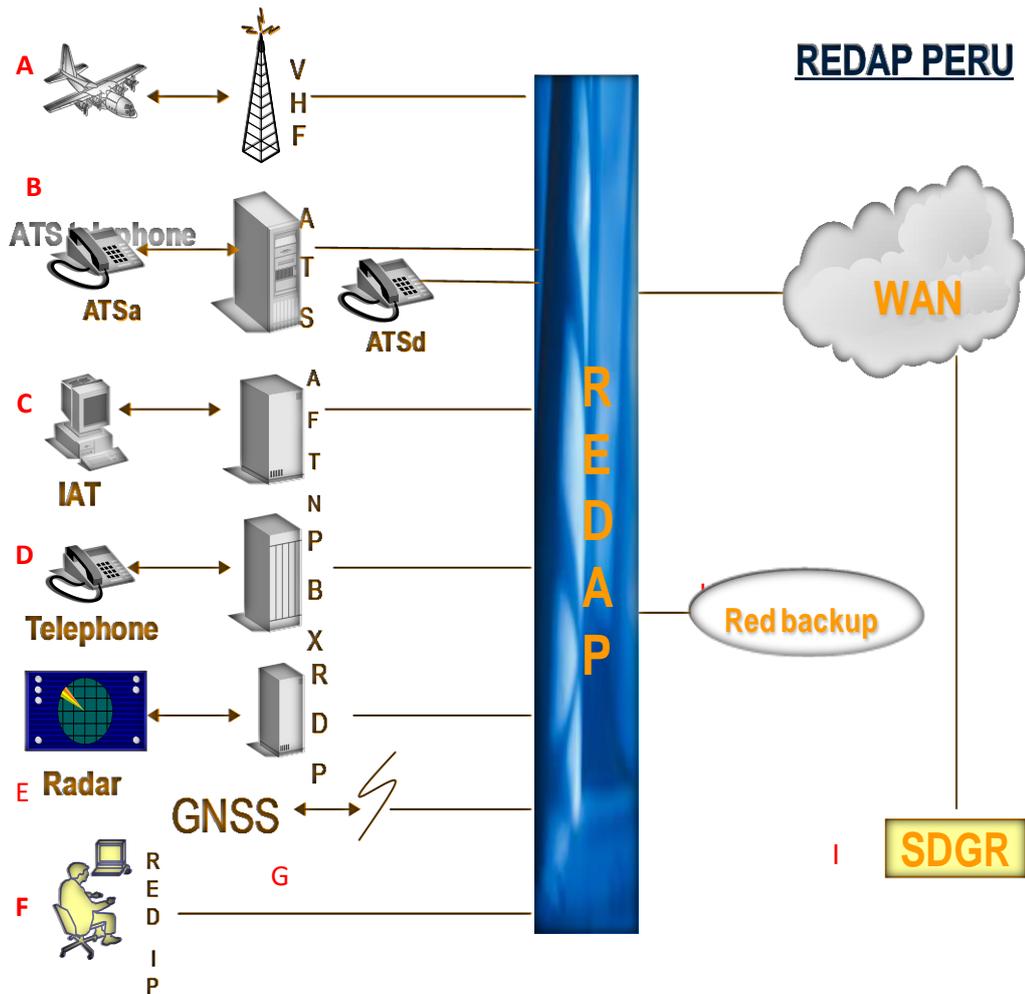
**Figura 2. 1. Topología de la REDAP**

**Fuente:** Exposición de Aeronavegación (2015, pág. 19)

En la figura 2.1 se observa el nodo central de Lima, llamado Lima Radar, el cual se conecta directamente con un Nodo remoto vía fibra óptica al Nodo regional de Chiclayo y al de Arequipa a su vez se conectan ocho Sub Nodos remotos respectivamente mediante enlaces digitales principales y enlaces de respaldo, cada nodo cuenta con equipamiento VHF. La red está basada en un conjunto de multiplexores interconectados a través de enlaces dedicados o ISDN, usando la tecnología Frame Relay

## 2.2.2. Conceptos Generales de los servicios ofrecidos por REDAP en el Sub Nodo Junín

Se integran múltiples servicios de comunicaciones en una sola vía digital a continuación en la figura 2.2 se presenta un esquema para describir de manera general el funcionamiento y los servicios que brinda la REDAP en el Nodo principal como en el Sub Nodo remoto.



**Figura 2. 2. Esquema Servicios REDAP**

**Fuente:** Manuales Técnicos CORPAC VHF-AA y REDAP –Capacitación en Fabrica (2016, pág. 3)

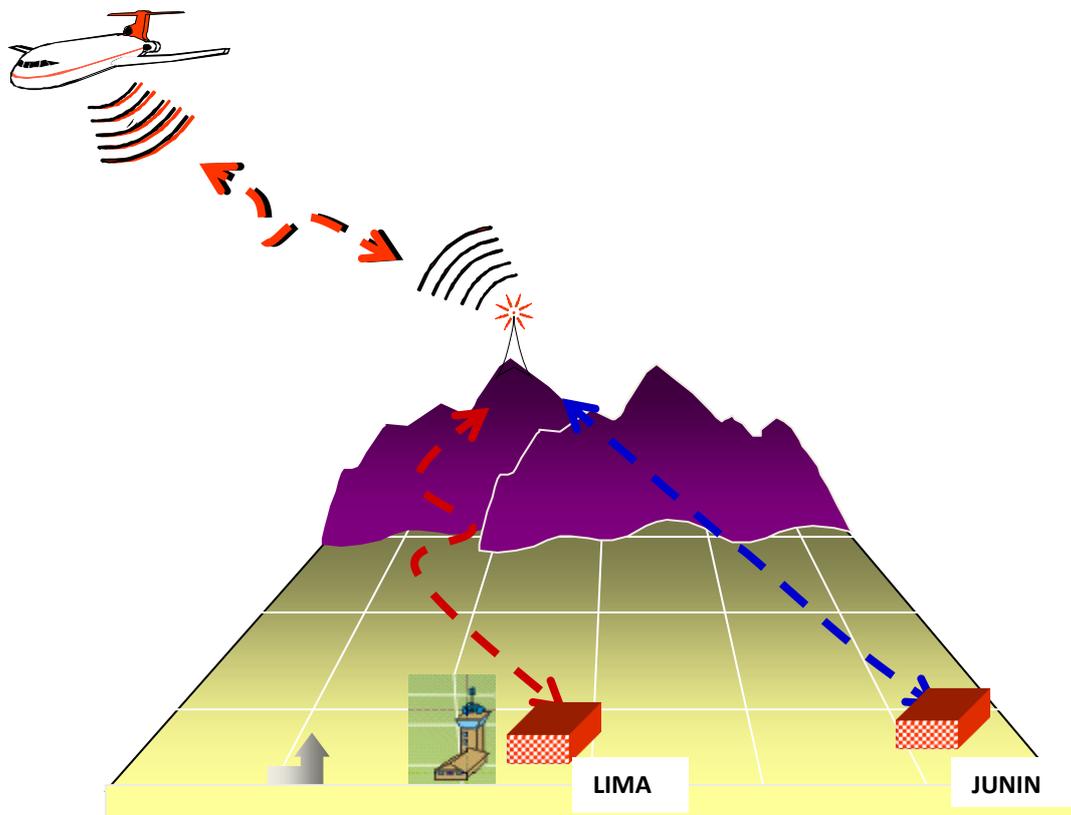
Existen dos clases de servicios:

- Servicios de tipo Aeronáutico
- Servicios de tipo Administrativo

### 2.2.3. Servicios de tipo aeronáutico para voz

#### a. Sub red VHF AA (aire-tierra):

Como se puede ver en la imagen A de la figura 2.2 se muestra una de las aplicaciones en donde la REDAP traslada las comunicaciones entre los pilotos y centro de control vía los canales de alcance ampliado VHF - AA. Como se ve en la figura 2.3 esta aplicación corresponde a la parte en la que los controladores se comunican con los pilotos cuando la nave se encuentra en ruta, usando las estaciones VHF - AA ubicadas en cerros.



**Figura 2. 3. Comunicación Piloto – Centro de Control (aire - tierra)**

Fuente: Elaboración Propia

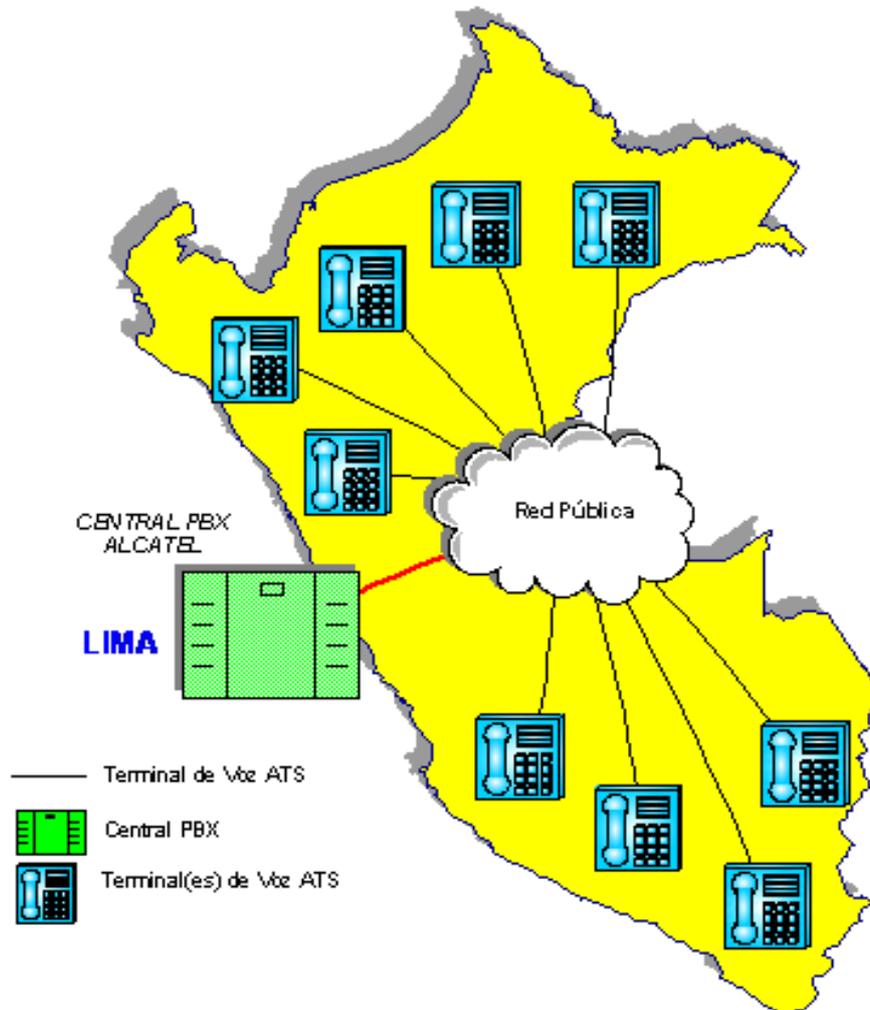
En la figura 2.4 se muestra un ejemplo de cómo se establece la comunicación piloto – centro de control usando la red VHF-AA desde el centro de control principal Lima a un Sub Nodo regional “Chiclayo” y hacia los nodos remotos; “Yurimaguas, Iquitos, Pumauroco y Pucallpa”.



**Figura 2. 4. Operación de la Red VHF-AA a nivel nacional**  
Fuente: Exposición Comunicaciones Aeronáuticas CORPAC S.A. (2015, pág. 21)

**b. Sub red de canales orales, servicio de tránsito aéreo ATS (tierra – tierra):**

En la figura 2.5 se muestra la topología del servicio de canales orales ATS, se ve que en Lima se encuentra la Central PBX ALCATEL ubicada en la sala de comunicaciones de la REDAP conectada a la Red Pública; que vendría a ser los enlaces que brinda el operador Telefónica del Perú vía DIGIRED; y a esta conectados los terminales de voz o canales orales ATS; simbolizados como teléfonos; en cada Sub Nodo remoto a nivel nacional.



**Figura 2. 5. Topología Red de Canales Orales.**

**Fuente:** Exposición Red Aeronáutica del Perú – REDAP Plataforma de la ATN (2016, pag 20)

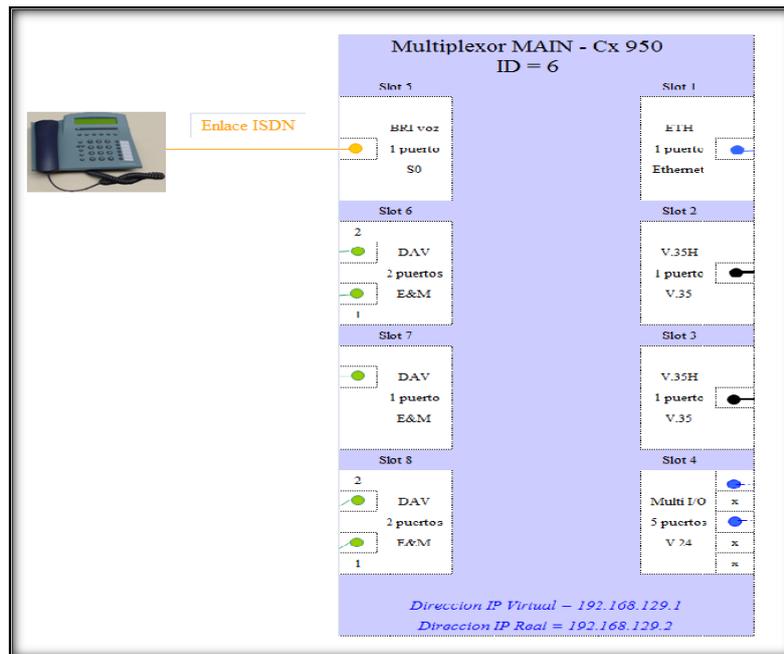
En este caso los canales orales establecen la comunicación usando teléfonos que están ubicados en las estaciones de cada Nodo o Sub Nodo a nivel nacional, de esta manera se realizan cuatro tipos de comunicaciones telefónicas:

- Comunicaciones entre controladores.
- Comunicaciones conmutadas.
- Comunicaciones administrativas.
- Comunicaciones de mantenimiento.

La finalidad de esta comunicación es realizar coordinaciones de planes de vuelo, solicitudes de autorización entre áreas, controlar las llegadas y salidas de los vuelos proyectados en un aeródromo; se dan casos en algunas dependencias en las cuales no

existen canales orales los cuales son reemplazados por los terminales telefónicos de la red IP de informática de CORPAC, estos servicios pasan por medio del enlace digital empleado por la REDAP, para establecer una comunicación en este caso Lima como estación origen y Junín como estación destino.

En la imagen B de la figura 2.2 se aprecia la conexión general de la REDAP para brindar los servicios de canales orales, dicho servicio está conformado por una central telefónica; al igual en la figura 2.6 se muestra la conexión de un teléfono para uso de canal oral.



**Figura 2. 6. Esquema de la conexión de un canal oral en la estación Lima Torre.**

Fuente: Manuales Técnicos Oficina REDAP - CORPAC Lima - Torre (2015, pág. 45)

### c. Sub red de Canales Orales de Mantenimiento.

Servicio que se efectúa vía una central telefónica; básicamente un tipo de comunicación tierra – tierra.

### 2.2.4. Servicios de tipo aeronáutico para datos

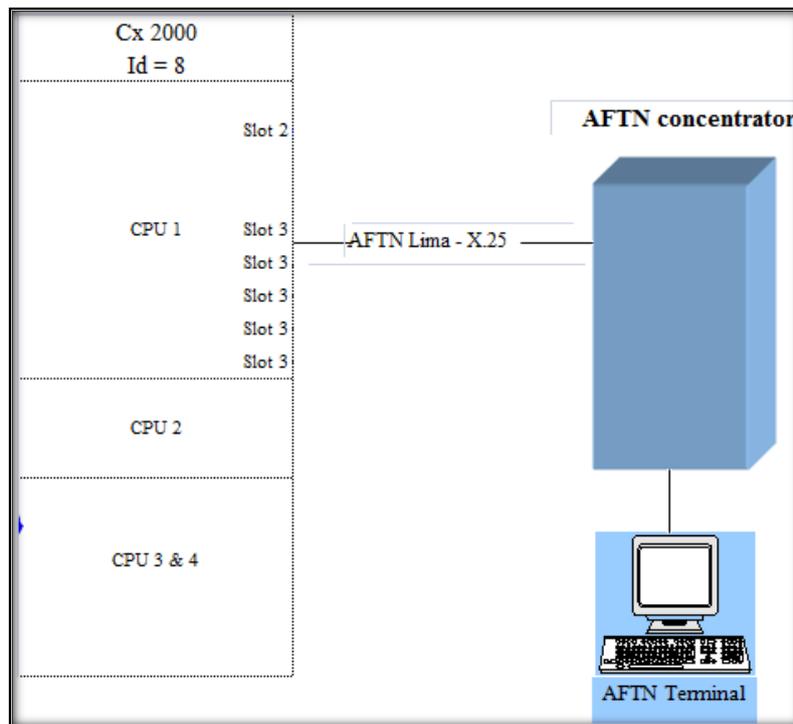
#### a. Aplicación Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas - Fixed Aeronautical Telecommunication Network (AFTN)

La red automatizada AFTN enlaza el centro de comunicaciones de Lima directamente con el Sub Nodo Junín; esta aplicación de mensajería aeronáutica es básicamente la información que envía un remitente a un destinatario, se usa para la retransmisión y visualización de planes de vuelo; los tipos de mensajes que se manejan para esta

aplicación están referidos específicamente a las condiciones meteorológicas necesarias para el vuelo de las aeronaves; se pueden mencionar los siguientes tipos de mensajería; entre ellos:

- Reporte meteorológico de vuelos a baja altura.
- Pronostico de tiempo meteorológico.
- Reporte meteorológico indicado para cada ciudad.
- Información meteorológica al detalle.

A continuación, en la figura 2.7 se muestra como es la conexión de una aplicación AFTN en un Sub Nodo regional, los equipos están ubicados en la sala de comunicaciones REDAP, consistente en un Multiplexor cuyo CPU 1 está conectado a un Concentrador AFTN y de este se deriva la conexión a un terminal AFTN.



**Figura 2. 7. Conexión de una Aplicación AFTN**

**Fuente:** Manuales Técnicos Oficina REDAP – CORPAC Lima - Torre (2015, pág. 32)

**b. Sistema de comunicación de mensajes aeronáuticos AMHS Aeronautical Message Handling System**, la cual es una aplicación de mensajería aeronáutica para propósitos operacionales de los Servicios de Tránsito Aéreo, que permite la creación, entrega, visualización e impresión de los mensajes.

**c. Servicio Meteorológico Aeronáutico (MET)**

Mensajería conteniendo los reportes meteorológicos, pronóstico del tiempo, reportes meteorológicos detallados para cada ciudad al detalle.

