

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE INGENIERIA.



SITUACIÓN ACTUAL  
Y PERSPECTIVAS  
TECNOLÓGICAS  
DEL SISTEMA  
E - MEXICO



---

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN TELECOMUNUCACIONES

P R E S E N T A N:

JOSE LUIS BAÑOS GONZÁLEZ.

PORFIRIO FRANCISCO RAMÍREZ HERNÁNDEZ.

LILIAN HERNANDEZ RUIZ GAYTAN.

DIRECTOR DE TESIS  
DR SALVADOR LANDEROS AYALA

MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Dedicado a:*

*José Luis Baños.  
Ma. del Carmen González Tápia.*

*Por el haber puesto en mi una semilla de valores y principios, que con amor y cariño, la han sabido cuidar. El día de hoy ha crecido hasta formarme en el hombre que soy, ahora humildemente me presento ante ustedes a decirles gracias papas.*

*Gracias por todos y cada uno de los sacrificios que han hecho por mi.*

*Gracias por toda la comprensión que he tenido de ustedes.*

*Gracias por haber tenido toda la sabiduría en haber sido firmes con migo cuando fue necesario.*

*Gracias por todo el conocimiento que siempre me han brindado.*

*Por que el verdadero logro de mi preparación profesional y la culminación de esta tesis ha sido de ustedes y se que jamás les podré regresar todo el amor y empeño que han puesto en mi.*

*Gracias, muchas gracias por todo.*

*Lo único que me resta decirles es: ¡PONE!*

*"The force is strong in your family".*

*Ma. Teresa Baños González.*

*Por más difícil que fue tu ausencia, no hubo mejor forma de impulsarme y de demostrarme hasta donde se puede llegar, estoy muy orgulloso de ti.*

*Gracias por apoyarme y creer en mi en todo momento hermana Te quiero mucho.*

*"Sister...you have a twin, sister"*

*Este trabajo lo he realizado en su honor.*

## *Agradecimientos:*

*A la UNAM*

*Que desde temprana edad, me enseñó lo que significa ser y tener espíritu puma, pese, a quien le pese.*

*Trabajaré muy duro por ti mi universidad porque no solo te estoy endeudado, sino también muy agradecido.*

*A mis Profesores*

*Quienes no solo me prepararon académicamente, sino que también me brindaron su amistad.*

*A la Coordinación General del Sistema Nacional e-México*

*En especial a M.C. Jorge Carlos Marentes e Ing. Jorge Fabio De León López.*

*A Armando López Rodríguez*

*Quien me demostró que la mejor enseñanza no viene de un libro, sino de un amigo.*

*A el Dr. Salvador Landeros Ayala*

*Quien me invito a trabajar en este proyecto.*

*A mis compañeros de tesis*

*Porfirio y Lilian quienes se embarcaron en esta gran experiencia, espero que a ustedes también les haya sido grato trabajar en este proyecto .*

*A mis amigos y compañeros de la Facultad.*

*¡México pumas universidad ! ¡Goooooooooya Goooooooooya ...!*

*Jose Luis Baños González.*



*Principalmente quiero dedicar esta tesis a mis padres, porque gracias a su ejemplo y a su cariño, he podido ser feliz y concluir satisfactoriamente cada meta que me he propuesto.*

*La paciencia de mi papá y los cuidados de mi mamá me enseñaron a ser responsable al brindarme su apoyo.*

*También se la dedico a mis hermanos, Javier y Mónica, quienes en todo momento escucharon mis inquietudes y me apoyaron al compartir sus cosas para facilitar la realización de la misma.*

*A todos ustedes, gracias por creer en mí.*

*Lilian Hernández*

*Agradezco a mis Padres por su apoyo en los momentos difíciles de la vida, sin ellos no sería lo que soy.*

*A mi hermana Chris que estuvo cerca de mí estos años, aprendí mucho de ti, gracias.*

*A mis amigos, con ustedes compartí muchos momentos felices de mi vida, los quiero.*

*A esta Universidad, que con sus posibilidades infinitas me cobijó; disfrute mucho mi paso por ella; estoy en deuda.*

*A aquellos Profesores que me inspiraron para seguir con mi carrera.*

*A mis compañeros de tesis Lillian y José Luis, gracias por su paciencia, así como al Dr. Salvador Landeros por ser parte de esto.*

*Agradecimientos a la Coordinación General del Sistema Nacional e-México, M.C. Jorge Carlos Marentes e Ing. Jorge Fabio De León López.*

*A todas las personas bonitas que compartieron conmigo estos años, mil gracias.*

*Porfirio Francisco Ramírez Hernández*

## INDICE

OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS PARTICULARES	1
JUSTIFICACIÓN	
INTRODUCCIÓN	2
<b>1.SISTEMA NACIONAL E-MEXICO</b>	<b>4</b>
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	5
1.3 OBJETIVO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	6
1.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	6
1.5 VISION Y PRIORIDADES DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	7
1.6 EJES RECTORES PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	8
1.7 SERVICIOS BÁSICOS	9
1.8 PORTAL E-MÉXICO	10
1.9 CENTRO DE DATOS	9
1.10 CENTROS COMUNITARIOS DIGITALES	11
1.11 PATROCINADORES	13
1.12 CONTENIDOS	13
<b>2. TECNOLOGÍA SATELITAL</b>	<b>15</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS SATELITES	15
2.2 SUBSISTEMAS SATELITALES	17
2.3 BANDAS UTILIZADAS	18
2.4 SISTEMAS SATELITALES EN MEXICO	21
2.5 SISTEMA PANAMSAT	24
2.5.1 PRINCIPALES CLIENTES DE PANAMSAT	25
2.5.2 RED GLOBAL	26
2.5.3 FLOTA SATELITAL DE PANAMSAT	26

2.5.4 TELEPUERTOS Y CENTRO DE OPERACIONES DE RED	27
<b>2.6 SERVICIOS GLOBALES. RECONOCIMIENTO GLOBAL</b>	<b>28</b>
2.6.1 MÚLTIPLES CANALES POR PORTADORA	28
2.6.2 SERVICIO DE INTERNET VIA SATÉLITE	29
2.6.3 SERVICIOS DE TRANSMISIÓN	29
2.6.4 VSAT. REDES PRIVADAS	29
<b>2.7 SATÉLITE GALAXY III C</b>	<b>30</b>
<b>3. TÉCNICAS DE ACCESO SATELITAL</b>	<b>33</b>
<hr/>	
<b>3.1 TIPOS DE MODULACIÓN</b>	<b>33</b>
3.1.1 MODULACIÓN BPSK	34
3.1.2 MODULACIÓN QPSK	35
<b>3.2 MULTIPLEXAJE Y DEMULTIPLEXAJE</b>	<b>35</b>
<b>3.3 TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE</b>	<b>36</b>
<b>3.4 SISTEMAS FDMA</b>	<b>38</b>
3.4.1 MCPC	38
3.4.2 SCPC	39
<b>3.5 SISTEMAS TDMA</b>	<b>40</b>
3.5.1 TDMA DE BANDA ANGOSTA	44
3.5.2 TDMA CON CONMUTACIÓN EN EL SATÉLITE	44
<b>3.6 CDMA</b>	<b>45</b>
<b>3.7 MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE ALEATORIO POR DIVISIÓN DE TIEMPO (ALOHA)</b>	<b>46</b>
3.7.1 ALOHA RANURADO	46
3.7.2 ALOHA RESERVADO	48
<b>3.8 CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN</b>	<b>48</b>
3.8.1 ARQ	48
3.8.2 FEC	49
<b>3.9 CONSIDERACIONES PARA LA INGENIERÍA DEL SISTEMA</b>	<b>51</b>
<b>4. CONCEPTOS GENERALES DE UNA RED VSAT</b>	<b>52</b>
<hr/>	
<b>4.1 EQUIPOS DE UNA VSAT</b>	<b>53</b>
4.1.1 UNIDAD EXTERNA (ODU)	54
4.1.2 UNIDAD INTERNA (IDU)	54

<b>4.2 ESTACIÓN MAESTRA (HUB) DE UNA VSAT</b>	<b>55</b>
<b>4.3 ESTACIONES TERMINALES REMOTAS DE UNA RED VSAT</b>	<b>56</b>
4.3.1 UNIDAD EXTERNA (ODU)	56
4.3.2 UNIDAD INTERNA (IDU)	58
<b>4.4 PROCESOS DE RADIOFRECUENCIAS</b>	<b>58</b>
4.4.1 EQUIPO DE RECEPCIÓN	59
4.4.2 EQUIPO DE TRANSMISIÓN	61
<b>4.5 PROCESOS DE COMUNICACIÓN</b>	<b>62</b>
4.5.1 FRECUENCIA DE TRASLACIÓN	62
4.5.2 AMPLIFICACIÓN, FILTRADO Y ECUALIZACIÓN	63
4.5.3 MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN	63
4.5.4 TERMINALES DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO	63
<b>4.6 TOPOLOGÍAS DE UNA RED VSAT</b>	<b>65</b>
<b>4.7 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DE UNA RED VSAT</b>	<b>66</b>
<b>4.8 GENERALIDADES DE UNA RED VSAT</b>	<b>67</b>
4.8.1 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE UNA RED VSAT	67
4.8.2 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LA ESTACIÓN MAESTRA DE UNA VSAT	67
<b>4.9 APLICACIONES DE UNA RED VSAT</b>	<b>68</b>
<b>4.10 VENTAJAS DE UNA RED VSAT</b>	<b>69</b>
<b>5. SEGMENTO ESPACIAL</b>	<b>70</b>
<hr/>	
<b>5.1 ENLACE SATELITAL</b>	<b>70</b>
5.1.1 RADIACIÓN DEL LÓBULO LATERAL	72
5.1.2 DENSIDAD DE FLUJO DEL PUNTO RECEPTOR Y PIRE	72
5.1.3 PÉRDIDA DE POTENCIA POR PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE	75
5.1.4 ATENUACIÓN $L_{E1}$ EN FUNCIÓN DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TERRENA CON RESPECTO AL SATÉLITE	76
5.1.5 ATENUACIÓN POR ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA	77
5.1.6 ATENUACIÓN POR LLUVIA $L_A$	79
5.1.7 PÉRDIDAS ADICIONALES	81
<b>5.2 ANÁLISIS DE RUIDO</b>	<b>82</b>
5.2.1 TEMPERATURA DE RUIDO DE LA ANTENA	82
5.2.2 RUIDO TÉRMICO	83
5.2.3 RUIDO DE INTERMODULACIÓN	84
5.2.4 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO	85

---

**6. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA NACIONAL E-MEXICO** **87**

<b>6.1 PANORAMA TÉCNICO</b>	<b>87</b>
<b>6.2 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE CONECTIVIDAD CON LA RED</b>	<b>88</b>
<b>6.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA</b>	<b>88</b>
<b>6.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SERVICIO DE CONECTIVIDAD CON LA RED</b>	<b>89</b>
<b>6.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO</b>	<b>91</b>
6.5.1 CENTRO DE OPERACIÓN DE LA RED (NOC)	92
6.5.2 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN, MONITOREO Y CONTROL (NMS)	92
6.5.3 MÓDULO DE ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS (MAU)	94
6.5.4 PROCESAMIENTO AVANZADO	96
<b>6.6 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO</b>	<b>96</b>
<b>6.7 ARQUITECTURA DE LA RED</b>	<b>97</b>
<b>6.8 DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN TERRENA MAESTRA</b>	<b>97</b>
<b>6.9 REQUERIMIENTOS DE LOS SISTEMAS</b>	<b>98</b>
<b>6.10 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES TERRENAS TERMINALES (ETTs)</b>	<b>99</b>
6.10.1 EQUIPO INTERIOR	100
6.10.2 EQUIPO EXTERIOR	100
6.10.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS TERMINALES	100
<b>6.10 SEGMENTO ESPACIAL</b>	<b>100</b>
6.11.1 TÉCNICAS DE ACCESO	100
6.11.2 CAPACIDAD DE LA RED	101
6.11.3 CÁLCULOS DE ENLACE	101
<b>6.12 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTACIÓN TERRENA MAESTRA</b>	<b>101</b>
<b>6.13 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS TERMINALES</b>	<b>105</b>
<b>6.14 CONECTIVIDAD AL HUB CENTRAL</b>	<b>108</b>
<b>6.15 PRUEBAS DE SERVICIOS Y PROTOCOLOS</b>	<b>109</b>
<b>6.16 VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN</b>	<b>110</b>