**d. Sub Red de radares**

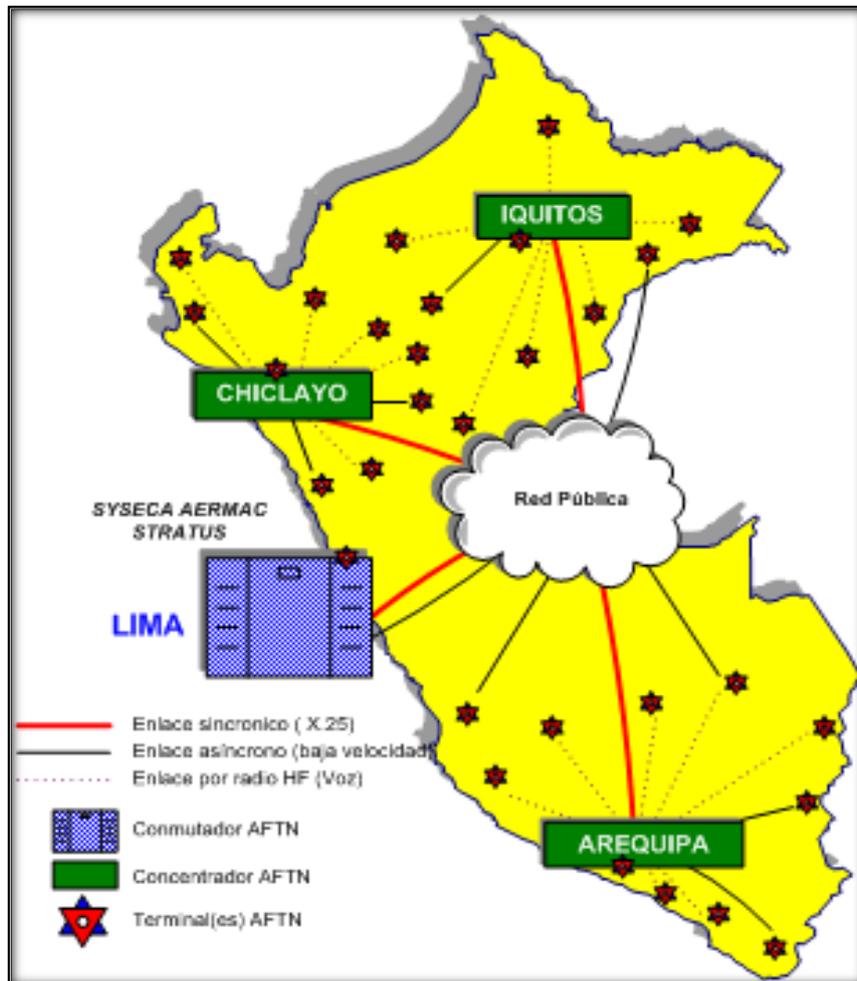
Proyectada a futuro.

**e. Sub Red ATN**

Red de Telecomunicaciones Aeronáuticas (Aeronautical Telecommunication Network):

Proyectada a futuro

En la figura 2.8 se muestra la topología de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas a nivel nacional.



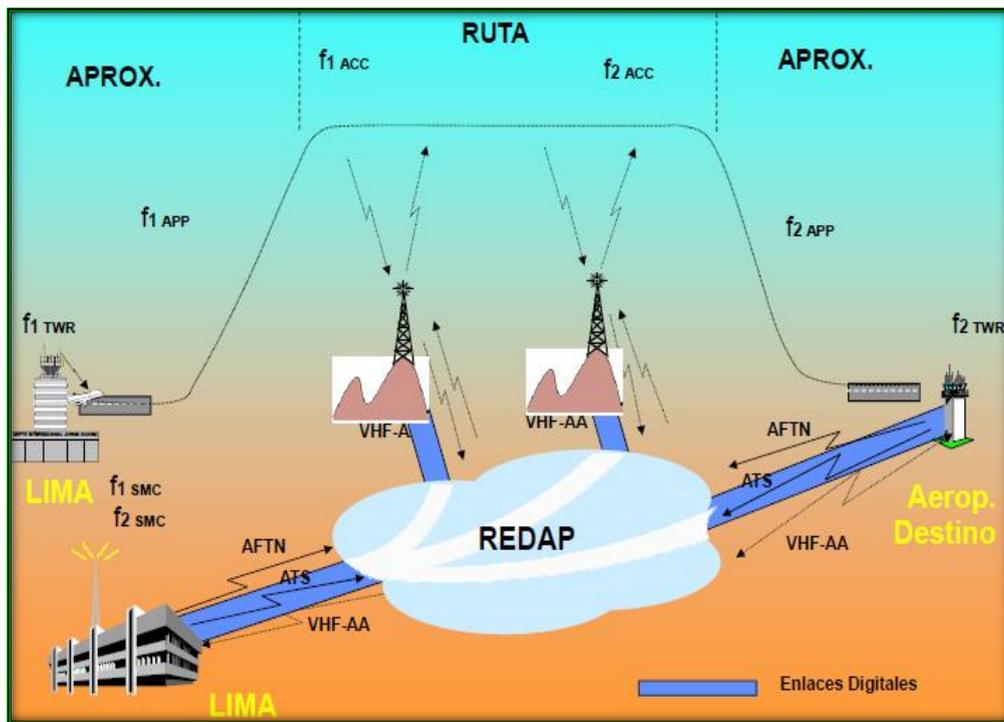
**Figura 2. 8. Topología de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas**

Fuente: Exposición Red Aeronautica del Peru – REDAP Plataforma de la ATN (2016, pág. 22)

Donde se muestra el conmutador AFTN ubicado en la sala de comunicaciones REDAP Lima, el cual se conecta a la Red Pública para luego repartir la conexión a los Terminales AFTN ubicados en los Nodos Regionales; tanto Norte como Sur; y a su vez derivar la conexión hacia los Terminales AFTN ubicados en cada Sub Nodo regional; en donde está inmerso el Sub Nodo Junín.

En la figura 2.9 se muestra como viajan todos los servicios tipo aeronáuticos para voz y datos, estos son: Comunicaciones tierra – tierra; entre estaciones; y tierra – aire, aire – tierra; entre controladores y pilotos.

desde la estación de control principal hacia una dependencia o estación remota vía los enlaces digitales con los que cuenta la REDAP dichas conexiones son la infraestructura que alquila el operador de telecomunicaciones “Telefónica del Perú” a CORPAC.



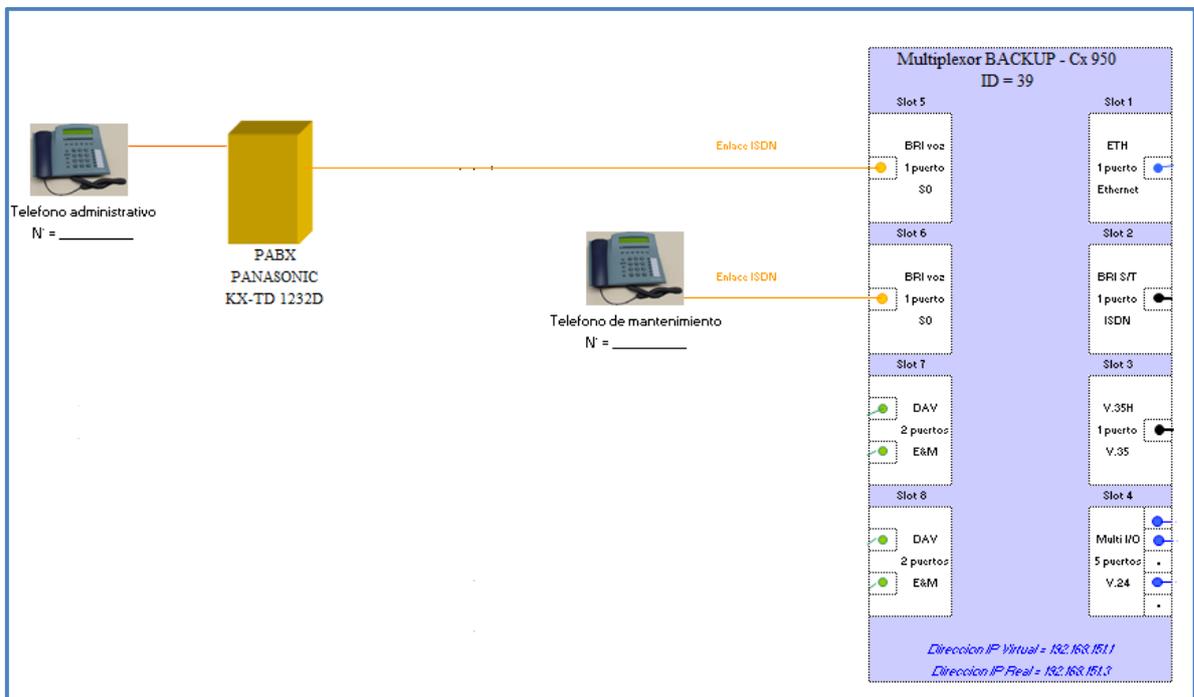
**Figura 2. 9. Comunicaciones Aeronáuticas vía REDAP**  
Fuente: Exposición Comunicaciones Aeronáuticas CORPAC S.A. (2015, pág. 28)

### 2.2.5. Servicios de Tipo Administrativo para Voz:

- Integración de Centrales Telefónicas:

El cual es un servicio que proporciona la interconexión entre todas las sedes aeroportuarias a nivel nacional, a través de su red corporativa de voz. Consiste en la

difusión de mensajes a todas las estaciones a nivel nacional los que son enviados desde el área de comunicaciones de Lima, son de tipo libre, cortos y sin fecha de expiración; el objetivo de enviar estos mensajes es informar algún tipo de solicitud o requerimiento por las estaciones. En la imagen D de la figura 2.2 se muestra la aplicación que se destina para que la REDAP pueda brindar los servicios de comunicaciones del tipo Administrativo mediante los servicios telefónicos; haciéndose uso de un Teléfono IP. En la figura 2.10 vemos el esquema de una conexión para poder brindar los servicios de tipo administrativo para voz; en este caso se usa un Multiplexor de respaldo conectado a la central Telefónica PABX, y de esta se realiza la conexión a un terminal telefónico.



**Figura 2. 10. Aplicación de tipo Administrativo**

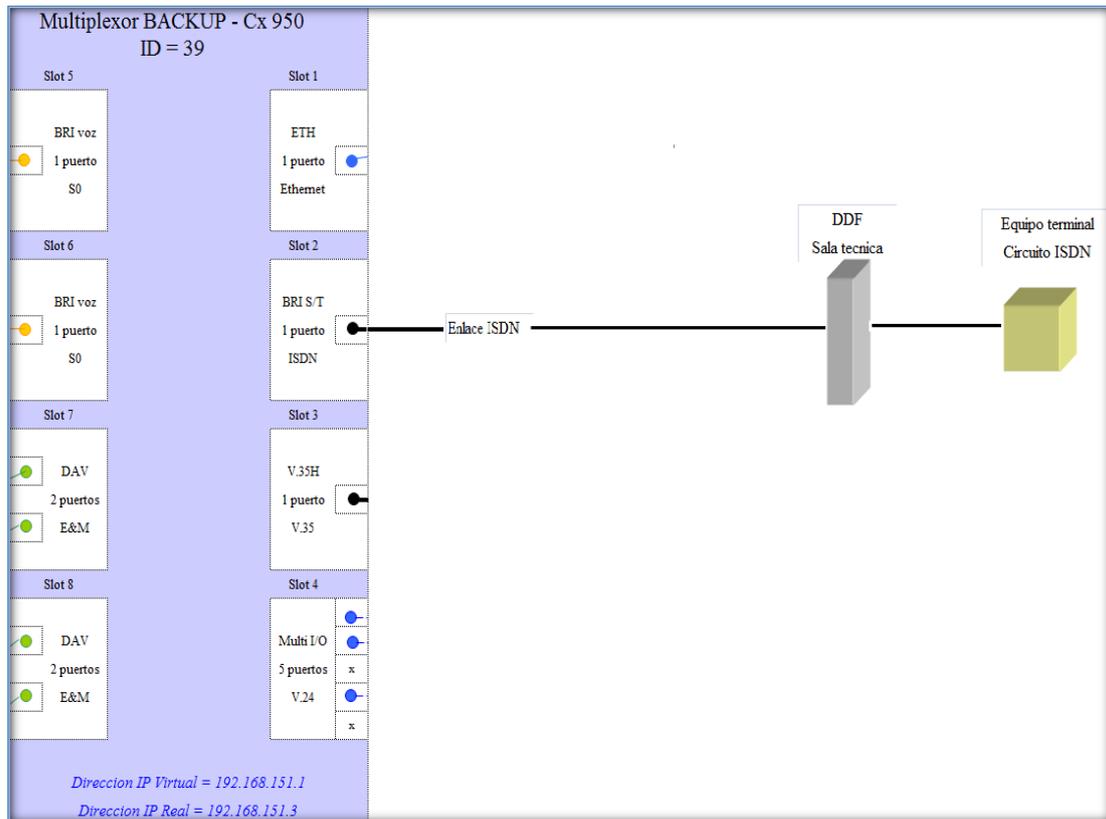
Fuente: Manuales Técnicos Oficina REDAP- CORPAC Lima -Torre (2015, pag 51)

### 2.2.6. Servicios de Tipo Administrativo para Datos

- Como se muestra en la imagen F de la figura 2.2; la Red Informática IP de CORPAC, es un servicio que proporciona la interconexión entre todas las sedes aeroportuarias a nivel nacional, a través de su red corporativa de datos.

### 2.2.7. Red Back up:

En la figura 2.11 se muestra la red Backup, que está conformada por enlaces de respaldo o ISDN, cuya función es conectar los nodos regionales o los sitios remotos al nodo principal de Lima Radar.



**Figura 2. 11.** Esquema de la conexión de la Red Backup de CORPAC – LIMA.

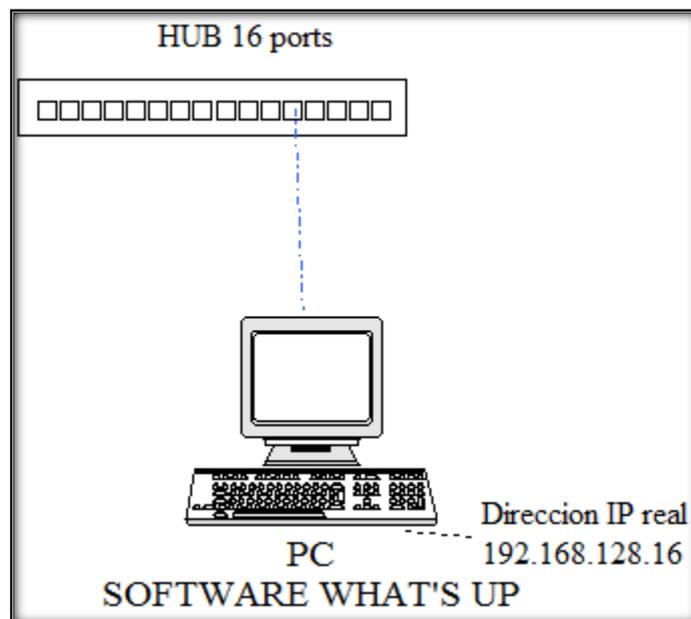
**Fuente:** Manuales Técnicos Oficina REDAP – CORPAC Lima -Torre (2015, pag 57)

Se aprecia en la figura como está conformada la conexión de la Red Backup de Lima Torre, la que consta de un Multiplexor BACKUP CX950 el cual a través de uno de sus CPU's está conectado a la sala técnica y a un equipo terminal mediante un enlace ISDN.

### 2.2.8. Aplicación Sistemas De Gestión De Rede (SDGR):

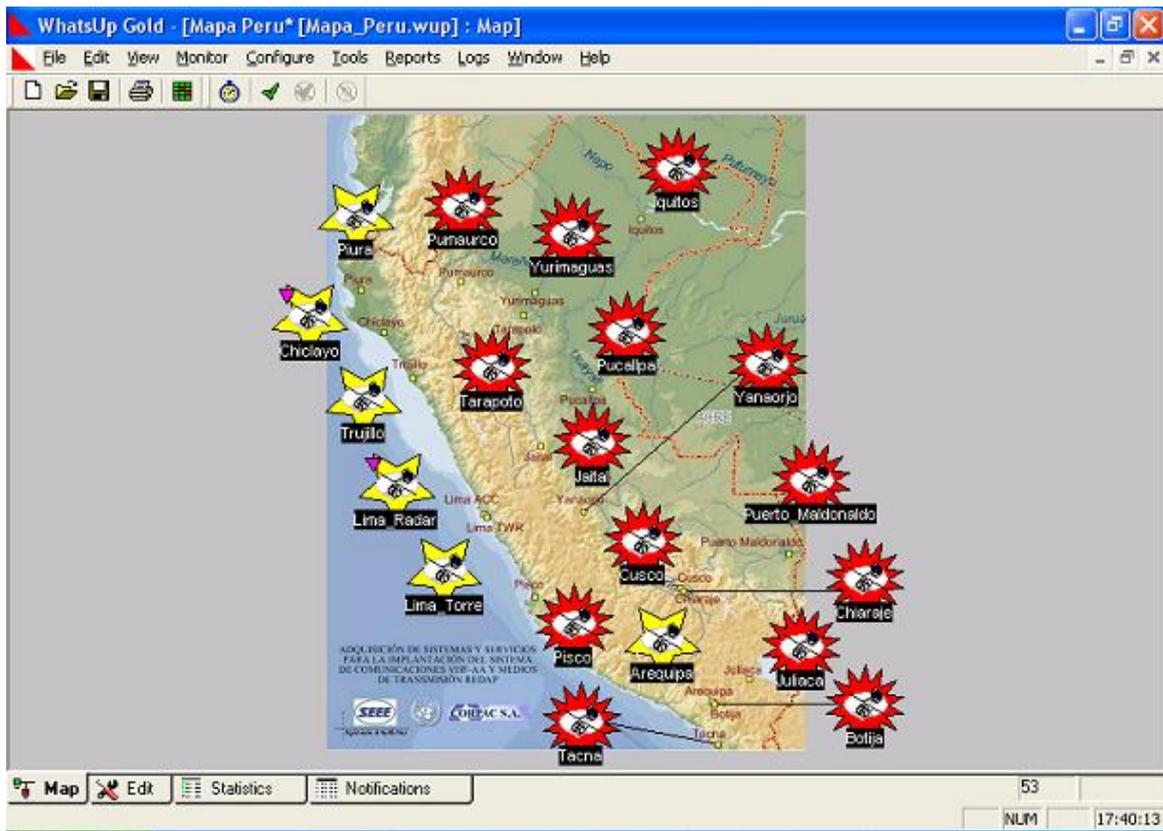
Entre una de los servicios de la REDAP se encuentra el Sistema de Gestión de Red para todos los equipos, está ubicada en el sitio Lima Radar; se puede apreciar la representación de esta aplicación en la imagen "I" de la figura 2.2 La finalidad es monitorear los equipos desde una PC, lo que permite realizar cambios de parámetros vía software; usando como herramienta de gestión el WHATS UP Gold que funciona en

una plataforma SO Windows XP Professional (edición en español). En la figura 2.12 se muestra el equipo terminal PC desde el cual los técnicos pueden monitorear y administrar desde el sitio Lima Radar a todos los equipos que se encuentren operativos e incluyendo también a los que se encuentren en condición Stand by ubicados en nodos regionales y sitios remotos que tengan como elemento común a la REDAP, este monitoreo consiste en actuar frente a la activación de alarmas que indican la caída de la conexión principal de una o varias estaciones; ante lo cual como respuesta a esta situación proceden a comunicar al proveedor del servicio; en este caso Telefónica del Perú; el número de circuito que ha registrado dicha caída, quedando en manos del proveedor la reconexión de esta, en estos casos el tiempo de respuesta no ha sido satisfactorio en la mayoría de veces por lo que se registran muchas caídas o pérdidas de conexión que toman desde horas hasta días en ser atendidas y reconectadas..