---

**7. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA RED SATELITAL E-MÉXICO** **111**

<b>7.1 DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LAS VSATS EN E-MÉXICO</b>	<b>111</b>
7.1.1 ARQUITECTURA Y TOPOLOGÍA DE LA RED LINKSTAR	112
7.1.2 ESTACIÓN TERRENA MAESTRA	113
7.1.3 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL (NMS)	114

7.5.4 ESTACIONES TERMINALES REMOTAS	114
7.5.5 ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES DE LINKSTAR EN E-MÉXICO	115
7.5.6 VENTAJAS DEL SISTEMA LINKSTAR	117
7.5.7 APLICACIONES DEL SISTEMA LINKSTAR	117
<b>7.2 ANÁLISIS DE LAS VSATS EN EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO</b>	<b>117</b>
<b>7.3 PROCESOS DE ENLACE EN LA RED SATELITAL E-MÉXICO</b>	<b>119</b>
<b>7.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED SATELITAL</b>	<b>120</b>
<b>7.5 CÁLCULOS DE ATENUACIÓN POR LLUVIA EN LA RED SATELITAL E-MÉXICO</b>	<b>123</b>
<b>7.6 CÁLCULOS DE ENLACE EN LA RED SATELITAL E-MÉXICO</b>	<b>126</b>
7.6.1 CÁLCULOS DE ATENUACIÓN POR PROPAGACIÓN	127
7.6.2 GANANCIAS Y FIGURA DE RUIDO	128
7.6.3 TEMPERATURA DE RUIDO	129
7.6.4 PÉRDIDAS POR DESAPUNTAMIENTO	131
7.6.5 FIGURA DE MÉRITO	132
7.6.6 ENLACE DE INBOUND	133
7.6.7 ENLACE DE OUTBOUND	137
<b>7.7 MARGEN DEL ENLACE</b>	<b>139</b>
7.7.1 MARGEN DEL ENLACE DE INBOUND	139
7.7.2 MARGEN DEL ENLACE DE OUTBOUND	140
<b>8. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>141</b>
<hr/>	
<b>8.1 PANORAMA ECONÓMICO</b>	<b>141</b>
<b>8.2 ANÁLISIS FINANCIERO</b>	<b>143</b>
8.2.1 COORDINACIÓN GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL E-MEXICO	143
8.2.2 PROVEEDOR DEL SERVICIO DE CONECTIVIDAD	144
<b>8.3 EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA INFRAESTRUCTURA</b>	<b>146</b>
8.3.1 NIVEL DF	148
8.3.2 NIVEL REPÚBLICA	149
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>152</b>
<hr/>	

<b>ANEXO</b>	
GLOSARIO	159
HUELLAS Y PLANES DE FRECUENCIA DEL SATÉLITE GALAXY 3C	178
NORMATIVIDAD	183
PROTOCOLO DIGITAL VIDEO BROADCASTING	192
TABLAS DE TRÁFICO	195
FOTOGRAFÍAS	201
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>206</b>



## INDICE DE FIGURAS

1.1 INTERACCIÓN DE TODOS LOS AGENTES QUE INTEGRAN EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	6
1.2 CONVERGENCIA DE LOS PARTICIPANTES EN EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	7
1.3 PRIORIDADES Y DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	8
1.4 EJES RECTORES DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	9
1.5 COBERTURA DE CENTROS COMUNITARIOS DIGITALES	11
1.6 FASES DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO EN LA REPÚBLICA MEXICANA	12
2.1 REGIONES DE LA UIT	20
2.2 MAPA PARA EL GALAXY III C	27
2.3 SATÉLITE GALAXY III C	31
2.4 SISTEMA DE PROPULSIÓN ZENIT -3SL	32
3.1 TÉCNICAS BÁSICAS DE ACCESO MÚLTIPLE	36
3.2 EFECTO DEL TRANSPONDEDOR MCPC	39
3.3 EFECTO DEL TRANSPONDEDOR SCPC	39
3.4 SISTEMA SCPC	39
3.5 EFECTO DEL TRANSPONDEDOR TDMA	40
3.6 CONCEPTO BÁSICO DE TDMA	41
3.7 TRAMA DE TDMA	41
3.8 TRANSPONDEDOR MULTISERVICIO DE TDMA DE BANDA ANGOSTA	44
3.9 TDMA CON CONMUTACIÓN EN EL SATÉLITE	45
3.10 OPERACIÓN DEL SISTEMA ALOHA	46
3.11 EJEMPLO DE UNA TRANSMISIÓN CON COLISIÓN	47
3.11 THROUGHPUT CONTRA TRAFICO EN CANALES ALOHA	47
4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS COMPONENTES DE LA RED VSAT	53
4.2 REPRESENTACIÓN DE UNA VSAT	53
4.3 UNIDAD EXTERIOR DE UNA VSAT	54
4.4 UNIDAD INTERIOR DE UNA VSAT	55
4.5 COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN MAESTRA DE UNA VSAT	55
4.6 ARQUITECTURA INTERNA DE LA ESTACIÓN MAESTRA DE UNA VSAT	56
4.7 COMPONENTES RF DEL ODU	58
4.8 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LOS PROCESOS DE RADIOFRECUENCIA	59
4.9 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL RECEPTOR	59
4.10 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO LÓGICO COMÚN	65
4.11 BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS EN UNA VSAT	66

5.1	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	70
5.2	ORGANIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA.	71
5.3	PATRÓN DE RADIACIÓN TÍPICO DE UNA ANTENA PARABÓLICA.	73
5.4	DIAGRAMA DE LA MUESTRA DE UN PATRÓN DE RADIACION.	73
5.5	PIRE Y ÁREA EFECTIVA DE RECEPCIÓN.	75
5.6	ATENUACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL SATELITE Y DE LA ESTACIÓN TERRENA.	76
5.7	ATENUACIÓN PRODUCIDA POR LA ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA, EN DIRECCIÓN AL CENIT, A UNA TEMPERATURA DE 20°C Y DENSIDAD DE VAPOR DE AGUA DE 7.5G/M <sup>3</sup> .	78
5.8	GEOMETRÍA PARA DEDUCIR LA ECUACIÓN DEL ÁNGULO $\theta$ DE ELEVACIÓN	79
5.9	DIVISIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL POR REGIONES PLUVIALES.	81
5.10	TEMPERATURA DE LA ANTENA EN FUNCIÓN DEL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL.	82
5.11	GRÁFICAS DEL DIÁMETRO ANGULAR EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA ANTENA.	83
5.12	BACK-OFF DE ENTRADA CON RELACIÓN A LA SATURACIÓN [DB]	84
5.13	CURVAS TÍPICAS DE LOS COCIENTES PARCIALES Y DEL COCIENTE TOTAL DE POTENCIAS	86
6.1	DIAGRAMA DE CONECTIVIDAD AL HUB CENTRAL.	108
6.2	DIAGRAMA DE LOS PARAMETROS DE OPERABILIDAD DE LA RED SATELITAL E-MÉXICO	109
6.1	DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE UNA VSAT, DENTRO DE LA RED SATELITAL E-MÉXICO	110
7.1	ARQUITECTURA DE UNA RED PARA UN SISTEMA LINKSTAR	112
7.2	TOPOLOGÍA DE UNA RED PARA UN SISTEMA LINKSTAR	113
7.3	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL HUB DE UNA RED LINKSTAR	114
7.4	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA LINKSTAR	114
7.5	DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA TERMINAL DE UNA RED LINKSTAR	115
7.6	DISTRIBUCIÓN DE VSATS Y ASIGNACIÓN DE PORTADORAS	120
7.7	REGIONES DE AMÉRICA DESIGNADAS POR LA CCIR, SEGÚN LA INTENSIDAD DE LLUVIA	123
7.8	ORIENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE DE ACUERDO AL MÉTODO CCIR	123
7.9	PÉRDIDAS POR DESAPUNTAMIENTO	131
7.10	ENLACE DE INBOUND	133
7.11	ENLACE DE OUTBOUND	137
8.1	NÚMERO DE COMPUTADORAS PERSONALES POR CADA 1,000 HABITANTES	142
8.2	PANORAMA DE CRECIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE CCDS	143
8.3	TENDENCIA DE GANANCIAS DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	145
8.4	RECUPERACIÓN Y GANANCIAS DENTRO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	146
8.5	ILUSTRACIÓN DE UN CCD TÍPICO	148
8.6	SISTEMA LINKSTAR DVB-RCS DE COMUNICACIÓN SATELITAL PARA TOPOLOGÍA ESTRELLA	148
8.7	PARTICIPACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL EN EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	149
8.8	PANORAMA GEOGRÁFICO QUE ABARCA EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	149
8.9	DISTRIBUCIÓN DE CCDS EN LA FASE UNO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	150

## INDICE DE TABLAS

1.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS CCDS EN FUNCIÓN DE SU PATROCINADOR	13
1.2	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DE INTEGRACIÓN DE CONTENIDOS EN LÍNEA	14
2.1	PRINCIPALES SUBSISTEMAS DEL SATÉLITE	17
2.2	BANDAS DE FRECUENCIA PARA COMUNICACIÓN SATELITAL	18
2.3	BANDAS DE FRECUENCIA PARA SERVICIOS SATELITALES	19
2.4	SATELITES MEXICANOS	24
2.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GALAXY III C	31
3.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO	37
3.2	COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO	38
3.3	TASAS DE CODIFICACIÓN	50
3.4	TASAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS UTILIZADAS EN LA PRACTICA PARA EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE	50
4.1	DIÁMETROS DE UNA ANTENA PARA UNA ESTACIÓN VSAT	57
4.2	POTENCIAS PARA EL TRANSMISOR DEL ODU	57
4.3	RELACIÓN DE LA FRECUENCIA CONTRA LA TEMPERATURA DE RUIDO	60
4.4	CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL AMPLIFICADOR DE POTENCIA	61
4.5	CLASIFICACIÓN Y TIPO DE APLICACIONES DE UNA RED VSAT	68
4.6	VENTAJAS DE UNA RED VSAT	69
5.1	MÁRGENES PARA MÉXICO DE ATENUACIÓN POR LLUVIA EN BANDA KU	80
7.1	PARÁMETROS DE GANANCIA Y TEMPERATURA DE RUIDO PARA ANTENAS EN BANDA KU	115
7.2	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA LINKSTAR	116
7.3	ATENUACIÓN POR LLUVIA PARA SATMEX 5 EN BANDA C, KU Y KA EN ALGUNOS ESTADOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA	118
7.4	TASAS DE TRANSMISIÓN EN LA PORTADORA DE IDA Y LA DE RETORNO	120
7.5	VALORES DEL TRÁFICO DE DATOS EN LA RED SATELITAL E-MÉXICO	121
7.6	VALORES DEL TRÁFICO DE TELESERVICIOS EN LA RED SATELITAL E-MÉXICO	122
7.7	PARÁMETROS PARA LA ATENUACIÓN POR LLUVIA DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	125
7.8	RESULTADOS DE ATENUACIÓN POR LLUVIA DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	125
7.9	DATOS PARA EL CÁLCULO DE ENLACE DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	126
7.10	ATENUACIÓN POR ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA PARA EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	127
7.11	ATENUACIÓN POR PROPAGACIÓN TOTAL PARA EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	128
7.12	GANANCIAS MÁXIMAS DE LAS ANTENAS DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	128
7.13	TEMPERATURA DE RUIDO DE UNA ANTENA VSAT DENTRO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	129
7.14	TEMPERATURA DE RUIDO, CON EFECTOS DE LLUVIA, DE UNA ANTENA VSAT DENTRO DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	130