**Figura 2. 12. Arquitectura del Sistema de Gestión de Red**  
**Fuente:** Manuales técnicos Oficina REDAP CORPAC – Lima – Torre (2015, pág. 9)

En la figura 2.13 se muestra la visualización en pantalla del monitoreo de las estaciones o nodos remotos y la situación en la que se encuentran en determinados momentos en donde los operadores pueden tener conocimiento si la conexión de cada nodo está funcionando sin inconvenientes o si presenta una caída.



**Figura 2. 13. Visualización Monitoreo de Equipos Remotos**

**Fuente:** Manuales técnicos Mapa Global de la Red Oficina REDAP CORPAC – Lima Torre (2015, pág. 12)

### 2.2.9. VSAT como enlace solución a los cortes de la conexión DIGIRED

#### a. Comunicaciones Vía Satélite

Están conformadas por dos segmentos:

- Segmento terrestre, formado por la estación que transmite y recibe señales utilizando satélites de comunicaciones, las que gestionan el sistema y conforman el nodo principal de la red se llaman HUB o estación maestra; y también las estaciones remotas que pueden ser de alto y bajo tráfico según su número de canales de acceso.
- Segmento espacial que tiene los elementos necesarios para el funcionamiento del satélite.

#### b. Patrones Orbitales

Son las órbitas en las cuales se colocan los satélites, que al ser lanzados al espacio se sitúan en una determinada órbita de la tierra que puede ser elíptica (no geoestacionaria) o circular (geoestacionaria). Una vez situado en la órbita circular, el satélite se

mantiene en ella gracias al equilibrio de fuerzas que se produce entre la fuerza gravitacional de atracción entre la Tierra y el satélite, y la fuerza centrífuga que actúa sobre el satélite debido a su movimiento circular con la Tierra como centro de dicho movimiento.

### **c. Tipos de Orbitas**

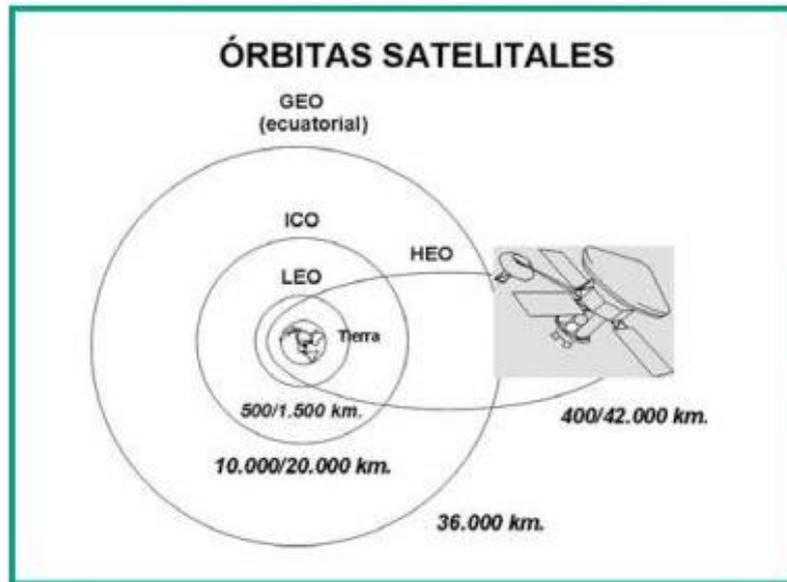
Al estar en órbita los satélites deben de tener un área de cobertura de acuerdo a su altura; por lo que uno de los compromisos a cumplir es alcanzar una buena zona de cobertura y una baja potencia de transmisión.

El satélite ICO (Intermediate Circular Orbit), también conocidos como MEO (Medium Earth Orbit), tienen una órbita circular comprendida entre 10,000 y 20,000 km. Se necesitan unos 10 satélites para tener cobertura total de la tierra; se utiliza para servicios móviles de voz, datos, buscapersonas y mensajería un ejemplo de este tipo es el Inmarsat – P para comunicaciones móviles personales a nivel global que entro en servicio a principio de la presenta década.

HEO (Highly Elliptical Orbit), es una órbita elíptica inclinada unos 60° respecto al plano ecuatorial con una distancia máxima (apogeo) de 42,000 km y una mínima (perigeo) de 500 km. Que están recomendados para cubrir una región en el apogeo donde la velocidad del satélite es menor.

GEO (Geosynchronous Earth Orbit) que es la más común de todas y consiste en posicionar el satélite en una órbita circular ecuatorial, a una altura de 36,000 km, con una latitud de 0 grados, con lo que se consigue que gire a la misma velocidad que la Tierra, y de esta manera permanece estacionario respecto a la misma; además deben de mantenerse lo suficientemente alejados unos de otros (unos 2 grados aproximadamente) para evitar posibles interferencias intersatelite.

En la figura 2.14 se muestran las orbitas satelitales por las que se desplazan los satélites ICO, HEO, LEO y GEO.



**Figura 2. 14. Órbitas Satelitales**

**Fuente:** José Manuel Huidobro Moya Sistemas Telemáticos (2007, pág. 168).

#### **d. Sistemas VSAT**

VSAT es el acrónimo de “Very Small Aperture Terminal”; y es definido, por tanto, como una pequeña estación terrestre con una antena de diámetro pequeño; menor a los 3m; la cual se utiliza para recibir y transmitir emisiones radioeléctricas desde y hacia un satélite predeterminado. Su principal ventaja radica en que los terminales VSAT brindan a los usuarios servicios de voz, datos y video comparables a las grandes estaciones terrenas y a las redes terrestres, a una fracción del costo; tienen las siguientes características:

- Las estaciones remotas tienen antenas pequeñas (0.8 a 2.4 metros de diámetro)
- Bajo costo de instalación y operación.
- Alta calidad de audio.
- Alta confiabilidad.
- Control y monitoreo a distancia.
- Operación simple.
- Bajo consumo.
- Movilidad.
- Transmisión bidireccional de datos, audio y video entre terminales remotas y una terminal central que procesa la información.

### e. Redes VSAT

Las VSAT son conectadas por enlaces mediante frecuencias de radio y de microondas vía satélite llamadas uplink desde la estación al satélite y downlink desde el satélite a la estación. En la figura 2.15 se muestran los enlaces de una red VSAT.



**Figura 2. 15. Red VSAT**

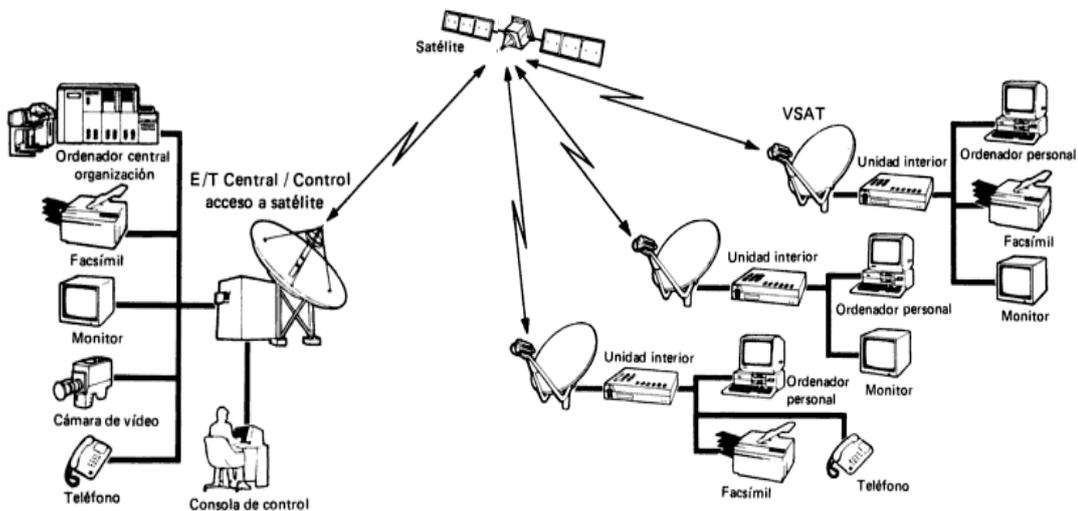
Fuente: José Manuel Huidobro Moya “Sistemas Telemáticos” (2007, pág. 79)

Los satélites permiten comunicar a grandes distancias, recibiendo las portadoras del enlace uplink desde las estaciones terrenas transmisoras, las cuales están dentro de la zona de cobertura del satélite, la antena receptora del satélite las amplifica y cambia su frecuencia a una banda más baja, y las transmite amplificadas.

#### e.1 Red en estrella

En la topología en estrella cada estación VSAT solamente tiene un enlace punto a punto dedicado con la estación maestra (HUB). Las estaciones VSAT no están directamente enlazadas entre sí. La topología en estrella no permite el tráfico directo entre estaciones VSAT. La estación maestra (HUB) actúa como un intercambiador, si una estación VSAT quiere enviar datos a otra, envía los datos a la estación maestra, que los retransmite a la estación VSAT final. En la figura 2.16 se indica la topología de una red satelital tipo estrella para una organización. Donde es posible compartir el equipo de

E/T central o estación maestra y su sistema de control para albergar otras redes de otras tantas organizaciones.



**Figura 2. 16. Red VSAT Estrella para una organización.**

**Fuente:** Juan José García Ruiz de Angulo “Los Satélites de Comunicaciones” (2009, pág. 141)

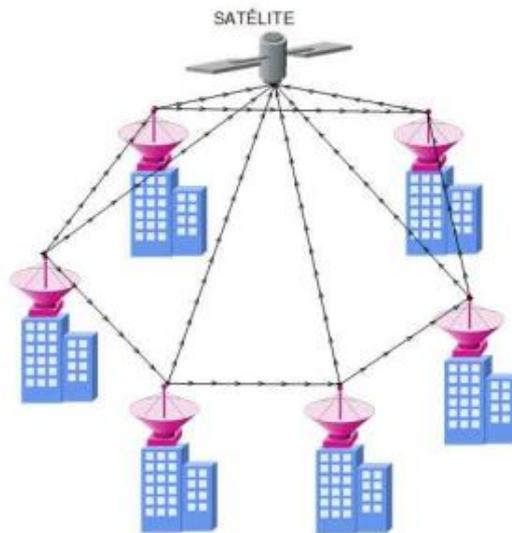
## **e.2 Red en malla**

Una topología en malla consiste en estaciones de igual rango, en donde cada estación VSAT tiene un enlace punto a punto dedicado con cualquier otra estación VSAT. El término dedicado significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre las estaciones VSAT que conecta.

Una de las ventajas que ofrece una red en malla es que el uso de los enlaces dedicados garantiza que cada estación VSAT solo debe transportar la carga de datos propia de las estaciones VSAT conectadas, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varias estaciones VSAT. Otra de las ventajas es que una estación VSAT es robusta puesto que, si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema.

Otra ventaja es la privacidad o la seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de un enlace dedicado, solamente lo ve el receptor adecuado. Las fronteras físicas evitan que otros usuarios puedan tener acceso a los mensajes.

En la figura 2.17 se muestra la topología de una red en malla

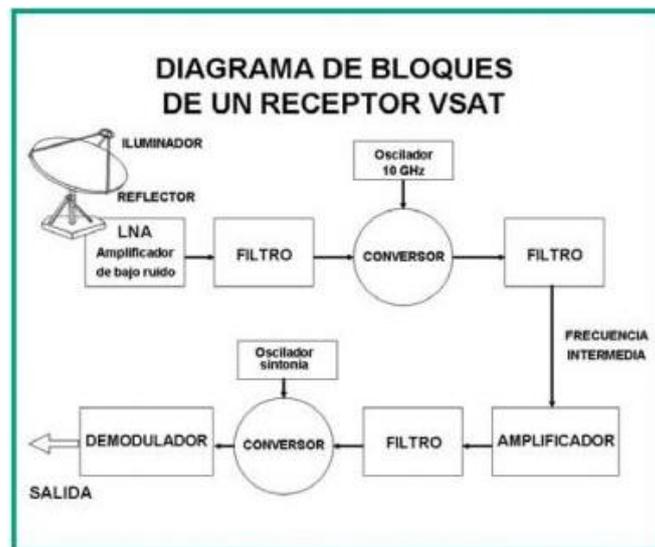


**Figura 2. 17. Red VSAT en Malla**

**Fuente:** José Manuel Huidobro Moya “Sistemas Telemáticos” (2007, pág. 78)

**f. Componentes de un sistema satelital:**

Los componentes de un sistema de comunicación a través de satélite son, como se muestra en la figura 2.18, la antena parabólica (reflector más iluminador) y el LNA (amplificador/ conversor de bajo ruido), que constituyen la unidad exterior, y el receptor de la señal o unidad interior, que consta de los moduladores/demoduladores, el codificador FEC y los puertos de conexión a los usuarios.



**Figura 2. 18. Componentes principales de un sistema VSAT**

**Fuente:** José Manuel Huidobro Moya “Sistemas Telemáticos” (2007, pág. 172)

El diámetro de la antena parabólica está comprendido entre 0,5 y 3 metros, dependiendo del nivel de señal en el lugar de que se trate, que está directamente ligado a la potencia de emisión del satélite, la banda de frecuencia a la que se trabaje y a la órbita en que se encuentre.

El conjunto de la antena consta de reflector e iluminador (elemento captador de señal), que dependiendo de su posición respecto al eje da lugar a tres tipos de antena: de foco primario si se encuentra centrado con respecto al mismo, lo que origina pérdida de potencia debido a la sombra que produce; de offset, en las que se desplaza con respecto al eje para evitar la sombra, y por último de Cassegrain, en las que se dispone un segundo reflector hiperbólico en su foco para aprovechar el máximo de señal; estas se utilizan solo en aplicaciones profesionales.

El amplificador conversor de bajo ruido es el elemento encargado de amplificar la energía electromagnética captada por la antena, ya que este suele ser muy baja, manteniendo controlado el nivel de ruido, por lo que se emplean elementos de estado sólido para tener una relación señal/ruido alta. El receptor de señal recibe la señal procedente del amplificador/conversor y mediante su tratamiento produce otra adecuada para atacar al equipo de usuario.

#### **g. Banda de frecuencias:**

Estos sistemas, que utilizan cierta parte del espectro de frecuencias electromagnéticas para su funcionamiento, han de ser vistos como un complemento de los sistemas terrenos, vía cable o radio, permitiendo una cobertura amplia y un despliegue inmediato, con lo que se presentan como muy adecuados para zonas con una pobre infraestructura, con un coste del servicio independiente de la distancia a la que se encuentren los usuarios.

El espectro electromagnético es un problema ya que es un recurso escaso. Los desarrolladores de radares de los Estados Unidos y Gran Bretaña, nombraron partes del espectro con letras, tales como la Banda L, Banda C, Banda Ku o Banda Ka.

La banda C fue la primera destinarse al tráfico comercial por satélite; que contiene dos intervalos de frecuencia; el más bajo para tráfico de enlaces descendentes (desde el satélite) y el superior para tráfico de enlaces ascendentes (hacia el satélite). Para una

conexión dúplex se requiere un canal en cada sentido. Estas bandas ya están saturadas porque también los usan las portadoras comunes para los enlaces terrestres de microondas.

La banda Ku es la banda más alta disponible para las portadoras de telecomunicaciones comerciales, la cual no está congestionada pudiendo estar los satélites espaciados tan cerca como 1 grado. Esta banda proporciona más potencia que la C de esta manera puede tener un plato de menor diámetro (1,22 mt) teniendo así mayor cobertura. A la banda Ku no le afectan las interferencias terrestres, pero si las perturbaciones meteorológicas, como la lluvia, que produce distorsiones y ruido en la transmisión.

Con la banda Ka se espera paliar la creciente saturación de las bandas C y Ku; La banda C (difusión sobre un área extensa con poca potencia) y Ku (haces estrechos de potencia sobre zonas reducidas) son las de mayor uso en aplicaciones comerciales, mientras que las otras suelen estar reservadas para aplicaciones militares o gubernamentales.

Un sistema VSAT se puede utilizar para múltiples aplicaciones, como puede ser el servicio telefónico, la radiodifusión de TV, transmisión de datos, conexión a internet, servicios de emergencia y de localización, etc. Cada uno de ellos utiliza una de las bandas de frecuencias que se muestran en la tabla 1.7 aunque las más comunes suelen ser las unidireccionales (difusión punto – multipunto), ya que en este caso los terminales son más simples y económicos.

**Tabla 2. 1. Bandas de frecuencias (GHz) empleadas comúnmente en la transmisión por satélite. DBS/Digital Broadcasting System FSS/ Fixed Satellite Service.**

Banda	Límite Inferior	Límite Superior	Denominación
C (Up) (Down)	5,925 3,700	6,425 4,200	6/4
X (Up) (Down)	7,900 7,250	8,395 7,745	8/7
KU (América)	Downlink: FSS: 11,700-12,200 GHz DBS: 12,200-12,700 GHz Uplink: FSS: 14,000-14,500 GHz DBS: 17,300-17,800 GHz		14/12
Ku (Europa)	Downlink: FSS: 10,700-11,700 GHz DBS: 11,700-12,500 GHz Telecom: 12,500-12,750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14,000-14,800 GHz DBS: 17,300-18,100 GHz		
Ka	Entre 18 y 31 GHz		

**Fuente:** José Manuel Huidobro Moya “Sistemas Telemáticos” (2007, pág. 172)

## **h. Métodos de acceso:**

Existen varias técnicas de acceso al satélite las más importantes son:

### **h.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA):**

El uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas, estén o no situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA, ya que el espectro radioeléctrico del transpondedor se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas. La configuración es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora y es válida cuando se puede garantizar que durante la mayor parte del tiempo, cada una de ellas ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó; por esta razón también se le llama acceso múltiple con división de frecuencia con asignación múltiple.

### **h.2 Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)**

El acceso múltiple por división de tiempo o TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas ocupan un transpondedor o parte de él. A diferencia del acceso múltiple por división de frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transpondedor, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada una misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo  $T$  para transmitir dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

### **h.3. Acceso múltiple por distribución de código (CDMA)**

En esta técnica el transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo, este modo de acceso es útil en las transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia, al igual que TDMA, es totalmente digital, y presenta la ventaja de que las antenas terrestres transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación sean muy amplios. Por otra parte, presenta el inconveniente al ocupar mucho ancho de banda (un transpondedor completo), pues cada

bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

#### **i. Aplicaciones de los sistemas VSAT**

Según el tipo de servicio tenemos sistemas unidireccionales y bidireccionales, según que la comunicación se realice en uno o ambos sentidos (maestra ↔ remota). Los primeros son no interactivos – los usuarios reciben, pero no pueden emitir salvo que estén conectados a la maestra a través de una red terrestre – y proporcionan servicios de difusión de información como puede ser la difusión de TV, y los segundos son interactivos – los usuarios pueden recibir y/o emitir -, por lo que se pueden utilizar para el intercambio de información, como por ejemplo ocurre en el servicio telefónico.