7.15	TEMPERATURA DE RUIDO EN EL ENLACE DE BAJADA DE UN EQUIPO RECEPTOR	130
7.16	PÉRDIDAS POR DESAPUNTAMIENTO EN EL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	132
7.17	FACTOR DE CALIDAD DEL SATÉLITE DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	133
7.18	FACTOR DE CALIDAD DE LA ESTACIÓN TERRENA MAESTRA DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	133
7.19	FACTOR DE CALIDAD DE LAS ESTACIONES TERRENAS TERMINALES DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	133
7.20	(C/NO) DE SUBIDA DEL ENLACE DE INBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	134
7.21	(C/NO) DE BAJADA DEL ENLACE DE INBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	134
7.22	RELACIÓN DE POTENCIAS TOTALES EN EL ENLACE INBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	136
7.23	(C/NO) DE SUBIDA DEL ENLACE DE OUTBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	137
7.24	(C/NO) DE BAJADA DEL ENLACE DE OUTBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	138
7.25	RELACIÓN DE POTENCIAS TOTALES EN EL ENLACE OUTBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	138
7.26	MARGEN DEL ENLACE INBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	139
7.27	MARGEN DEL ENLACE INBOUND DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	140
8.1	PRESUPUESTO DEL SERVICIO DE UN ENLACE SATELITAL	144
8.2	INGRESOS Y EGRESOS DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO	144
8.3	RELACIÓN DE PRODUCTOS DENTRO DEL HUB PRINCIPAL	147
8.4	RELACIÓN DE PRODUCTOS DENTRO DE CADA CCD INSTALADO	147
8.5	PORCENTAJES DE COBERTURA DEL SISTEMA NACIONAL E-MÉXICO EN CADA ESTADO DE LA REPÚBLICA	150
A	TRÁFICO EN LA RED	196
B	TASAS TÍPICAS DE SEÑALES EN BANDA BASE	199
C	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN AMPLIFICADOR DE POTENCIA	200
D	POTENCIA ENTREGADA POR UN AMPLIFICADOR DE ACUERDO A SU TIPO	200
E	TEMPERATURA DE RUIDO PARA UN AMPLIFICADOR DE ACUERDO A SU TIPO	200

## **Objetivo General**

Revisión de la primera fase del Sistema Nacional e-México, con lo referente a su infraestructura de telecomunicaciones, con la finalidad de mejorar su utilización y aplicación.

## **Objetivos Particulares**

- Diagnóstico de la situación actual del Sistema Nacional e-México.
- Descripción funcional de la red e-México.
- Descripción y configuración de las estaciones terrenas de la red e-México.
- Servicios del Sistema Nacional e-México.
- Cálculos de enlace en la red e-México.
- Análisis de tráfico de la red e-México.
- Análisis económico de la red e-México.
- Proporcionar recomendaciones técnicas, únicamente en los ejes de conectividad y sistemas, que permitan mejorar el funcionamiento de la red e-México.

## **Justificación**

La primera etapa del Sistema Nacional e-México, requiere de una revisión técnica, que permita crear información que se emplee como instrumento crítico para optimizar la funcionalidad del sistema.

---

# Introducción

---

A lo largo de la presente tesis titulada como "Situación actual y perspectivas tecnológicas del Sistema Nacional e-México" se realizará una revisión técnica de la primera etapa del sistema; con la finalidad de conocer el alcance de sus capacidades actuales y sobre todo para poder contar con las herramientas necesarias para evaluar, de forma aproximada, sus debilidades y fortalezas.

La red de datos satelital e-México hará posible el acceso a Internet y de acuerdo a la capacidad de la red, permitirá aplicaciones tales como difusión de contenidos, telemedicina, tele-educación y telecapacitación.

De esta manera se podrá determinar, bajo diferentes parámetros, si se está cumpliendo o no, con los servicios planteados al comienzo de su implementación y que de una u otra forma, fungieron como la justificación de su desarrollo.

Básicamente, se analizará la infraestructura del sistema; para ello se necesita poner atención en aspectos como el funcionamiento general de la red satelital, descripción de la construcción y configuración de las estaciones terrenas, equipo empleado, servicios de comunicación solicitados y por ende, servicios de comunicación proporcionados, técnicas de acceso seleccionadas, servicios satelitales contratados, tamaño de las portadoras, efectos de propagación, cálculos de enlace, costos de implementación y desarrollo a futuro.

Por ello; es necesario contar con diferentes herramientas y conocimientos teóricos, que nos permitan entender cada uno de los aspectos antes mencionados, mismos que se proporcionarán a través de los siguientes ocho capítulos.

En el primer capítulo, además de definir el Sistema Nacional e-México y de presentar un esquema general de los módulos de los cuales está formado, se busca dar una idea acerca de los servicios y prioridades que éste pretende satisfacer. Por otro lado, en el capítulo dos se hace énfasis en la tecnología y sistemas satelitales más recientes, puesto que representan un elemento fundamental dentro del sistema en estudio.

Como una parte medular en el funcionamiento de cualquier sistema de comunicación satelital, es la técnica de acceso empleada, en el tercer capítulo se describen cada una de las técnicas de acceso actuales, con la finalidad de entender la técnica de acceso usada.

El capítulo cuatro describe cada una de las partes y sistemas que integran una estación terrena VSAT (tecnología utilizada en el Sistema Nacional e-México), explicando el funcionamiento y características de cada uno de los elementos que la conforman; además de justificar el uso de la misma, enfatizando las ventajas que esta tecnología ofrece sobre otras.

En el capítulo cinco, se hace mención a los parámetros de potencia, ganancia, atenuación del enlace satelital y efectos de propagación, que representan pérdidas en la señal. Estos efectos son difíciles de controlar al estar relacionados con el medio ambiente.

En el capítulo seis, se describen las bases y especificaciones técnicas sobre las que opera la red satelital e-México, que fueron incluidas como requerimientos en la licitación del proyecto. Dicha descripción se apega a la información que la Coordinación General del Sistema Nacional e-México, proporcionó a la presente investigación.

El capítulo siete consta de dos partes. La primera involucra las aplicaciones específicas de las redes VSAT en el Sistema Nacional e-México; mientras que la segunda profundiza el diagnóstico de la red satelital, mediante un estudio técnico, donde se analiza la funcionalidad del Sistema a través del dimensionamiento de la red, cálculo de enlace y margen del enlace.

Dentro del octavo capítulo, se pretende efectuar un análisis económico que nos ayude a determinar que tan redituable (económicamente hablando) resultó desarrollar el Sistema Nacional e-México a través de los medios y sectores que colaboraron para ello. Con esto, se busca hacer notar que la inversión aportada para hacer de este Sistema una realidad, es el resultado de una comprometida participación de grandes sectores políticos, culturales y tecnológicos.

Finalmente, se plantean algunas alternativas para mejorar la calidad de la transmisión y recepción de la información; así como los mecanismos y metodologías de los cuales se valen los ingenieros para comprobar su eficiencia con el único fin de explotar al máximo todos los recursos integrados en la Red Nacional de Comunicaciones e-México. También se menciona, de forma breve, a los nuevos servicios y aplicaciones que el Sistema Nacional e-México adoptará en sus siguientes fases.

De esta forma, esperamos que las sugerencias propuestas representen buenas alternativas para mejorar el funcionamiento del mismo y puedan llevarse a cabo.

No está por demás mencionar, que el proyecto aún no se ha concluido, debido a que éste cuenta con distintas fases de desarrollo y por tanto, la tesis en cuestión puede ser de gran utilidad, no sólo para los expertos en los temas aquí cuestionados, si no también para la comunidad mexicana en general.

---

# Capítulo 1

## *Sistema Nacional e-México*

---

### **1.1 Antecedentes**

Actualmente en México, a pesar del alto nivel de penetración y de los grandes avances tecnológicos que han alcanzado algunos medios electrónicos como la radio y la televisión, aun predomina un bajo nivel en el desarrollo de las telecomunicaciones y en especial, de aquellas encaminadas a propiciar la comunicación interactiva a distancia entre los habitantes del país.

Las nuevas tecnologías de información y comunicaciones (TICs), han resultado ser un vehículo idóneo para proveer a la población de diversos servicios telemáticos, tales como la intercomunicación, educación, salud, comercio, turismo, información y trámites gubernamentales, entre otros. Sin embargo; los esfuerzos que se requieren para llevar estos servicios a la mayoría de la población mexicana, han sido insuficientes hasta el día de hoy.

El hecho de que la teledensidad apenas supere un nivel de servicio del 13%, habla de que existe un nivel deficiente de conectividad; representado así, la estadística más baja dentro de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Si bien en nuestra nación el crecimiento de usuarios de Internet ha sido más acelerado que en otros países, en el año 2000, conforme a datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), se registraron poco menos de tres millones de usuarios de Internet. Ello representa 27.4 usuarios por cada mil habitantes y cinco millones de computadoras (de las cuales sólo dos millones están conectadas a Internet), que representan 51 computadoras por cada mil habitantes.

Comparadas con los Estados Unidos de América y Canadá, esta relación es de 346.6 y 413 usuarios de Internet por cada mil habitantes respectivamente.



Por otro lado, en tanto que sólo el 9.3% de 22 millones de viviendas en el interior del país, cuentan con al menos una computadora, en el Distrito Federal este indicador es del 21.6%.

Esto confirma que en México existe una amplia brecha entre un segmento de la población que tiene acceso a servicios de Internet e informática, en comparación con la gran mayoría que no se ha beneficiado de las nuevas oportunidades y servicios que ofrece esta tecnología.

A escala internacional, el indicador básico y de mayor importancia en la brecha digital, es el acceso a las telecomunicaciones. En 1998, los países de la OCDE contaban con el 65% del total de las líneas de acceso a las telecomunicaciones existentes en el mundo. En cuanto a hosts de Internet, en octubre del año 2000, los países de la OCDE acumularon el 96% de los que se encuentran activos en el mundo.

También es importante destacar que alrededor del 80% de las computadoras personales que existen en el mundo y casi el 90% de la población usuaria de Internet, se ubican en los países de la OCDE con economías más acaudaladas.

En las economías subdesarrolladas, tan solo el 0.6% de la población tiene acceso a Internet, en comparación con el 30% que se registra en Estados Unidos de América.

Esa situación, aunada al imperativo de incrementar la calidad de vida de todos los mexicanos mediante un mayor acceso a las oportunidades de desarrollo, un incremento constante de su nivel de educación y una mayor participación en la vida política, económica y cultural del país, así como la observación del grado de avance que en materia de conectividad han alcanzado otras economías similares a la mexicana, como lo son la argentina y la chilena, llevan a la sociedad mexicana a organizarse con el objeto de ampliar significativamente el nivel de conectividad existente en el país.

Se busca favorecer en especial a las familias cuyo nivel de ingreso es insuficiente para sufragar el costo de una línea telefónica y más aún para tener acceso a una línea con capacidad para transmitir contenidos digitales (datos, sonidos e imágenes), a través de la red de redes, es decir; Internet.