Los sistemas VSAT son un complemento de los sistemas terrestres, vía cable o radio, permitiendo una cobertura amplia y un despliegue inmediato. Algunos ejemplos del uso de los sistemas VSAT, además de la difusión de televisión y telefonía son:

Para grandes compañías multinacionales

- Intercambio de datos entre todas sus oficinas.
- Correo electrónico instantáneo para todos sus empleados.
- Nivel de seguridad mayor que el que ofrecen los sistemas terrenos.
- Videoconferencia de alta calidad para tele reuniones.

Para los proveedores de servicios de internet ISP

- Acceso a alta velocidad a los grandes nodos de internet.
- Difusión para una cobertura instantánea para grandes áreas.

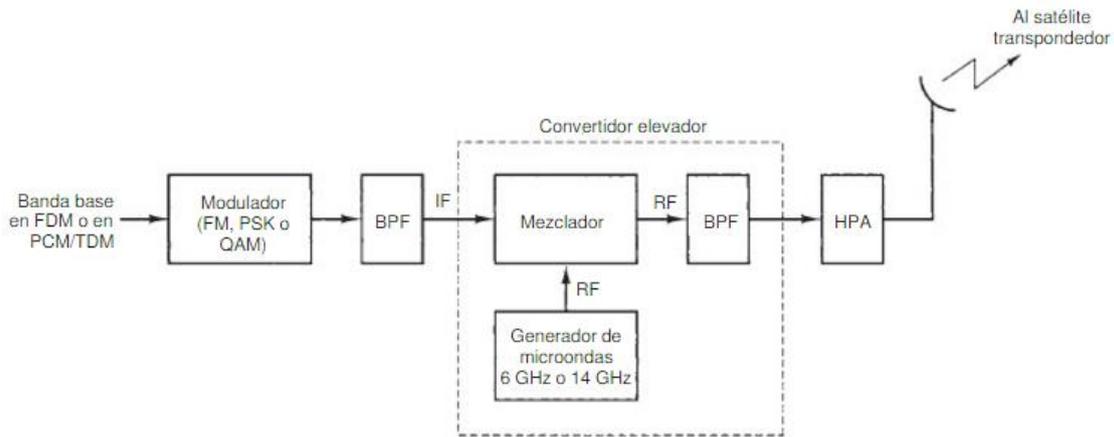
En conclusión, el uso masivo de satélites permitirá el abaratamiento de los servicios de telecomunicaciones, se pueda dar una cobertura universal y los usuarios se beneficien de una serie de ventajas que sin ellos no son posibles.

#### **2.2.10 Diseño de enlaces satelitales**

Un enlace satelital consiste en tres secciones básicas: Un enlace de subida, un satélite transpondedor y un enlace de bajada.

**a. Modelo de enlace de subida:** Su principal componente es la estación terrestre transmisora compuesta por un convertidor elevador de frecuencia de FI a microondas

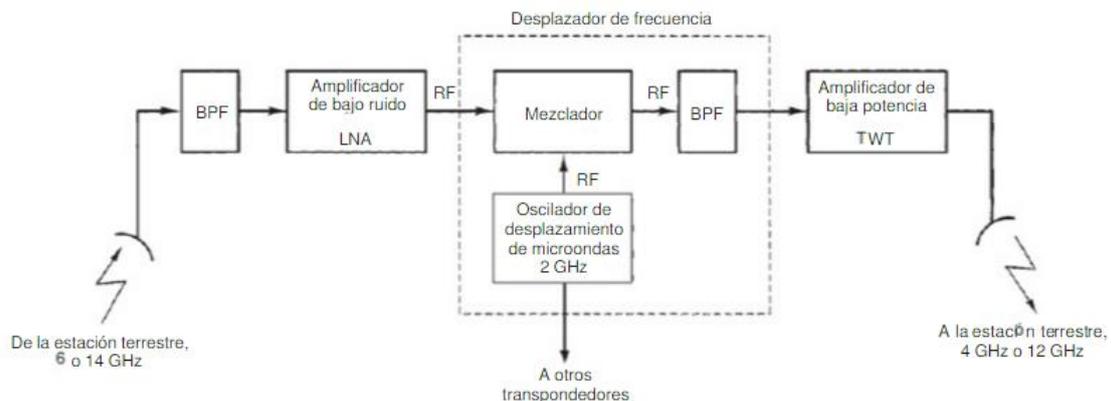
RF, un amplificador de alta potencia (HPA, de high-power amplifier) y un filtro pasabandas de salida. En la figura 1.10 se muestra el esquema básico del enlace de subida satelital.



**Figura 2. 19. Modelo de subida del Satélite**

Fuente: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Tomasi (2003, pág. 815)

**b. Transpondedor:** Un transpondedor satelital consiste en un dispositivo limitador de banda de entrada (filtro pasabandas), un amplificador de bajo ruido (LNA, de low-noise amplifier) de entrada, un desplazador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasabandas de salida. En la figura 1.11 se muestra la imagen de un transpondedor de satélite.

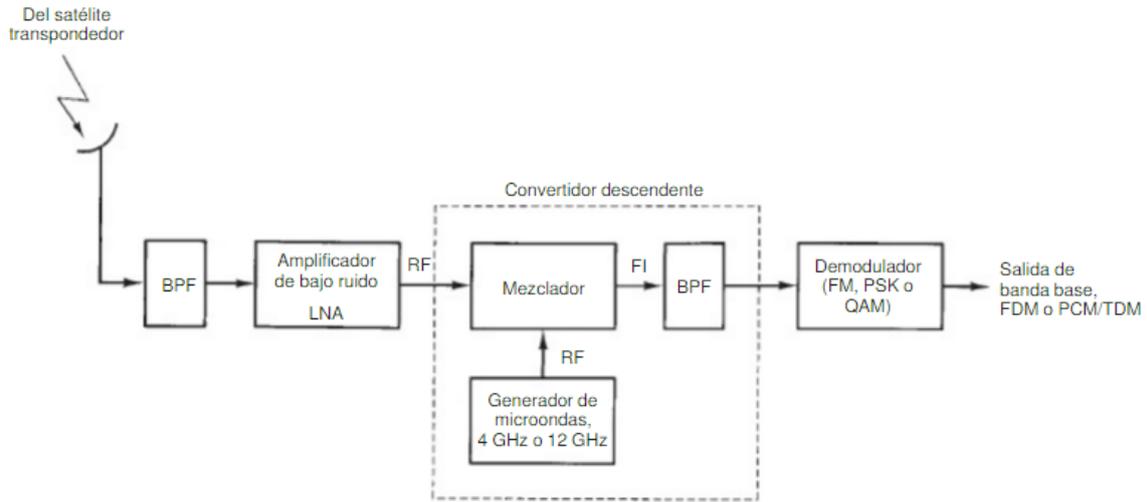


**Figura 2. 20. Transponder de Satélite**

Fuente: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Tomasi (2003, pág. 816)

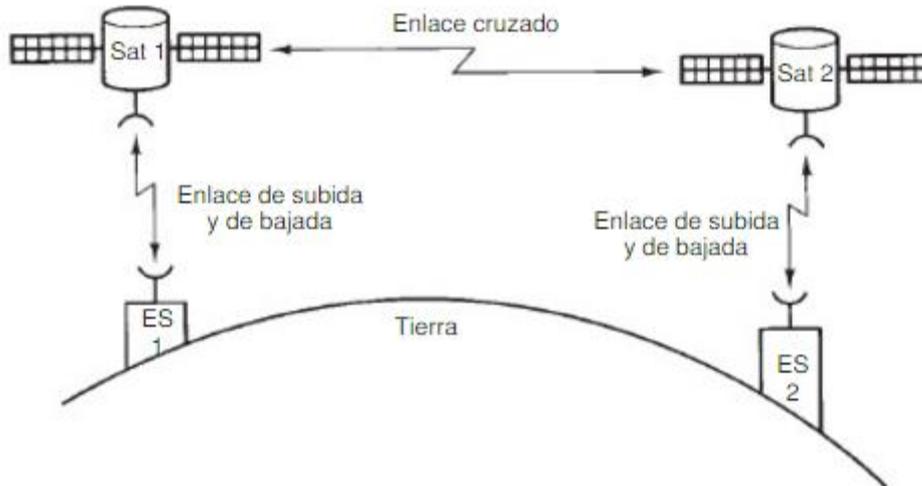
**c. Modelo de enlace de bajada:** Un receptor en la estación terrestre comprende un BPF de entrada, un LNA y un convertidor descendente de RF a FI, en el diagrama 1.12 se muestra el diagrama de bloques de un receptor en donde el BPF es un dispositivo de gran sensibilidad y bajo ruido, el convertidor descendente de RF a FI es una

combinación de mezclador y filtro pasabandas, que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia FI.



**Figura 2. 21. Modelo de enlace de satelital de bajada**  
**Fuente:** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Tomasi (2003, pág. 816)

**d. Enlaces Cruzados:** Sirve para realizar la comunicación entre satélites, conocido también como enlaces intersatelital, (ISL, de intersatellite links), como se ve en la figura 1.13, en este tipo de enlace las potencias de salida del transmisor como la sensibilidad de entrada del receptor son limitadas.



**Figura 2. 22. Modelo de enlace entre Satélites**  
**Fuente:** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Tomasi (2009, pág. 817)

## 2.2.11 Parámetros del Sistema de Satélites

### a. Pérdida por reducción

Los amplificadores de alta potencia que se usan en las estaciones transmisoras terrestres y los tubos de onda viajera que se usan en los satélites transpondedores son dispositivos no lineales; su ganancia depende del nivel de la señal de entrada. En la figura 1.13 se muestra la curva característica de potencia de salida en función de la potencia de entrada; donde se aprecia que hay una compresión de potencia obvia, en donde para reducir la cantidad de distorsión por intermodulación causada por la amplificación no lineal del HPA, se debe reducir la potencia de entrada en varios Db; permitiendo que el HPA trabaje en una región más lineal. A esta cantidad de reducción de nivel de salida respecto a los niveles nominales equivale a una pérdida, y se llama con propiedad pérdida por reducción ( $L_{bo}$ ).

### b. Potencia de transmisión y energía de bit

Para funcionar con la mayor eficiencia posible, un amplificador de potencia debe trabajar tan cerca como sea posible de la saturación. La potencia saturada de salida se representa por  $P_{o(sat)}$  o simplemente por  $P_t$ . La potencia de salida de un transmisor de estación terrestre a satélite es mucho mayor que la salida de un amplificador de potencia de transmisor terrestre de microondas. En consecuencia, cuando se manejan sistemas satelitales, la  $P_t$  se expresa, generalmente en dBw (decibelios respecto a 1W), y no en dBm (decibelios con respecto a 1 Mw).

Se usan las modulaciones PSK y la QAM, pues e pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización de transmisión. En consecuencia, un parámetro más indicativo que la potencia de la portadora es la energía por bit  $E_b$ ; cuya definición es:

$$E_b = P_t T_b$$

Dónde:  $E_b$  = energía de un solo bit (joules por bit)

$P_t$  = potencia total saturada de salida (watts, o joules por segundo).

$T_b$  = tiempo de un solo bit (segundos)

O también como  $T_b = 1/f_b$  siendo  $f_b$  la frecuencia de bits,

$$E_b = \frac{P_t}{f_b} = \frac{J/s}{b/s} = \frac{\text{Joules}}{\text{bit}}$$

### c. Potencia efectiva irradiada isotrópicamente

EIRP (de effective isotropic radiated power) se define como una potencia equivalente de transmisión, y se expresa como sigue:

$$\text{EIRP} = P_{\text{ent}} A_t$$

Dónde: EIRP = potencia efectiva irradiada isotrópicamente (watts)

$P_{\text{ent}}$  = potencia de entrada a la antena (watts)

$A_t$  = ganancia de la antena de transmisión (relación adimensional)

En forma logarítmica:

$$\text{EIRP}_{(dBW)} = P_{\text{ent}(dBW)} + A_{t(dB)}$$

Con respecto a la salida del transmisor:

$$P_{\text{ent}} = P_t - L_{bo} - L_{bf}$$

$$\text{EIRP} = P_t - L_{bo} - L_{bf} + A_t$$

Donde:  $P_{\text{ent}}$  = potencia de entrada a la antena (dBW por watt)

$L_{bo}$  = pérdidas por reducción de HPA (decibelios)

$L_{bf}$  = pérdida total por ramificación y en el alimentador (decibelios)

$A_t$  = ganancia de la antena de transmisión (decibelios)

$P_t$  = potencia de salida saturada de amplificador (dBW por watt)

### d. Temperatura equivalente de ruido

Para los sistemas terrestres de microondas, el ruido que se introduce en un receptor o en un componente dentro de un receptor se solía especificar por el parámetro índice de ruido. Es necesario medir el ruido en incrementos tan pequeños como una décima o una centésima de decibel. Se suele utilizar la temperatura ambiente (T) y la temperatura equivalente de ruido ( $T_e$ ) al evaluar el funcionamiento de un sistema satelital, la potencia total de ruido es como sigue:

$$N = KTB$$

De esta ecuación se despeja T:

$$T = \frac{N}{KB}$$

Donde N = potencia total de ruido (watts)

K = constante de Boltzmann (joules por kelvin)

B = ancho de banda (Hertz)

T = temperatura del ambiente (kelvin)

Sabemos que  $F = 1 + \frac{T_e}{T}$

Donde  $T_e$  = temperatura equivalente de ruido (kelvin)

F = factor de ruido (adimensional)

T = temperatura del ambiente (kelvin)

Re arreglando la ecuación:

$$T_e = T (F - 1)$$

Las temperaturas equivalentes de ruido características de los receptores que se usan en los transpondedores de satélite son de unos 1000K. Para los receptores de estación terrestre, los valores de  $T_e$  son de 20 a 1000K. La temperatura equivalente de ruido es más útil en general cuando se expresa en forma logarítmica, referida a 1 K, en unidades dBK como sigue

$$T_{e(dBK)} = 10 \log T_e$$

En la tabla 1.8 se resumen el factor de ruido, el índice de ruido, la temperatura equivalente de ruido y los dBK.

**Tabla 2. 2. Comparación de Unidades de Ruido**

Factor de Ruido (F) (adimensional)	Índice de ruido (NF) (dB)	Temperatura equivalente( $T_e$ ) (°K)	dBK
1.2	0.79	60	17.78
1.3	1.14	90	19.54
1.4	1.46	120	20.79
2.5	4	450	26.53
10	10	2700	34.31

**Fuente:** Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Tomasi 2003

La temperatura equivalente de ruido es un valor hipotético que se puede calcular, pero que no se puede medir. Con frecuencia se usa la temperatura equivalente de ruido y no el índice de ruido, por ser un método más exacto para expresar el ruido aportado por un dispositivo o un receptor, al evaluar su funcionamiento. La temperatura equivalente de ruido  $T_e$  representa la potencia de ruido presente en la entrada a un dispositivo, más el ruido agregado internamente por ese dispositivo. Esto permite analizar las características de ruido de un dispositivo tan solo con evaluar una temperatura equivalente de ruido. Como se verá en las descripciones que siguen  $T_e$ , es un parámetro muy útil al evaluar el desempeño de un sistema satelital.

#### e. Densidad de Ruido

La densidad de ruido  $N_o$ , es la potencia de ruido normalizada a un ancho de banda de 1 Hz, o la potencia de ruido presente en un ancho de banda de 1 Hz. La ecuación de la densidad de ruido es

$$N_o = \frac{N}{B} = \frac{KBT_e}{B} = KT_e$$

En la que  $N_o$  = densidad de ruido (watts por Hertz) ( $N_o$  se suele expresar simplemente en watts, el Hertz recíproco está implícito en la definición de  $N_o$ )

$$1 \text{ W/Hz} = \frac{1 \text{ joule}}{\text{ciclo}}$$

$N$  = potencia total de ruido (watts)

$B$  = ancho de banda (Hertz)

$K$  = constante de Boltzmann (joules por kelvin)

$T_e$  = temperatura equivalente de ruido (kelvin)

Expresada como logaritmo, con 1W/Hz como referencia,

$$\begin{aligned} N_{o(dBW/Hz)} &= 10 \log N - 10 \log B \\ &= 10 \log K + 10 \log T_e \end{aligned}$$

#### **f. Relación de portadora a densidad de ruido**

Es la relación de la potencia promedio de portadora de banda ancha a densidad de ruido. La potencia de portadora de banda ancha es la potencia combinada de la portadora y sus bandas laterales asociadas. La densidad de ruido es el ruido térmico presente en un ancho de banda normalizado de 1Hz. La relación de portadora a densidad de ruido también se puede expresar en función de la temperatura de ruido. La ecuación correspondiente es

$$\frac{C}{N_0} = \frac{C}{KT_e}$$

Expresada en forma logarítmica

$$\frac{C}{N_0} \text{ (dB)} = C_{(dBW)} - N_{0(dBW)}$$

#### **g. Relación de energía de bit a densidad de ruido**

Es uno de los parámetros más importantes y de uso más frecuente para evaluar un sistema digital de radio. La relación  $E_b/N_0$  es una forma cómoda para comparar sistemas digitales que usan distintas frecuencias, esquemas de, modulación o técnicas de codificación. La definición matemática de  $E_b/N_0$  es

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C/f_b}{N/B} = \frac{CB}{Nf_b}$$

Esta relación es un término adecuado para cálculos de sistemas digitales y comparaciones de funcionamiento, pero es más cómodo expresarla en forma logarítmica dado que la relación energía de bit a densidad de ruido es el producto de la relación portadora de ruido a frecuencia de bits.

$$\frac{E_b}{N_0} \text{ (dB)} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} + \frac{B}{f_b} \text{ (dB)}$$

La energía por bit  $E_b$ , permanece constante mientras no cambien la potencia total de portadora de banda ancha,  $C$  ya la velocidad de transmisión, en bps. También, la densidad del ruido  $N_0$  permanece constante mientras la temperatura de ruido permanezca constante. Se puede llegar a la conclusión que para valores fijos de potencia de portadora, frecuencia de bits y temperatura de ruido, la relación  $\frac{E_b}{N_0}$  permanece constante, y es independiente de la técnica de codificación, el esquema de modulación o el ancho de banda que se usen, siempre y cuando el ancho de banda sea igual a la frecuencia de bits.

#### **h. Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido**

Es una cifra de mérito que representa la calidad de un receptor de satélite o de estación terrestre. Para un receptor,  $G/T_e$  es la relación de la ganancia de la antena receptora a la temperatura equivalente de ruido,  $T_e$  del receptor. Debido a las potencias de portadora tan extremadamente pequeñas en recepción que hay en los sistemas satelitales, con mucha frecuencia se ubica físicamente un amplificador de bajo ruido (LNA, de low-noise amplifier). Cuando así sucede,  $G/T_e$  es una relación de la ganancia de la antena receptora más la ganancia del LNA, entre la temperatura equivalente de ruido, es decir para este caso expresado en logaritmos:

$$\frac{G}{T_e} \text{ (dBK}^{-1}\text{)} = A_{r(\text{dB})} + A_{(\text{LNA})(\text{dB})} - T_e(\text{dBK})$$

La relación  $G/T_e$  es un parámetro útil para determinar las relaciones  $E_b/N_0$  y  $C/N$  En los receptores del satélite y el transpondedor y de la estación terrestre. En esencia, es el único parámetro que se requiere en un receptor de satélite o de estación terrestre cuando se completa el cálculo de los gastos de enlace.

#### **i. Ecuaciones de enlace del sistema de satélites**

Para evaluar el funcionamiento de un sistema digital satelital, primero se examina por separado los parámetros del enlace de subida y el de bajada y, a continuación, se determina la eficiencia general, combinándolos en la forma adecuada.

## j. Ecuaciones de enlace

Se usan las siguientes ecuaciones de enlace para analizar por separado las secciones de enlace de subida y de bajada de un sistema aislado satelital de portadora de radio frecuencia. En estas ecuaciones solo se consideran ganancias y pérdidas ideales, y efectos de ruido térmico asociados con el transmisor de la estación terrestre, receptor de la estación terrestre y transponder del satélite.

Ecuación de enlace de subida

$$\frac{C}{N_0} = \frac{A_t P_{ent} (L_p L_u) A_t}{K T_e} = \frac{A_t P_{ent} (L_p L_u)}{K} \times \frac{G}{T_e}$$

En donde  $L_p$  y  $L_u$  son las pérdidas adicionales atmosféricas en enlace de subida y de bajada, respectivamente. Las señales de enlace de subida y de bajada deben atravesar la atmosfera terrestre, donde son absorbidas en forma parcial por la humedad, el oxígeno y las partículas en el aire. Dependiendo del ángulo de elevación, la distancia que recorre la señal de RF a través de la atmosfera varia de una a otra estación terrestre. Ya que  $L_p$  y  $L_u$  y  $L_d$  representan pérdidas, son valores decimales menores que 1. La relación  $G/T_e$  es la ganancia de la antena receptora más la del LNA, divididas entre la temperatura equivalente de ruido de la entrada. Expresada en forma logarítmica,

$$\frac{C}{N_0} = \text{EIRP (dBw)} - L_p(\text{dB}) + \frac{G}{T_e} (\text{dBK}^{-1}) - L_u(\text{dB}) - K (\text{dBWK})$$

Ecuación de enlace de bajada

$$\frac{C}{N_0} = \text{EIRP (dBw)} - L_p(\text{dB}) + \frac{G}{T_e} (\text{dBK}^{-1}) - L_d(\text{dB}) - K (\text{dBWK})$$

**CAPÍTULO III**

**MATERIALES Y  
PROCEDIMIENTOS**

### **3.1 Material y Métodos**

#### **3.1.1 Población y Muestra**

La Población está dada por las observaciones de incidencias de corte ocurridas en el enlace de interconexión del Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín.

Se realizarán observaciones diarias durante 06 meses previos a la implementación de la interconexión VSAT y 06 meses después de su implementación. De esta manera se define un total de 180 observaciones antes y después de la implementación lo cual constituye nuestra población y muestra.

#### **3.1.2 Unidad de Análisis**

Análisis de la disponibilidad del enlace de interconexión Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín.

### **3.2 Métodos**

#### **3.2.1. Nivel de Investigación**

El nivel de investigación propuesto en el proyecto es de tipo descriptiva. Se busca caracterizar una comparativa del comportamiento de las indecencias de corte antes y después de la implementación del VSAT en el Sub Nodo Remoto REDAP Junín.

#### **3.2.2. Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación propuesto en el proyecto es tipo documental. En base a reportes estadísticos de incidencias de corte se va a comparar el comportamiento antes y después de la migración a una conexión VSAT.

Se tomarán datos de lo ocurrido en campo para realizar una base de datos que permita evaluar las estadísticas de cortes del enlace de interconexión del Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín y con ello establecer una contrastación en cuanto al cambio en su disponibilidad.

**Pasos:**

1. Recolección de información de los registros de eventos de desconexión del servicio DIGIRED del Sub Nodo Remoto Junín con el Nodo Principal REDAP Lima.
2. Identificación de los meses con mayor cantidad de eventos de cortes del servicio del Sub Nodo Remoto REDAP Junín.
3. Clasificación de los eventos de corte obtenidos por problemas técnicos del enlace del proveedor.
4. Estimación de tiempos de indisponibilidad del servicio DIGIRED en base a las normas de la OACI.
5. Comparación de valores medidos mediante tablas, gráficos estadísticos y prueba T.

**3.2.3. Variables de Estudio y Operacionalización****Variables de Estudio****Independiente**

- a. Estación de interconexión VSAT.

Indicadores:

- Parámetros de Transmisión y Recepción.

**Dependiente**

- b. Disponibilidad del enlace de interconexión Lima – Junín.

Indicadores:

- Eventos de falla en el enlace de interconexión.
- Tiempos de caída en el enlace de interconexión.

**a. Variable Independiente**

**Tabla 3. 1. Operacionalización de la Variable Independiente**

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	FORMULA	UNIDADES MEDIDA
Estación de interconexión VSAT.	Es una estación satelital, ubicada en el Sub Nodo Remoto REDAP Junín, empleada para el envío de toda la información del servicio de aeronavegación desde la estación ubicada en el Sub Nodo Junín al Nodo Principal Lima	Parámetros de transmisión.	Potencia de salida BUC	Ficha Técnica de Características	-	Watts
			Ganancia Tx Antena	Ficha Técnica de Características	-	dBi
			Potencia Irradiada Efectiva	Estimación analítica	-	dBm
		Parámetros de recepción	Figura de mérito	Ficha Técnica de Características	-	dB/K
			$E_b/N_0$ recibido	Guía de observación	-	dB
			Umbral $E_b/N_0$	Ficha Técnica de Características	-	dB

Fuente: Elaboración Propia

**b. Variable Dependiente.**

**Tabla 3. 2. Operacionalización de la Variable Dependiente**

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>FORMULA</b>	<b>UNIDADES MEDIDA</b>
Disponibilidad del sistema de interconexión entre Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín.	La disponibilidad del sistema de interconexión entre Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín es determinada en base al número de incidencias de cortes y tiempos de indisponibilidad.	Incidencias de corte en el enlace	Eventos de falla en el enlace de interconexión	Reporte estadístico diario	-	N° de eventos de falla
		Duración de corte del enlace	Tiempos de caída del enlace de interconexión	Reporte estadístico diario	-	Horas

Fuente: Elaboración Propia

### **3.2.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **a. Datos Técnicos del Sistema de Interconexión entre Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín mediante servicio DIGIRED**

Los nodos tienen capacidad de conmutación de voz y de datos y están interconectados a través de las redes del portador de servicios; la REDAP está compuesta por un conjunto de equipos que permiten la interconexión de las sedes aeroportuarias a nivel nacional; para este caso el Nodo principal REDAP Lima esta interconectado con el Sub Nodo Remoto Junín a través de las prestaciones del proveedor mediante el servicio DIGIRED que es una combinación de tecnologías que deberán asegurar la máxima disponibilidad del enlace. En la figura N°3.1 se muestran los equipos que conforman el enlace REDAP Nodo Central Lima con el Sub Nodo Remoto Junín; vemos que en el Sub Nodo Remoto existe un Multiplexor principal Cx 950 del cual se derivan los servicios de aplicaciones como son los canales orales (comunicaciones entre controladores de tránsito aéreo y pilotos) así como los servicios de mensajería (ejemplo: mensajes de meteorología; condiciones climáticas), el Cx 950 existente en este Sub Nodo esta enlazado al Multiplexor Cx 2000 Regional vía enlace principal y este a través del mismo enlace pasando por una mistura de tecnologías; perteneciente al proveedor de servicios y que es transparente para los usuarios tanto de la REDAP Lima como de la REDAP Sub Nodo Remoto; se enlaza al Nodo Principal de Lima conectándose a uno de los multiplexores principales en donde se realizan diversas aplicaciones como lo es la aplicación de gestión de red vía el software “Watts Up Gold” de cada uno de los Nodos y Sub Nodos existentes en la REDAP; existe un enlace de respaldo para la REDAP el cual es un enlace dedicado ISDN el cual también es un servicio brindado por el proveedor de servicios que enlaza todos los Sub Nodos Regionales y Sub Nodos Remotos con el Nodo Principal de Lima .

### REDAP Sub Nodo Remoto Junín hasta Lima

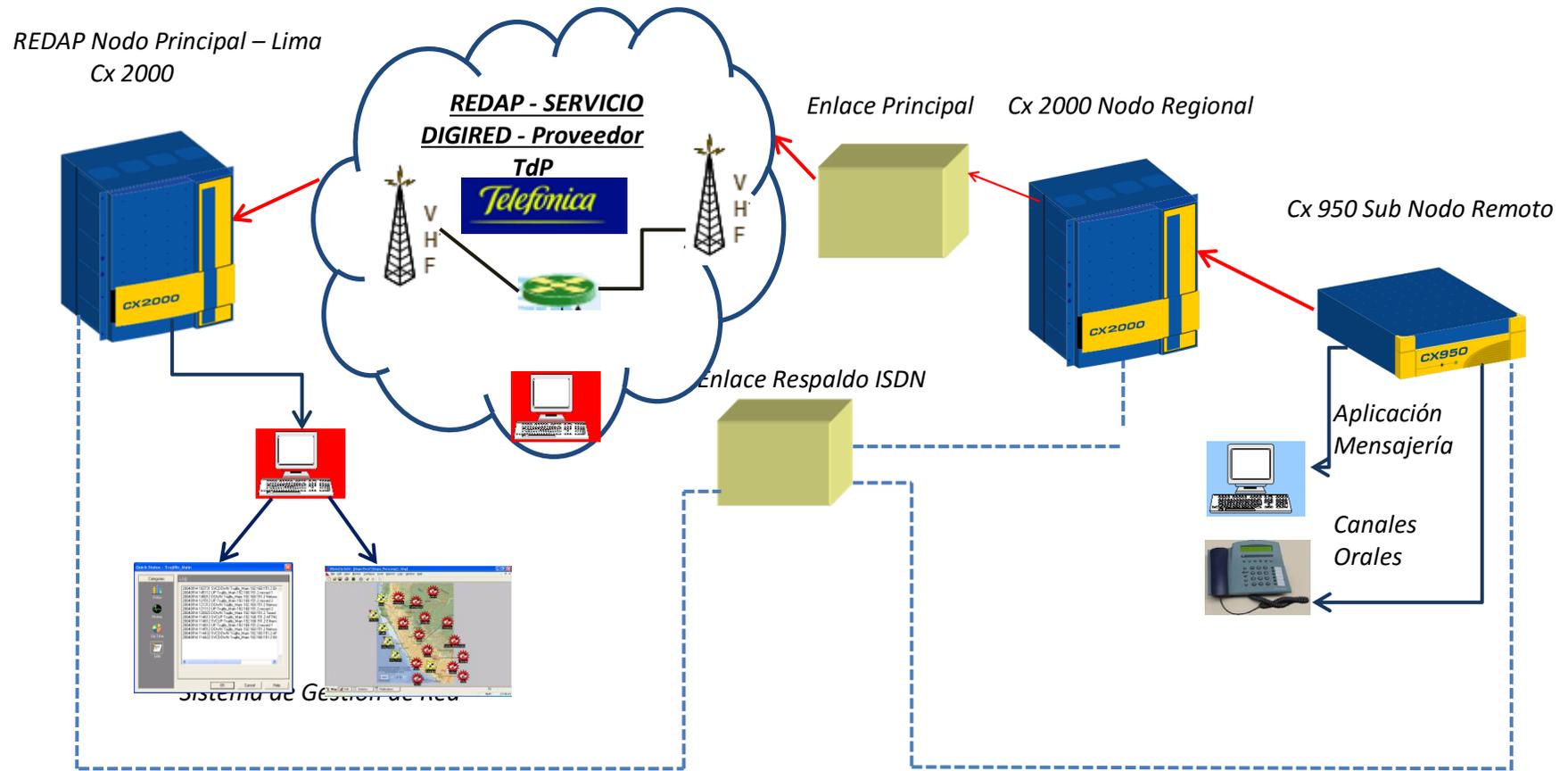


Figura 3. 1. Esquema actual de la interconexión Junín –Lima

Fuente: Elaboración Propia

Acontinuacion las imágenes de los equipos en sala del Sub Nodo Remoto Junin donde se muestran ambos multiplexores Cx 950 principal y secundario.



**Figura 3. 2. Multiplexores Remotos Cx950**

Fuente: Visita Técnica a Sala REDAP Junín – 2016

En la siguiente figura se muestran los equipos de radio para Tx “transmision”, ubicados en sala.



**Figura 3. 3. Transmisores de radio Principal y Secundario**

Fuente: Visita Técnica a Sala REDAP Junín - 2016

A continuación la fotografía de los equipos de radio para Recepción “Rx” en sala:



**Figura 3. 4. Receptores de radio Principal y Secundario**

Fuente: Visita Técnica a Sala REDAP Junín – 2016

Todos los equipos ubicados en sala están alimentados por una línea dedicada y a la vez parte de la estación funciona con un UPS y bancos de baterías para situaciones de emergencia, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3. 5. Equipo UPS en sala Sub Nodo Remoto Junín**

Fuente: Visita Técnica a Sala REDAP Junín - 2016

## b. Reportes de incidencias de fallas en el Sub nodo remoto Junín

Al realizar el levantamiento de la información se logró recabar los eventos resumidos en una tabla de incidencias de cortes en la conexión entre el nodo principal del Lima y el Sub Nodo Remoto de Junín tomados entre Julio a Diciembre del 2015; observando que en el mes de Setiembre existen hasta 13 caídas del enlace; así como en el mes de Julio existen solo 2 caídas del enlace; se tomaron 184 muestras donde se registraron las horas de inicio y fin, así como el tiempo total de duración del evento; dichas caídas de la conexión se deben a fallas en conjunto de la red DIGIRED proveída por el operador de servicios; a continuación un extracto de la toma de datos perteneciente a los eventos de caídas por mes desde Julio hasta Diciembre del 2015.

**Tabla 3. 3. Extracto de incidencias con detalle de tiempos de corte de servicio DIGIRED**

N°	FECHA	INICIO		FIN	
		DIA INICIO	HORA INICIO	DIA FINAL	HORA FINAL
1	1/07/2015	1/07/2015	8:50:00	2/07/2014	0:00:00
2	2/07/2015	2/07/2015	0:00:00	2/07/2014	12:05:00
3	3/07/2015	3/07/2015			
4	4/07/2015	4/07/2015			
5	5/07/2015	5/07/2015			
6	6/07/2015	6/07/2015			
7	7/07/2015	7/07/2015			
8	8/07/2015	8/07/2015			
9	9/07/2015	9/07/2015			
10	10/07/2015	10/07/2015			
11	11/07/2015	11/07/2015			
12	12/07/2015	12/07/2015			
13	13/07/2015	13/07/2015	8:34:00	13/07/2014	9:31:00
14	14/07/2015	14/07/2015			
15	15/07/2015	15/07/2015			
16	16/07/2015	16/07/2015	17:22:00	16/03/2014	19:26:00
17	17/07/2015	17/07/2015			
18	18/07/2015	18/07/2015	8:44:00	18/07/2014	11:31:00
19	19/07/2015	19/07/2015			
20	20/07/2015	20/07/2015			
21	21/07/2015	21/07/2015			
22	22/07/2015	22/07/2015			

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.2.5.1 Análisis y Procesamiento de la Información

Con los datos obtenidos del reporte total de incidencias de cortes de la tabla N° 3.3 .Se empleó la siguiente fórmula para el cálculo de la indisponibilidad del enlace:

$$\%Indisponibilidad= (\text{Tiempo de inoperancia del enlace}/60)/(24)$$

Asimismo se indagaron en los reportes acerca de las causas de cada uno de los cortes; se recabo la información y se obtuvo que en la mayoría de casos de corte las razones son “Fallas técnicas” estas se presentan en los equipos de la red del proveedor, los resultados resumen se presentan en la tabla a continuación.

**Tabla 3. 4. : Extracto incidencias de corte, porcentajes de disponibilidad.**

N°	FECHA	DISP. %	INDISP. %	INICIO		FIN		TIEMPO DE INOP. DE CIRCUITOS	OBSERVACIONES
				DIA INICIO	HORA INICIO	DIA FINAL	HORA FINAL		
1	1/07/2015	36.81%	63.19%	1/07/2015	8:50:00	2/07/2014	0:00:00	15:10:00	Equipos Intermitentes
2	2/07/2015	49.65%	50.35%	2/07/2015	0:00:00	2/07/2014	12:05:00	12:05:00	Problema Telefónica
3	3/07/2015	100.00%	0.00%	3/07/2015					
4	4/07/2015	100.00%	0.00%	4/07/2015					
5	5/07/2015	100.00%	0.00%	5/07/2015					
6	6/07/2015	100.00%	0.00%	6/07/2015					
7	7/07/2015	100.00%	0.00%	7/07/2015					
8	8/07/2015	100.00%	0.00%	8/07/2015					
9	9/07/2015	100.00%	0.00%	9/07/2015					
10	10/07/2015	100.00%	0.00%	10/07/2015					
11	11/07/2015	100.00%	0.00%	11/07/2015					
12	12/07/2015	100.00%	0.00%	12/07/2015					
13	13/07/2015	96.04%	3.96%	13/07/2015	8:34:00	13/07/2014	9:31:00	0:57:00	Problema Telefónica
14	14/07/2015	100.00%	0.00%	14/07/2015					
15	15/07/2015	100.00%	0.00%	15/07/2015					
16	16/07/2015	91.39%	8.61%	16/07/2015	17:22:00	16/03/2014	19:26:00	2:04:00	Equipos Intermitentes
17	17/07/2015	100.00%	0.00%	17/07/2015					
18	18/07/2015	88.40%	11.60%	18/07/2015	8:44:00	18/07/2014	11:31:00	2:47:00	Falla Telefónica
19	19/07/2015	100.00%	0.00%	19/07/2015					
20	20/07/2015	100.00%	0.00%	20/07/2015					
21	21/07/2015	100.00%	0.00%	21/07/2015					
22	22/07/2015	100.00%	0.00%	22/07/2015					

Fuente: Elaboración propia

Todos estos eventos de corte ocurridos durante seis meses se ordenaron en una gráfica mostrada a continuación; en donde se muestra el número de caídas versus el porcentaje de

disponibilidad del enlace, que indica el número máximo y mínimo de caídas donde es notorio que en Setiembre se registra mayor incidencia de caídas seguido por el mes de Julio con menor número de caídas.