En términos de la infraestructura de la nueva economía, el gobierno desempeña un papel importante en la adopción generalizada de tecnología digital del país, desarrollando el Sistema Nacional e-México para que la mayor parte de la población pueda tener acceso a las nuevas tecnologías de la informática y que éstas, sean el vehículo natural que intercomunique a los ciudadanos entre sí, con el gobierno y con el resto del mundo.

## **1.2 Definición del Sistema Nacional e-México**

El Sistema Nacional e-México es el instrumento de política pública diseñado por el Gobierno de México, para conducir y propiciar la transición de México hacia la sociedad de la información y del conocimiento, diseñando los servicios digitales para el ciudadano del siglo XXI.

### 1.3 Objetivo del Sistema Nacional e-México

El Sistema Nacional e-México tiene como objetivo principal hacer que los ciudadanos, las comunidades y las regiones del país; vivan dentro de una nueva estructura de organización social. Generando la posibilidad de que los mexicanos se desarrollen en un entorno de igualdad de oportunidades de acceso al conocimiento, aprendizaje y educación a través del uso y aprovechamiento inteligente de las nuevas tecnologías por medio de una serie de contenidos en materia de educación, salud, comercio, turismo, servicios gubernamentales y de otros tipos y así, contribuir a mejorar la calidad de vida de personas y familias, abrir oportunidades para las empresas basadas en su incorporación a la nueva economía y, sobre todo, a promover un desarrollo más acelerado y equitativo entre las distintas comunidades y regiones de nuestro país, poniendo especial atención en las zonas más marginadas.

### 1.4 Descripción del Sistema Nacional e-México

El Sistema Nacional e-México es un sistema dinámico e integrador, que une los intereses de distintos niveles de gobierno en diversas entidades y dependencias públicas, de los operadores de redes de telecomunicaciones, de las cámaras y asociaciones vinculadas a las tecnologías de la información, la academia, agentes económicos, así como diversas instituciones que tienen como fin, el llevar servicios digitales de aprendizaje, salud, economía, gobierno, ciencia, tecnología y demás servicios a la comunidad.

Para lograrlo, fue necesario desarrollar los portales de cada ámbito, así como el portal principal, que permite integrar todos los contenidos que cada entidad, dependencia u organismo, entre otros, tenga disponibles en su propia plataforma; creando así un medio integrador de información y conocimiento que óptimamente esté al alcance de todo el público, de una manera fácil y rápida.

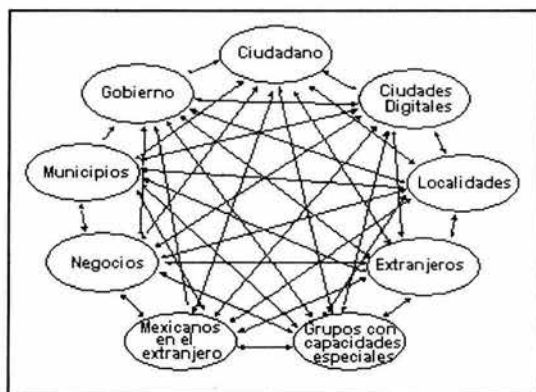


Figura 1.1 Interacción de todos los agentes que integran el Sistema Nacional e-México.

La naturaleza propia del Sistema Nacional e-México, lo convierte en un proyecto abierto, democrático y participativo; al que podrá acceder cualquier persona desde cualquier lugar, independientemente de su edad, nivel socioeconómico, lugar de residencia, credo, raza o lengua.

El Sistema Nacional e-México habrá de servir para que la población incremente su nivel de conocimiento respecto a numerosos temas, intercambie información acerca de las actividades económicas y comerciales, de los miembros de la comunidad que así lo deseen, y se informe acerca de los servicios proporcionados tanto por el gobierno federal como por los estatales y municipales; traduciéndose en un beneficio real para la sociedad.



Figura 1.2 Convergencia de los participantes en el Sistema Nacional e-México.

Evidentemente, además de la interconexión y el acceso a la información, el Sistema Nacional e-México propiciará, al hacer uso de los contenidos y servicios disponibles, una más rápida integración de la población mexicana a la sociedad de la información y del conocimiento; incrementando con ello su nivel de competitividad y acceso a las oportunidades de desarrollo.

Las redes de información apoyadas en tecnologías de banda ancha de gran capacidad, alta calidad y confiabilidad, con posibilidades de conducir señales de voz, datos y video; son una exigencia del México actual y de un futuro que requiere de esta infraestructura para lograr mayores índices de eficiencia del aparato productivo y así mejorar las oportunidades de empleo y bienestar de la población.

### 1.5 Visión y prioridades del Sistema Nacional e-México

El sistema Nacional e-México es un sistema que conduce a todos los elementos que deben de integrarlo hacia un objetivo común: la sociedad de la información y el conocimiento. Esto con el propósito de generar uniones, sumar esfuerzos y disminuir el tiempo y costo en el desarrollo del sistema.



Figura 1.3 Prioridades y desarrollo del Sistema Nacional e-México.

La infraestructura empleada para el Sistema Nacional e-México, está conformada por la creación de centros comunitarios digitales (CCDs) y por la conectividad proporcionada por el gobierno federal y los diversos operadores de redes públicas.

### 1.6 Ejes rectores para el desarrollo del Sistema Nacional e-México

Se le conoce como Ejes Rectores a las plataformas que componen el sistema y sobre las cuales está sustentado el desarrollo del mismo.

A cada uno de ellos se le denominó de la siguiente manera para poder organizar, de forma más adecuada, la creación del proyecto:

- **Conectividad:** Es la infraestructura tecnológica para fortalecer el servicio a todos los ciudadanos mexicanos, en el país y en el exterior.
- **Sistemas:** Es la infraestructura tecnológica que apoya al sistema para transportar diversos servicios digitales, o contenidos productivos, a la población en general.
- **Contenidos:** Son los servicios, en plataformas digitales integrales, en temas prioritarios para la sociedad tales como aprendizaje, capacitación, cultura, salud, comercio, economía e información de diferentes trámites en los diversos niveles de gobierno; así como también otros servicios útiles a la comunidad; como lo son la bolsa de trabajo y servicios de emergencia entre otros.
- **Capacitación e inducción:** Son los procesos que apoyan a los usuarios del sistema en su comprensión, uso inteligente y mejor aprovechamiento de las herramientas proporcionadas.
- **Apropiamiento:** Se refiere a la adopción conciente y natural de los servicios digitales por parte de la población. La aceptación del uso y aprovechamiento del sistema se considera como una práctica común y necesaria en la vida cotidiana del los mexicanos.