**Tabla 3. 5. Cortes vs Porcentaje de Disponibilidad del enlace**

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.2.5.2 Estimación de la Velocidad de Interconexión Requerida

La estación Junín tiene asignada un ancho de banda de 256 Kbps, se estimaron los siguientes servicios con sus respectivos requerimientos de ancho de banda:

**Tabla 3. 6. Estimación de ancho de banda por servicio en el Sub Nodo Remoto Junín**

Servicios	Ancho de Banda	Unidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Canales Orales, telefonía administrativa y de mantenimiento.</li> <li>▪ Servicios de voz E&amp;M y servicio VHF AA</li> </ul>	64	Kbps
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Servicios de gestión MUX, gestión UPS VSAT.</li> <li>▪ Otros servicios de gestión.</li> </ul>	120	Kbps
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Servicio de gestión enlace Principal y Backup</li> </ul>	72	Kbps

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.2.6. ESQUEMA DE RED REQUERIDO PARA LA INTERCONEXIÓN VSAT

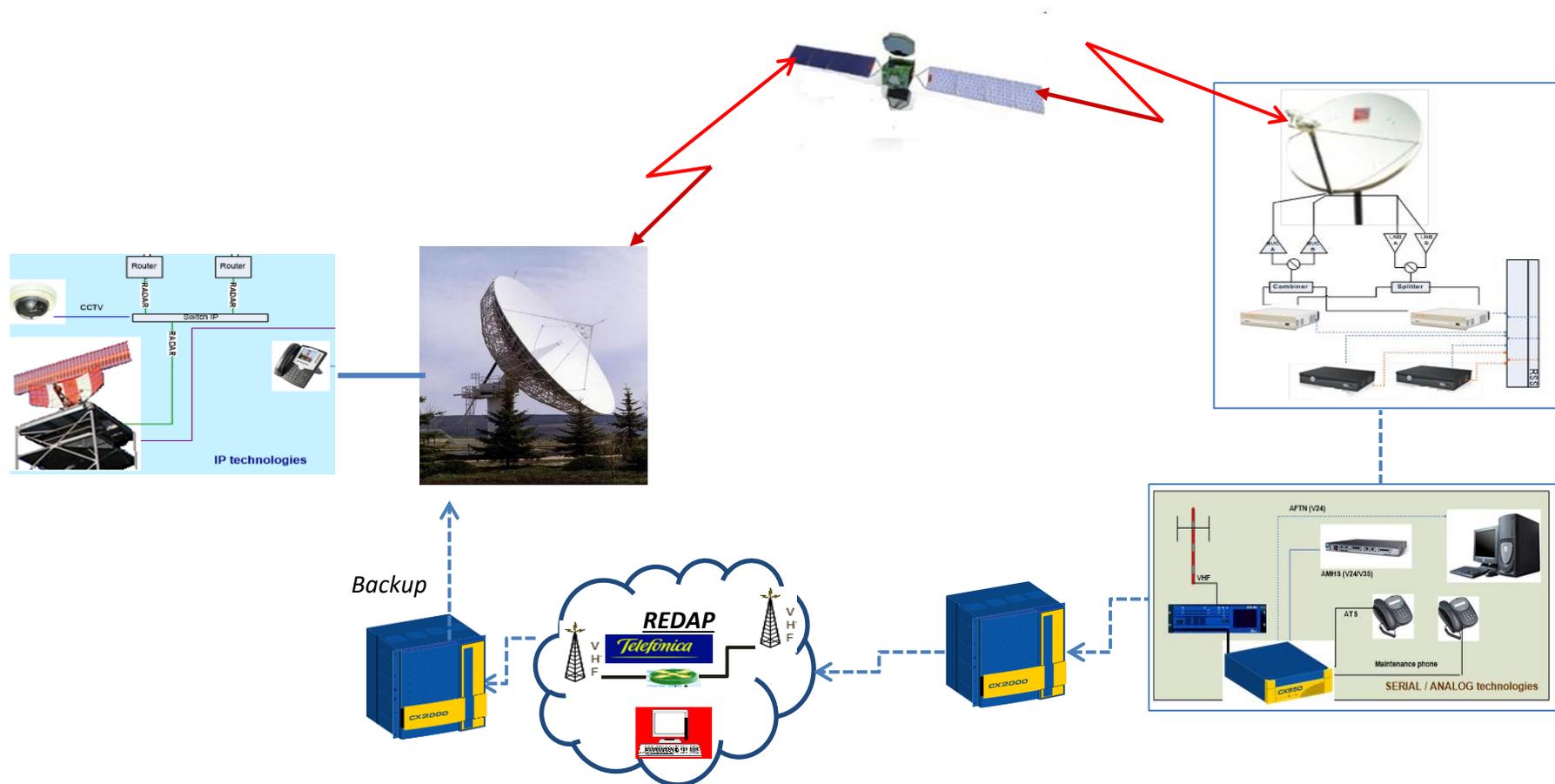


Figura 3. 6. Esquema nuevo enlace satelital principal, con REDAP como enlace de respaldo.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.6.1 Datos Técnicos del Sistema de Interconexión entre Nodo Principal REDAP Lima con el Sub Nodo Remoto REDAP Junín mediante enlace satelital VSAT

Con la implementación de la nueva red se anulan los Sub Nodos puesto que la comunicación será por satélite entre cada sitio remoto con el Nodo principal Satelital Lima (Master).

El enlace principal vendría a ser el enlace satelital, puesto que en el Nodo principal Satelital Lima (Master) se tiene una antena satelital principal; y en cada estación remota una estación VSAT; teniendo como respaldo al actual enlace de la REDAP; los servicios de aeronavegación que soportara la nueva red satelital entre el Nodo Principal Satelital Lima (Master) con la estación VSAT Junín son los siguientes:

- Servicios de Voz Mantenimiento.
- Voz E&M VHF AA.
- Servicios de gestión MUX
- Servicios de gestión UPS VSAT
- Otros servicios de gestión
- Servicio de gestión de enlace Principal.
- Servicio de gestión de enlace Backup.

Siendo estos los mismos servicios que maneja la actual red terrestre REDAP.

La nueva red satelital opera en Banda C (45°W), utiliza antenas de 3.8 m. Prodellin, IBUCs Terrasat y LNB Norsat, módems satelitales ND Satcom modelo SkyWan 7000 (master) y 2570 (slave), multiplexores Memotec modelo NetPerformer 9230. Entre los equipos resaltantes se tiene:

**Tabla 3. 7. Listado de equipamiento presente en la Estación VSAT Junín.**

	Marca	Proveedor	Modelo	Parámetros Principales
1. IBUC	Terrasat			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pot. de Salida: 10 Watt.</li> <li>▪ Banda L: 950 a 1525 MHz.</li> <li>▪ Frecuencia de oscilador: 7.375 GHz</li> <li>▪ RF Frequency: 5.850 a 6.425 GHz.</li> </ul>
2. LNB	Norsat			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Frecuencia de Entrada: 3.4 a 4.2 GHz.</li> <li>▪ Frecuencia de salida: 950 a 1750 MHz.</li> <li>▪ Ganancia de conversión: 60dB.</li> <li>▪ Frecuencia de oscilador: 5.15 GHz.</li> <li>▪ Temperatura de ruido: 20K</li> </ul>
3. Modem Satelital	ND Satcom		SkyWan7000(master) SkyWan2570(slave)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modem TDMA</li> <li>▪ Función de enrutamiento FR e IP.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Topología: Malla completa/estrella/hibrida</li> <li>▪ Duplicado con conmutación automática en caso de falla.</li> </ul>
4. Multiplexores	Memotec	NetPerformer 9230	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Multiplexor Frame Relay</li> <li>▪ Protocolo V.35</li> </ul>
5. Antena	Prodellin		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ganancia en Up Link 70dBi; Down Link 65dBi</li> <li>▪ Diámetro: 3.8 mt</li> </ul>
6. Satélite	Intelsat IS-14		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opera en Banda C, 45°W</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración Propia.

El modem es un sistema VSAT muy flexible y versátil cuyo objetivo es crear redes de área amplia. Los multiplexores encaminan la información de mantenimiento y radar (voz y datos) desde su estación satelital hasta la estación principal satelital en Lima. A continuación en la figura N° se presenta el IBUC presente en el VSAT de Junin:



**Figura 3. 7. IBUC TerraSat**

**Fuente:** Training VSAT, Componentes Microondas Activos (2011, pág. 5)

En la siguiente figura la representación del LNB del VSAT:



**Figura 3. 8. LNB Norsat**

**Fuente:** Training VSAT, Componentes Microondas Activos (2011, pág. 7)

En la siguiente figura se muestra la imagen del Multiplexor utilizado en la estación VSAT:



**Figura 3. 9. Multiplexor NetPerformer 9230**

**Fuente:** Training VSAT, Componentes Microondas Activos (2011, pág. 15)

En la figura la imagen del Modem Satelital presente en la estación VSAT:



**Figura 3. 10. Modem Satelital SkyWan 2570 (slave)**

**Fuente:** Training VSAT, Componentes Microondas Activos (2011, pág. 14)

En la siguiente imagen la representación de la antena satelital perteneciente a la estación VSAT:



**Figura 3. 11. Antena Satelital Prodellin**

**Fuente:** Training VSAT, Componentes Microondas Activos (2011, pág. 20)

### 3.2.6.2 Reportes de incidencias de fallas después de la implementación VSAT

Después de hecha la implementación de la estación VSAT en el Sub Nodo Remoto Junín, se realizó el levantamiento de información de los eventos obteniéndose un nuevo reporte de incidencias de corte de la conexión del nuevo enlace satelital, registrados desde Enero a Junio del 2016; el número de eventos registrados muestra que en el mes de Enero se registraron tres cortes del enlace, así como para el mes de Febrero hubo un solo corte del enlace; se presenta un extracto de la tabla de los seis meses registrados.

**Tabla 3. 8. Reporte de caídas de conexión enlace VSAT Enero – Junio 2016**

N°	FECHA	INICIO		FIN		TIEMPO DE INOP. DE CIRCUITOS
		DIA INICIO	HORA INICIO	DIA FINAL	HORA FINAL	
1	1/01/2016	1/01/2016				
2	2/01/2016	2/01/2016				
3	3/01/2016	3/01/2016				
4	4/01/2016	4/01/2016				
5	5/01/2016	5/01/2016				
6	6/01/2016	6/01/2016				
7	7/01/2016	7/01/2016	11:27:00	7/01/2016	13:40:00	2:23:00
8	8/01/2016	8/01/2016				
9	9/01/2016	9/01/2016				
10	10/01/2016	10/01/2016				
11	11/01/2016	11/01/2016				
12	12/01/2016	12/01/2016				
13	13/01/2016	13/01/2016	13:40:00	13/07/2016	14:00:00	0:20:00
14	14/01/2016	14/01/2016				
15	15/01/2016	15/01/2016				
16	16/01/2016	16/01/2016				
17	17/01/2016	17/01/2016				
18	18/01/2016	18/01/2016				
19	19/01/2016	19/01/2016				
20	20/01/2016	20/01/2016				
21	21/01/2016	21/01/2016				
22	22/01/2016	22/01/2016				

Fuente: Elaboración Propia

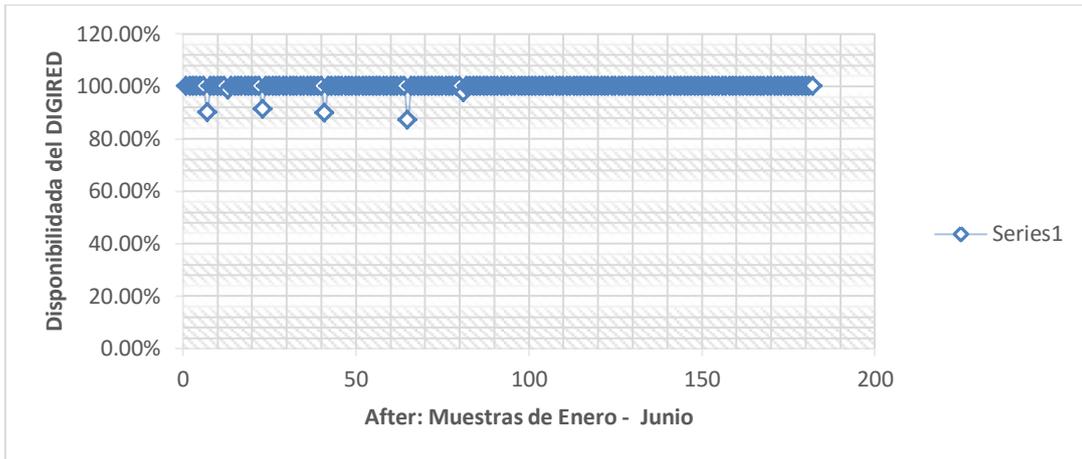
Se averiguaron las causas de las caídas registradas obteniéndose que en la mayoría de casos de corte las razones son “Condiciones climáticas”, los resultados resumen se presentan en la tabla a continuación.

**Tabla 3. 9. Extracto incidencias de corte, porcentajes de disponibilidad VSAT  
Enero-Junio 2016**

N°	FECHA	DISP. %	INDISP. %	INICIO		FIN		TIEMPO DE INOP. DE CIRCUITOS	OBSERVACIONES
				DIA INICIO	HORA INICIO	DIA FINAL	HORA FINAL		
1	1/01/2016	100.00%	0.00%	1/01/2016					
2	2/01/2016	100.00%	0.00%	2/01/2016					
3	3/01/2016	100.00%	0.00%	3/01/2016					
4	4/01/2016	100.00%	0.00%	4/01/2016					
5	5/01/2016	100.00%	0.00%	5/01/2016					
6	6/01/2016	100.00%	0.00%	6/01/2016					
7	7/01/2016	90.07%	9.93%	7/01/2016	11:27:00	7/01/2016	13:40:00	2:23:00	Falla de equipos UPS
8	8/01/2016	100.00%	0.00%	8/01/2016					
9	9/01/2016	100.00%	0.00%	9/01/2016					
10	10/01/2016	100.00%	0.00%	10/01/2016					
11	11/01/2016	100.00%	0.00%	11/01/2016					
12	12/01/2016	100.00%	0.00%	12/01/2016					
13	13/01/2016	98.61%	1.39%	13/01/2016	13:40:00	13/07/2016	14:00:00	0:20:00	Falla eléctrica en la estación terrena Lurín
14	14/01/2016	100.00%	0.00%	14/01/2016					
15	15/01/2016	100.00%	0.00%	15/01/2016					
16	16/01/2016	100.00%	0.00%	16/01/2016					
17	17/01/2016	100.00%	0.00%	17/01/2016					
18	18/01/2016	100.00%	0.00%	18/01/2016					
19	19/01/2016	100.00%	0.00%	19/01/2016					
20	20/01/2016	100.00%	0.00%	20/01/2016					
21	21/01/2016	100.00%	0.00%	21/01/2016					
22	22/01/2016	100.00%	0.00%	22/01/2016					

**Fuente:** Elaboración Propia.

Todos estos eventos de corte ocurridos durante seis meses se ordenaron en una gráfica mostrada a continuación; en donde se muestra el número de caídas versus el porcentaje de disponibilidad del enlace, que indica el número máximo y mínimo de caídas por cada mes observado.



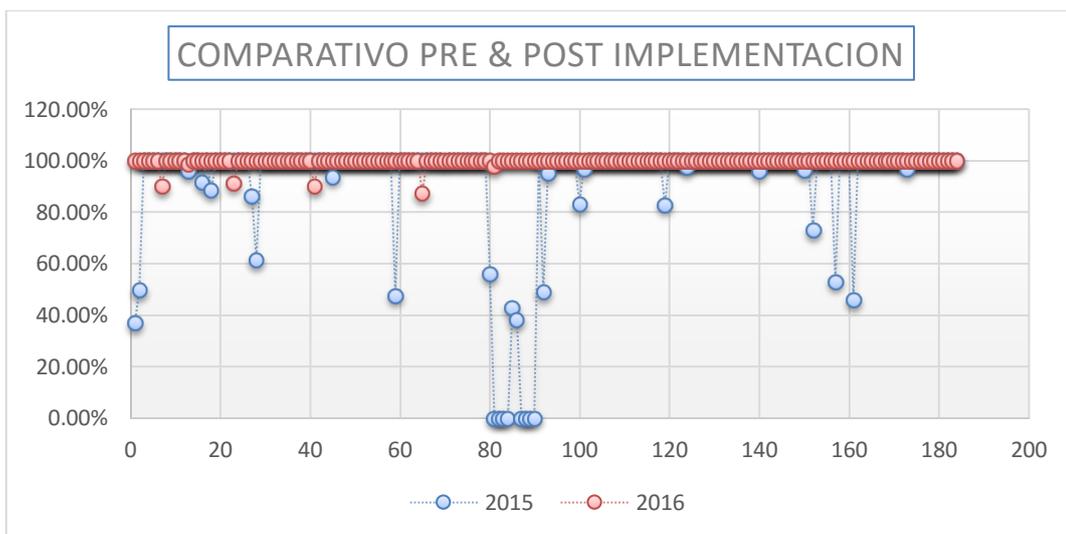
**Tabla 3. 10. Cortes vs Porcentaje de Disponibilidad del enlace VSAT.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó una comparación estadística para determinar si existe una variación significativa en la disponibilidad del enlace VSAT después de la implementación.

De acuerdo a la Grafica 3.3 se muestra un comparativo llevado a cabo para las 184 mediciones efectuadas en los 6 meses previos a la implementación del enlace VSAT (Julio a Diciembre del 2015), y 182 mediciones efectuadas después de la implementación del enlace VSAT (Enero a Junio del 2016), en este último se observa que las medias obtenidas varían considerablemente, apreciándose un notable aumento en la disponibilidad del enlace.



**Tabla 3. 11. Comparativo de disponibilidad –AFTER- implementación.**

Fuente: Elaboración Propia.

**CAPÍTULO V**

**DISCUSION DE RESULTADOS**

## 5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos antes de la implementación, muestran valores de disponibilidad que pueden llegar a ser bastante críticos; manteniendo a las comunicaciones totalmente inoperativas por lo que se tuvieron que recurrir al uso de sistemas de respaldo para restablecer la comunicación y evitar que el corte de los servicios se prolongue durante todo el día y de esa manera evitando poner en riesgo las comunicaciones aire- tierra y tierra- tierra que son necesarias en los servicios de aeronavegación.

Después de la implementación se obtienen valores de disponibilidad de una media de 99.75% obteniéndose una mejora; los cortes de servicio se dan en una escala mucho menor; no existen caídas bruscas lo cual si afectaba al servicio en la etapa previa.

La comparativa entre las 184 muestras previas y las 182 muestras posteriores a la implementación muestran una mejora del 7.62% lo cual es significativo con respecto de lo que se tuvo previamente.

**CAPITULO VI**

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## 6.1. CONCLUSIONES

- ✓ La problemática de la conexión de Junín a Lima se refiere a las dificultades que conllevan las caídas de conexión del enlace; lo que consiste en la baja disponibilidad del enlace que ocurre en ciertos periodos del mes; los cuales se deben básicamente a fallas de la red del operador; lo cual escapa al manejo que pueda realizar Corpac S.A lo que obliga a arrendar los servicios de respaldo disponibles por el operador local.
- ✓ El nivel de disponibilidad que se obtenía antes en la zona de la migración era de una media de 92.13%, llegando a tener cortes que involucraban días enteros sin servicios, teniéndose que arrendar servicios de respaldo al operador local.
- ✓ Después de la implementación del VSAT el valor de la disponibilidad llego a niveles de una media de 99.75% observándose que se dan caídas del enlace que no superan las tres horas.
- ✓ En una comparativa del nivel de mejora entre el servicio del operador local y del VSAT estos presentan una media del 92.13% y una media del 97.75% respectivamente, lo cual presenta una mejora del 7.62% lo cual equivale a una mejora significativa en la disponibilidad de los enlaces.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Continuar con las implementaciones de enlaces satelitales proponiendo tener como respaldo un nuevo enlace satelital y que sea propietario de CORPAC S.A.
- Se puede realizar una mejora de la presente investigación al elegir como Sub Nodo Remoto una estación que tenga un aeropuerto en funcionamiento y que maneje la totalidad de los servicios de aeronavegación.

**CAPÍTULO VII**

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:**

Wayne Tomasi (2003).”Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”, Cuarta Edición pag (815-827),Editorial Pearson Educación, Mexico.

Organización de Aviación Civil Internacional (2006), “Telecomunicaciones Aeronáuticas”, Volumen I, Montreal, Quebec, Canada.

Dale Stacey (2008), Aeronautical Radio Communication Systems and Networks”,Editorial Jhon Wiley & Sons Ltd, England.

Jose Manuel Huidobro Moya (2007), “Sistemas Telemáticos”, 3<sup>a</sup> Edición pag (172), Editorial THOMSON Paraninfo, Mexico.

Juan Jose Ruiz de Angulo (2009), “Los Satélites de Comunicaciones”, pag. (141),Editorial Marcombo S.A., Barcelona, España.

SEEE Ingenierie & Systemes (200) , REDAP Generalidades”, CORPAC VHF – AA y REDAP –Capacitación en Fábrica – (Version 1.0), Lima, Peru.

Jose Luis Paredes Davila, ATCO Marco Vidal Machiavello (Junio 2009) “Servicio de Aeronavegación”- Gerencia Central de Aeronavegación, CORPAC S.A , Lima, Peru

# **ANEXOS**

# Digital Link Budget

Produced using Satmaster Pro

Wednesday, April 12, 2017

Service Name	SERV_CORPAC
Coverage	IS- 14_Americas_C Band
Uplink earth station	Sub_Junin
Downlink earth station	Nodo_Lima
Satellite name	INTELSAT

Link Input Parameters	Up	Down	Units
Site latitude	11.1666S	12.0246S	degrees
Site longitude	75.916W	77.105W	degrees
Site altitude	4.45	0.034	km
Frequency	5.925	3.625	GHz
Polarization	Vertical	Vertical	-
Rain model	ITU (50.8)	ITU (25.0)	(mm/h or zone)
Availability (average year)	99.99	99.99	%
Water vapour density	9.39	12.81	gm/m3
Surface temperature	10	23	°C
Antenna aperture	1.8	3	metres
Antenna efficiency / gain	65	70	% (+ prefix dBi)
Coupling loss	0.8	0.4	dB
Antenna tracking / mispoint error	0.3	0.1	dB
LNB noise figure / temp	-	0.8	dB (+ prefix K)
Antenna noise	-	35	K
Adjacent carrier interference	25	25	dB
Adjacent satellite interference	25	25	dB
Cross polarization interference	25	25	dB
Uplink station HPA output back-off	3	-	dB
Number of carriers / HPA	1	-	-
HPA C/IM (up)	30	-	dB
Uplink power control	8	-	dB
Uplink filter truncation loss	0	-	dB
Required HPA power capability	MIN	-	W

Satellite Input Parameters	Value	Units
Satellite longitude	45W	degrees
Transponder type	TWTA	-
Receive G/T	-2	dB/K
Saturation flux density	-92	dBW/m2
Satellite attenuator pad	0.5	dB
Satellite ALC	4	dB
EIRP (saturation)	40.7	dBW
Transponder bandwidth	36	MHz
Input back off total	13	dB
Output back off total	AUTO	dB
Intermodulation interference	AUTO	dB
Number of transponder carriers	AUTO	-

Carrier/Link Input Parameters	Value	Units
Modulation	4-PSK	-
Required bit error rate performance	10 <sup>-9</sup>	-
Required Eb/No without FEC coding	12.55	dB
Required Eb/No with FEC coding	6.63	dB
Information rate	0.512	Mbps
Overhead	5	%
FEC code rate	0.793	-
Spreading gain	0	dB
Reed Solomon code	204/188	-
(1 + Roll off factor)	1.25	-
Carrier spacing factor	1.4	-
Bandwidth allocation step size	0.1	MHz
System margin	1	dB

Calculations at Saturation	Value			Units
Gain 1m <sup>2</sup>	36.91			dB/m <sup>2</sup>
Uplink C/No	98.19			dB.Hz
Downlink C/No	92.47			dB.Hz
Total C/No	91.44			dB.Hz
Uplink EIRP for saturation	71.44			dBW
General Calculations	Up	Down	Units	
Elevation	51.98	50.42	degrees	
True azimuth	72.08	71.63	degrees	
Compass bearing	75.20	73.53	degrees	
Path distance to satellite	36954.63	37050.49	km	
Propagation time delay	0.123267	0.123587	seconds	
Antenna efficiency	65.00	70.00	%	
Antenna gain	39.09	39.59	dBi	
Availability (average year)	99.99	99.99	%	
Link downtime (average year)	0.877	0.877	hours	
Availability (worst month)	99.948	99.948	%	
Link downtime (worst month)	0.379	0.379	hours	
Spectral power density	-51.67	-39.36	dBW/Hz	
Uplink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Uplink transmit EIRP	43.08	43.08	43.08	dBW
Transponder input back-off (total)	13.00	13.00	13.00	dB
Input back-off per carrier	28.36	28.36	28.36	dB
Mispoint loss	0.30	0.30	0.30	dB
Free space loss	199.25	199.25	199.25	dB
Atmospheric absorption	0.06	0.06	0.06	dB
Tropospheric scintillation fading	0.24	0.24	0.24	dB
Atmospheric losses total	0.30	0.30	0.30	dB
Total path loss (excluding rain)	199.55	199.55	199.55	dB
Rain attenuation	0.00	0.20	0.00	dB
Uplink power control	0.00	8.00	0.00	dB
Uncompensated rain fade	0.00	0.00	0.00	dB
C/No (thermal)	69.83	69.83	69.83	dB.Hz
C/N (thermal)	13.21	13.21	13.21	dB
C/ACI	25.00	25.00	25.00	dB
C/ASI	25.00	25.00	25.00	dB
C/XPI	25.00	25.00	25.00	dB
C/IM	30.00	30.00	30.00	dB
Eb/(No+Io)	11.67	11.67	11.67	dB
Downlink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Satellite EIRP total	40.70	40.70	40.70	dBW
Transponder output back-off (total)	9.04	9.04	9.04	dB
Output back-off per carrier	24.40	24.40	24.40	dB
Satellite EIRP per carrier	16.30	16.30	16.30	dBW
Mispoint loss	0.10	0.10	0.10	dB
Free space loss	195.01	195.01	195.01	dB
Atmospheric absorption	0.05	0.05	0.05	dB
Tropospheric scintillation fading	0.21	0.21	0.21	dB
Atmospheric losses total	0.26	0.26	0.26	dB
Total path loss (excluding rain)	195.27	195.27	195.27	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	0.09	dB
Noise increase due to precipitation	0.00	0.00	0.19	dB
Downlink degradation (DND)	0.00	0.00	0.28	dB
Total system noise	116.09	116.09	121.38	K
Figure of merit (G/T)	18.44	18.44	18.24	dB/K
C/No (thermal)	68.06	68.06	67.78	dB.Hz
C/N (thermal)	11.44	11.44	11.15	dB
C/ACI	25.00	25.00	25.00	dB
C/ASI	25.00	25.00	25.00	dB
C/XPI	25.00	25.00	25.00	dB
C/IM	25.00	25.00	25.00	dB
Eb/(No+Io)	10.05	10.05	9.81	dB

<b>Totals per Carrier (End-to-End)</b>	<b>Clear</b>	<b>Rain Up</b>	<b>Rain Dn</b>	<b>Units</b>
C/No (thermal)	65.85	65.85	65.68	dB.Hz
C/N (thermal)	9.22	9.22	9.05	dB
C/ACI	21.99	21.99	21.99	dB
C/ASI	21.99	21.99	21.99	dB
C/XPI	21.99	21.99	21.99	dB
C/IM	23.81	23.81	23.81	dB
C/(No+Io)	65.08	65.08	64.93	dB.Hz
C/(N+I)	8.45	8.45	8.31	dB
Eb/(No+Io)	7.78	7.78	7.63	dB
System margin	1.00	1.00	1.00	dB
Net Eb/(No+Io)	6.78	6.78	6.63	dB
Required Eb/(No+Io)	6.63	6.63	6.63	dB
Excess margin	0.15	0.15	0.00	dB

<b>Earth Station Power Requirements</b>	<b>Value</b>	<b>Units</b>
EIRP per carrier	43.08	dBW
Antenna gain	39.09	dB
Antenna feed flange power per carrier	3.99	dBW
Uplink power control	8.00	dB
HPA output back off	3.00	dB
Waveguide loss	0.8	dB
Filter truncation loss	0	dB
Number of HPA carriers	1	-
Total HPA power required	15.7879	dBW
Required HPA power capability	37.9131	W
Spectral power density	-51.67	dBW/Hz

<b>Space Segment Utilization</b>	<b>Value</b>	<b>Units</b>
Overall link availability	99.980	%
Information rate (inc overhead)	0.5376	Mbps
Transmit rate	0.7356	Mbps
Symbol rate	0.3678	Mbaud
Occupied bandwidth	0.4598	MHz
Noise bandwidth	56.63	dB.Hz
Minimum allocated bandwidth required	0.5149	MHz
Allocated transponder bandwidth	0.6000	MHz
Percentage transponder bandwidth used	1.67	%
Used transponder power	16.30	dBW
Percentage transponder power used	2.91	%
Max carriers by transponder bandwidth	60.00	-
Max carriers by transponder power	34.35	-
Max transponder carriers limited by:-	Power	[34.35]
Power equivalent bandwidth usage	1.05	MHz

# Digital Link Budget

Produced using Satmaster Pro

Wednesday, April 12, 2017

Service Name	SERV_CORPAC
Coverage	IS-14_Americas_C Band
Uplink earth station	Nodo_Lima
Downlink earth station	Sub_Junin
Satellite name	INTELSAT

Link Input Parameters	Up	Down	Units
Site latitude	12.0246S	11.1666S	degrees
Site longitude	77.105W	75.916W	degrees
Site altitude	0.034	4.45	km
Frequency	5.925	3.625	GHz
Polarization	Vertical	Vertical	-
Rain model	ITU (25.0)	ITU (50.8)	(mm/h or zone)
Availability (average year)	99.99	99.99	%
Water vapour density	12.81	9.39	gm/m3
Surface temperature	23	10	°C
Antenna aperture	3	1.8	metres
Antenna efficiency / gain	70	65	% (+ prefix dBi)
Coupling loss	0.4	0.8	dB
Antenna tracking / mispoint error	0.1	0.3	dB
LNB noise figure / temp	-	0.8	dB (+ prefix K)
Antenna noise	-	35	K
Adjacent carrier interference	25	25	dB
Adjacent satellite interference	25	25	dB
Cross polarization interference	25	25	dB
Uplink station HPA output back-off	3	-	dB
Number of carriers / HPA	1	-	-
HPA C/IM (up)	30	-	dB
Uplink power control	8	-	dB
Uplink filter truncation loss	0	-	dB
Required HPA power capability	MIN	-	W

Satellite Input Parameters	Value	Units
Satellite longitude	45W	degrees
Transponder type	TWTA	-
Receive G/T	-2	dB/K
Saturation flux density	-92	dBW/m2
Satellite attenuator pad	0.5	dB
Satellite ALC	4	dB
EIRP (saturation)	40.7	dBW
Transponder bandwidth	36	MHz
Input back off total	13	dB
Output back off total	AUTO	dB
Intermodulation interference	AUTO	dB
Number of transponder carriers	AUTO	-

Carrier/Link Input Parameters	Value	Units
Modulation	4-PSK	-
Required bit error rate performance	10^-9	-
Required Eb/No without FEC coding	12.55	dB
Required Eb/No with FEC coding	6.63	dB
Information rate	0.512	Mbps
Overhead	5	%
FEC code rate	0.793	-
Spreading gain	0	dB
Reed Solomon code	204/188	-
(1 + Roll off factor)	1.25	-
Carrier spacing factor	1.4	-
Bandwidth allocation step size	0.1	MHz
System margin	1	dB

Calculations at Saturation		Value	Units		
Gain 1m <sup>2</sup>		36.91			
Uplink C/No		98.19		dB/m2	
Downlink C/No		86.45		dB.Hz	
Total C/No		86.17		dB.Hz	
Uplink EIRP for saturation		71.30		dBW	
General Calculations		Up	Down	Units	
Elevation		50.42	51.98		degrees
True azimuth		71.63	72.08		degrees
Compass bearing		73.53	75.20		degrees
Path distance to satellite		37050.49	36954.63		km
Propagation time delay		0.123587	0.123267		seconds
Antenna efficiency		70.00	65.00		%
Antenna gain		43.85	34.83		dBi
Availability (average year)		99.99	99.99		%
Link downtime (average year)		0.877	0.877		hours
Availability (worst month)		99.948	99.948		%
Link downtime (worst month)		0.379	0.379		hours
Spectral power density		-52.28	-35.07		dBW/Hz
Uplink Calculation		Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Uplink transmit EIRP		47.23	47.23	47.23	dBW
Transponder input back-off (total)		13.00	13.00	13.00	dB
Input back-off per carrier		24.07	24.07	24.07	dB
Mispoint loss		0.10	0.10	0.10	dB
Free space loss		199.28	199.28	199.28	dB
Atmospheric absorption		0.05	0.05	0.05	dB
Tropospheric scintillation fading		0.28	0.28	0.28	dB
Atmospheric losses total		0.33	0.33	0.33	dB
Total path loss (excluding rain)		199.61	199.61	199.61	dB
Rain attenuation		0.00	0.58	0.00	dB
Uplink power control		0.00	8.00	0.00	dB
Uncompensated rain fade		0.00	0.00	0.00	dB
C/No (thermal)		74.12	74.12	74.12	dB.Hz
C/N (thermal)		17.50	17.50	17.50	dB
C/ACI		25.00	25.00	25.00	dB
C/ASI		25.00	25.00	25.00	dB
C/XPI		25.00	25.00	25.00	dB
C/IM		30.00	30.00	30.00	dB
Eb/(No+Io)		14.81	14.81	14.81	dB
Downlink Calculation		Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Satellite EIRP total		40.70	40.70	40.70	dBW
Transponder output back-off (total)		9.04	9.04	9.04	dB
Output back-off per carrier		20.11	20.11	20.11	dB
Satellite EIRP per carrier		20.59	20.59	20.59	dBW
Mispoint loss		0.30	0.30	0.30	dB
Free space loss		194.99	194.99	194.99	dB
Atmospheric absorption		0.05	0.05	0.05	dB
Tropospheric scintillation fading		0.18	0.18	0.18	dB
Atmospheric losses total		0.23	0.23	0.23	dB
Total path loss (excluding rain)		195.22	195.22	195.22	dB
Rain attenuation		0.00	0.00	0.03	dB
Noise increase due to precipitation		0.00	0.00	0.05	dB
Downlink degradation (DND)		0.00	0.00	0.07	dB
Total system noise		136.56	136.56	138.00	K
Figure of merit (G/T)		12.37	12.37	12.33	dB/K
C/No (thermal)		66.34	66.34	66.26	dB.Hz
C/N (thermal)		9.71	9.71	9.64	dB
C/ACI		25.00	25.00	25.00	dB
C/ASI		25.00	25.00	25.00	dB
C/XPI		25.00	25.00	25.00	dB
C/IM		29.29	29.29	29.29	dB
Eb/(No+Io)		8.62	8.62	8.55	dB

<b>Totals per Carrier (End-to-End)</b>	<b>Clear</b>	<b>Rain Up</b>	<b>Rain Dn</b>	<b>Units</b>
C/No (thermal)	65.67	65.67	65.61	dB.Hz
C/N (thermal)	9.04	9.04	8.98	dB
C/ACI	21.99	21.99	21.99	dB
C/ASI	21.99	21.99	21.99	dB
C/XPI	21.99	21.99	21.99	dB
C/IM	26.62	26.62	26.62	dB
C/(No+Io)	64.99	64.99	64.93	dB.Hz
C/(N+I)	8.36	8.36	8.31	dB
Eb/(No+Io)	7.68	7.68	7.63	dB
System margin	1.00	1.00	1.00	dB
Net Eb/(No+Io)	6.68	6.68	6.63	dB
Required Eb/(No+Io)	6.63	6.63	6.63	dB
Excess margin	0.05	0.05	0.00	dB

<b>Earth Station Power Requirements</b>	<b>Value</b>	<b>Units</b>
EIRP per carrier	47.23	dBW
Antenna gain	43.85	dB
Antenna feed flange power per carrier	3.37	dBW
Uplink power control	8.00	dB
HPA output back off	3.00	dB
Waveguide loss	0.4	dB
Filter truncation loss	0	dB
Number of HPA carriers	1	-
Total HPA power required	14.7744	dBW
Required HPA power capability	30.0220	W
Spectral power density	-52.28	dBW/Hz

<b>Space Segment Utilization</b>	<b>Value</b>	<b>Units</b>
Overall link availability	99.980	%
Information rate (inc overhead)	0.5376	Mbps
Transmit rate	0.7356	Mbps
Symbol rate	0.3678	Mbaud
Occupied bandwidth	0.4598	MHz
Noise bandwidth	56.63	dB.Hz
Minimum allocated bandwidth required	0.5149	MHz
Allocated transponder bandwidth	0.6000	MHz
Percentage transponder bandwidth used	1.67	%
Used transponder power	20.59	dBW
Percentage transponder power used	7.82	%
Max carriers by transponder bandwidth	60.00	-
Max carriers by transponder power	12.79	-
Max transponder carriers limited by:-	Power	[12.79]
Power equivalent bandwidth usage	2.82	MHz

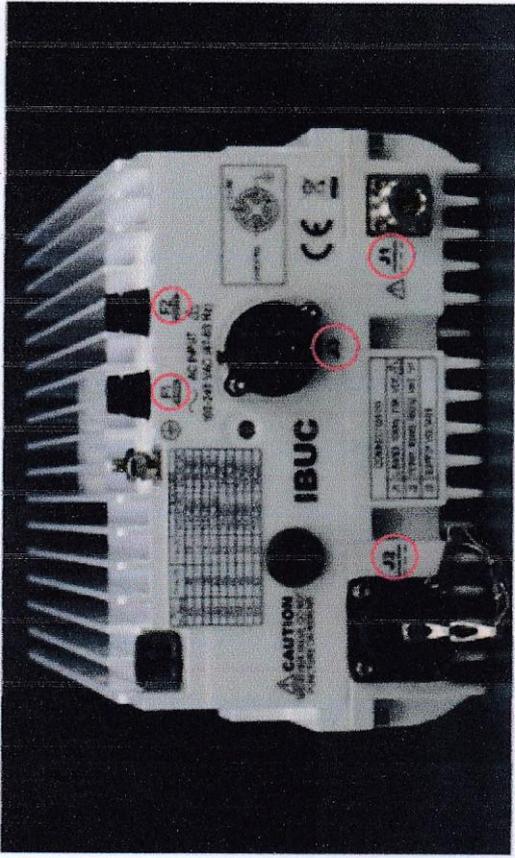
# BUC & SSPA: TERRASAT IBUC 10 Watts (1)



- El BUC & SSPA usado en el proyecto VSAT es el IBUC de TERRASAT de 10Watt. Las principales características del equipo son:

Transmit Frequency Plans VSAT es de

Signal	Standard C-band
L-band	950 MHz to 1525 MHz
LO frequency	7.375 GHz
RF frequency	5.850 GHz to 6.425 GHz
Output Power	5, 10, 20, 25, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 W3Hz



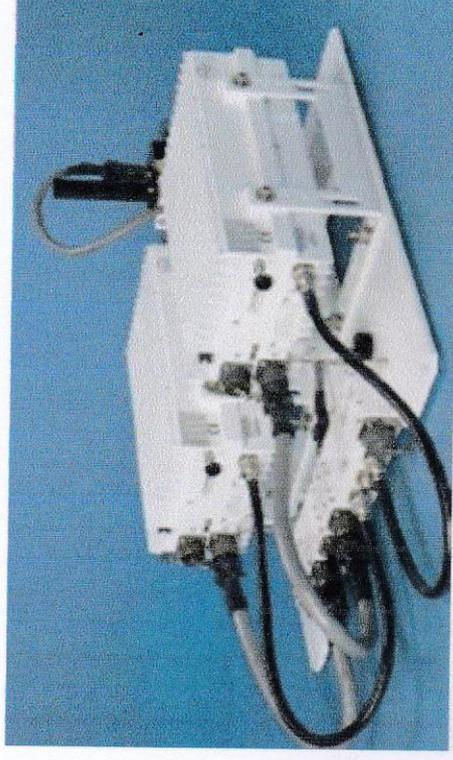
- Entrada AC: Universal 100-240 VAC
- IFL BANDA-L para cubrir todo el BW del satélite

- J1: IF Banda L (Conector tipo N)
- J2: Interface COM & Redundancia
- J3: AC Input

## BUC & SSPA: TERRASAT IBUC 10 Watts (2)

El Sistema IBUC de TERRASAT para la VSAT es de configuración redundante e incluye:

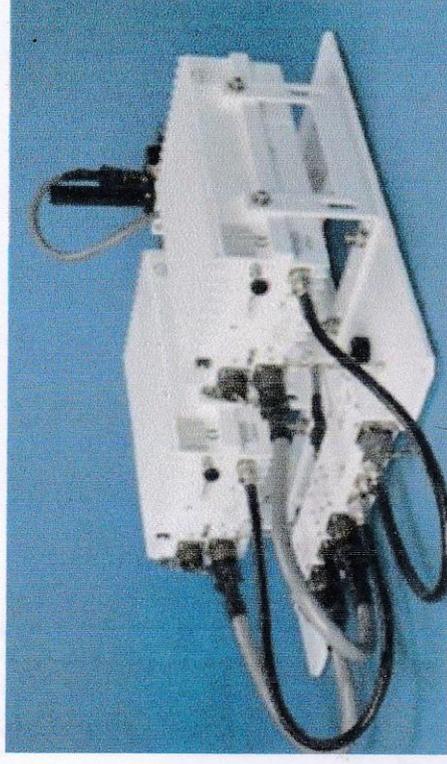
- Dos IBUC de 10 Watt banda-C estándar
- Un Controlador de Redundancia TX 1+1
- Un Conmutador de Guía de Onda (WGS)
- Una carga Fantasma
- Plomería



## BUC & SSPA: TERRASAT IBUC 10 Watts (3)

### Otras Características del IBUC son:

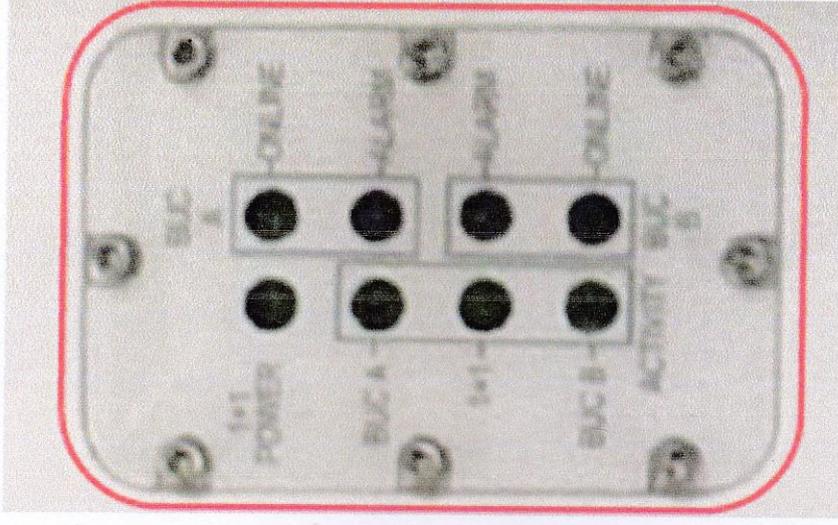
- Salida Banda-C estándar 5850-6425 MHz
- Inversión Espectral
- SSB PHASE NOISE -70dBc/Hz @ 100Hz
- Espurios -70dBc, Armónicos -50dBc
- LO 7375 MHz
- IMD3 (2 portadoras) 3dB TOBO -27dBc
- Guía de Onda salida CPR-137G
- Potencia salida P1dB +40dBm (10 Watts)
- Referencia interna
- IFL banda-L de 50 Ohm 950-1525 MHz
- Potencia entrada Banda-L -20 a -55 dBm
- Ganancia (Att = 0dB) 71dB
- Atenuador programable 0-16dB pasos de 0.1dB
- Medidor de nivel de potencia de entrada y de salida
- Medidor de Temperatura interna
- Medidor de Alimentación V/I
- Fuente de Poder interna
- Puerta de monitoreo RS232 y Ethernet/IP y HTTP
- Alarmas y umbrales de decisión programables
- Conmutación de redundancia Automática y Manual



## BUC & SSPA: TERRASAT IBUC 10 Watts (5)

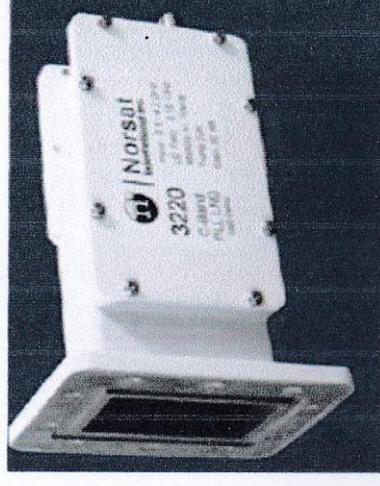
### Indicadores luminosos del Control de Redundancia TX 1+1

- 1+1 Power: Controlador está alimentado del IBUC
- IBUC-A Activity: actividad Ethernet IBUC-A
- 1+1 Activity: Ethernet Activity en interface de usuario
- IBUC-B Activity: Actividad Ethernet IBUC-B
- IBUC-A ONLINE: IBUC-A está transmitiendo al satélite
- IBUC-A ALARM: Rojo indica Alarma Mayor en IBUC-A, Verde OK
- IBUC-B ALARM: Rojo indica Alarma Mayor en IBUC-B, Verde OK
- IBUC-B ONLINE: IBUC-B está transmitiendo al satélite

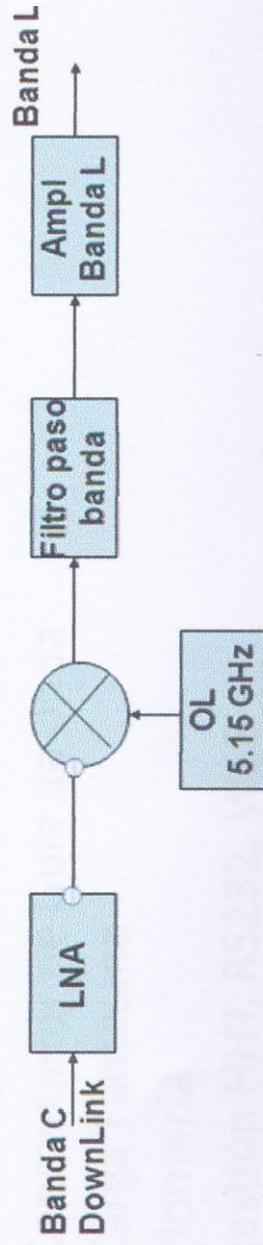


## LNB y Controlador Rx 1+1 (1)

- El Low Noise Block (LNB) usado en la VSAT es el NORSAT 3120N
- Características:
  - ✓ frecuencia de Entrada 3.40-4.20 GHz banda-C estándar
  - ✓ Guía de Onda de Entrada: CPR229G banda-C
  - ✓ LO 5.15 GHz, estabilidad +/-2 KHZ
  - ✓ Frecuencia de Salida 950-1750 MHz banda-L, 50 Ohm N
  - ✓ Referencia interna 0.4 ppm
  - ✓ Te 20°K
  - ✓ Ruido de Fase: -73dBc @ 1KHz
  - ✓ Ganancia de Conversión: 62 dB
  - ✓ P1dB +9dBm
  - ✓ Energía DC: cable IFL 15-24 VDC / 330ma
  - ✓ indicadores: ninguno.



# LNB y Controlador Rx 1+1 (2)





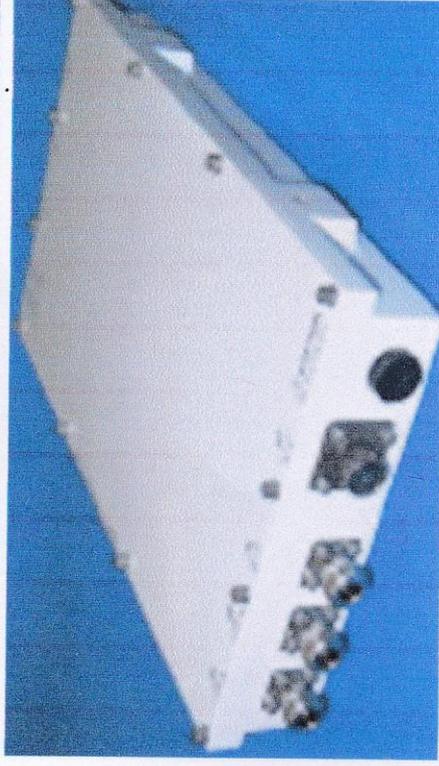
## LNB y Controlador Rx 1+1 (4A)

- El Sistema VSAT RX es redundante y comprende:
  - ✓ Dos LNB NORSAT 3120N
  - ✓ Controlador de redundancia
  - ✓ Conmutador de Guía de onda
  - ✓ Carga fantasma
  - ✓ Plomería
  - ✓ gestión HHT, RS232, WEB

## Los valores por defecto de fábrica son

IP Address 192.168.1.254  
IP Gateway 192.168.1.1  
Subnet Mask 255.255.255.0  
Telnet Port 23

front panel

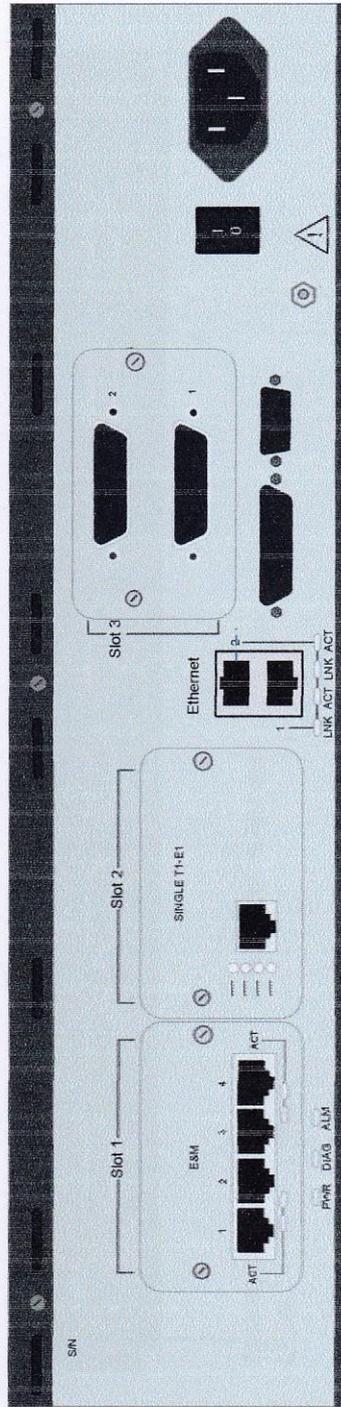


rear panel

# Multiplexor Frame Relay - 9230



- Multiplexor Frame Relay - "serial expander"
- Modelo NETPERFORMER 9230:
- 3 tarjetas hijas. En nuestra aplicación:
  - > Serial doble universal (1 máximo)
  - > E1 simple o doble
  - > E&M quad
  - > FXS doble o quad
- 2 puertos Eth
- Un puerto serial universal (HD 26)

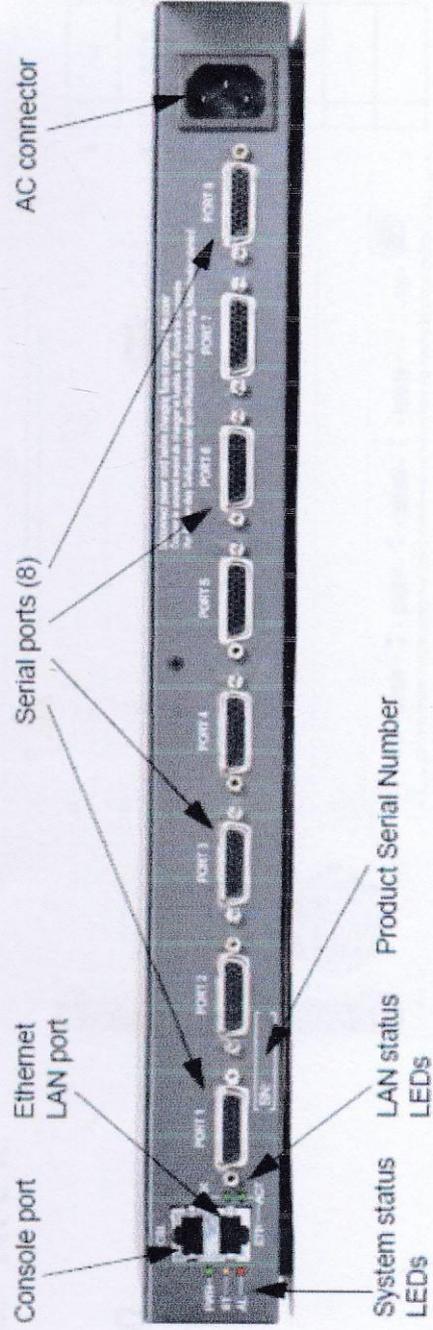
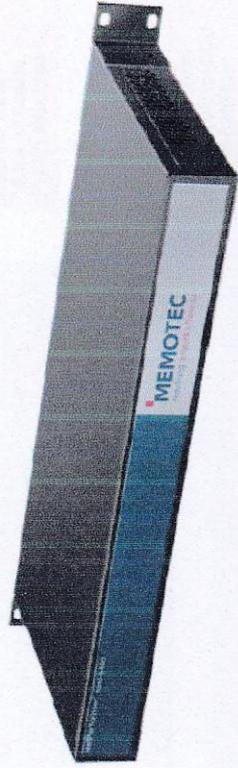


# Multiplexor Frame Relay - 8400

- Multiplexor Frame Relay – “serial expander”
- Modelo NETPERFORMER 8400:
- 8 o 4 puertos seriales universales (HD 26).
  - > Protocolos utilizados en este proyecto:
    - > V35 (M34)
    - > V24 (DB25)
    - > X21 (DB15)

• 1 puerto Eth

• Puertos seriales



# Modem satelital - Skywan

- **Modem TDMA:**

Time Division Multiple Access

→ Acceso múltiple por división de tiempo

- **Dos portadoras utilizadas por necesidad de ancho de banda y de tamaño RF.**

- **Funciones de enrutamiento FR e IP**

- **Hasta 4 puertos seriales**

- **Modem Master: IDU 7000**

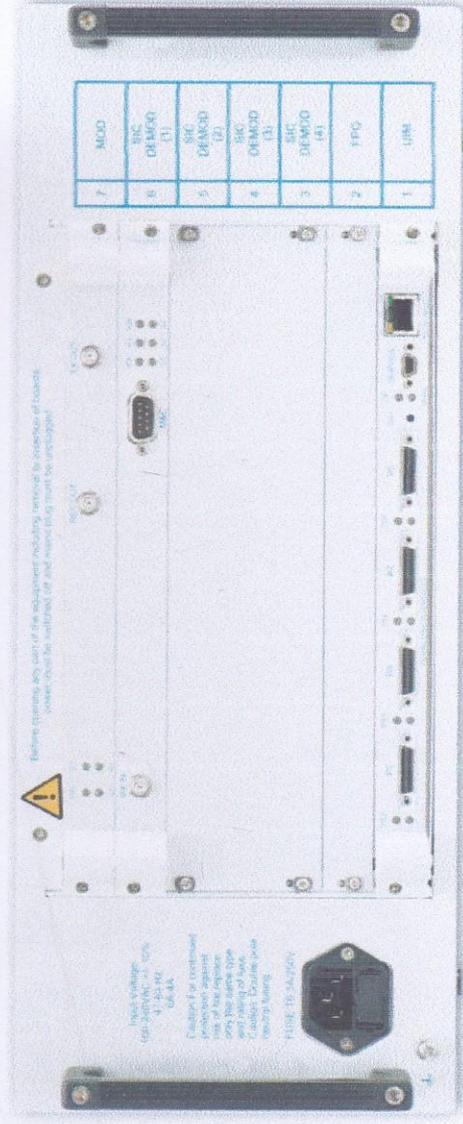
- **Modem esclavo: IDU 2570**



**IDU 7000**  
Master or Slave  
7 Slots for Boards  
IP & FR Interfaces

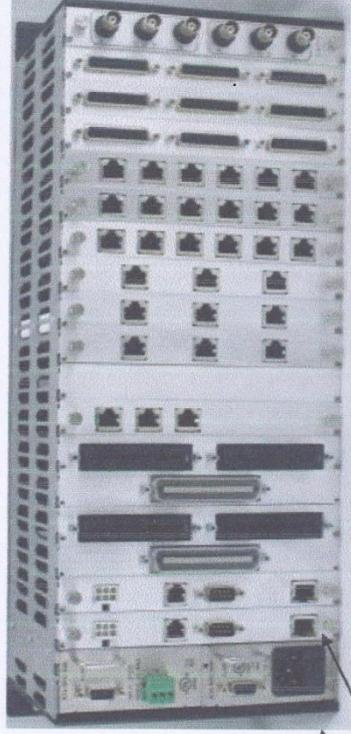
**IDU 2070**  
Slave only  
3 Slots for Boards  
Power supply for QDU  
IP & FR Interfaces

**IDU 2570**  
Like IDU 2070 without  
QDU power supply



## Sistema de Conmutación y de Redundancia

**INEO**  
GDF SVEZ



- Sistema de redundancia física
- Dos entradas por aplicación , una salida para la conexión del usuario  
→ Tarjeta A/B
- Dos tarjetas de potencia en redundancia
- Una tarjeta de control
- 16 tarjetas A/B
- Sistema "Fail Safe" en caso de falla: la configuración queda fija