Figura 1.4. Ejes rectores del Sistema Nacional e-México.

## 1.7 Servicios básicos

Como se ha mencionado, el Sistema Nacional e-México busca resolver las necesidades de comunicación e información de la comunidad proporcionando los siguientes servicios:

### e-Aprendizaje

- Capacitación a maestros
- Plazas comunitarias
- Videoteca nacional educativa
- Red nacional de bibliotecas
- Apoyo al modelo de educación para la vida y el trabajo
- Impulso a la educación a distancia
- Apoyo a distancia

### e-Salud

- Telemedicina y cita médica
- Malefín médico
- Sistema automatizado de información hospitalaria
- Portal e- Salud
- Portal e-Discapacitados
- Capacitación médica continua a distancia
- Medicina del transporte

### e-Economía

- Apoyo a iniciativas de comercio electrónico
- Desarrollo de la industria de la programación
- Apoyo a servicios a pequeñas y medianas empresas
- Apoyo a cadenas productivas
- Programas conjuntos con organismos nacionales e internacionales para incrementar la productividad en micro regiones

## e-Gobierno

- Apoyo a programas de innovación gubernamental
- Apoyo a los procesos de planeación estratégica de la Administración Pública Federal
- Desarrollo de Ciudades Digitales
- Colaboración con e-Municipios y e-Estados
- Desarrollo de e-Gobierno

### 1.8 Portal e-México

El diseño de la infraestructura tecnológica y comunicaciones para proporcionar servicios efectivos, seguros y amigables; se llevan a cabo por medio del portal e-México (<http://www.e-mexico.gob.mx>), en donde el usuario puede encontrar los servicios de los portales de e-Aprendizaje, e-Salud, e-Economía, e-Gobierno, servicios municipales, estatales y federales; es decir; es la ventana del sistema hacia todos los usuarios, tanto nacionales como extranjeros.

### 1.9 Centro de datos

Es el equipamiento necesario para concentrar los sistemas, con los cuales se opera el Sistema Nacional e-México, en su primer nivel de estructura de información. También es la infraestructura tecnológica desde la cual, se establece un vínculo con el resto de los contenidos residentes en cada dependencia.

En su primera etapa, se planificó el desarrollo de una red satelital, integrada por 3200 Centros Comunitarios Digitales; hasta concluir un total, a lo largo del resto de las etapas, de 10 000 localidades con acceso a servicios digitales y de Internet. La meta para el final del año 2006 consiste en contar con una red que cubra a más del 90% de la población en la República Mexicana, y más del 95% para el año 2010 con 25, 000 localidades intercomunicadas.



Figura 1.5 Cobertura de Centros Comunitarios Digitales (CCDs).

### 1.10 Centros Comunitarios Digitales (CCDs)

Los CCDs e-México son inmuebles gubernamentales como: escuelas, bibliotecas, hospitales, palacios municipales, oficinas de correos o de telégrafos, u otros lugares específicos, donde se instalan equipos de cómputo y de comunicaciones que permiten proporcionar a la población los servicios y contenidos mencionados anteriormente y que forman parte del Sistema Nacional e-México.

La convergencia de los sistemas y servicios de telecomunicaciones, quedará plasmada de manera global en cada uno de los CCDs que se instalen durante las diferentes etapas del sistema, puesto que ahí es donde se prestarán estos nuevos servicios de comunicación e información al público en general.

Además como parte integral de la conectividad, quedará incluida la construcción de un centro de interconexión o punto neutral de acceso (NAP, por sus siglas en inglés) que permitirá el intercambio de tráfico de datos entre las redes de los operadores, haciendo más eficiente el acceso a los contenidos del Sistema Nacional e-México.

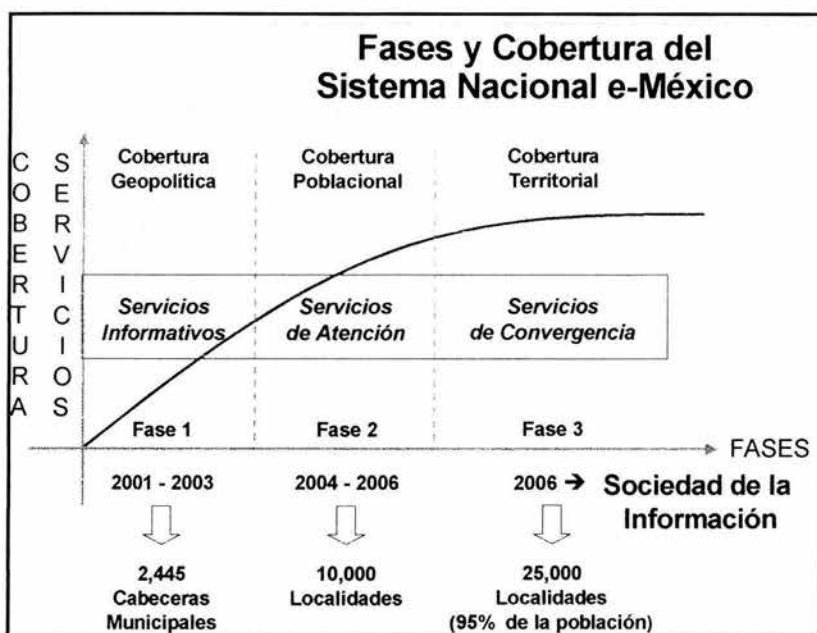


Figura 1.6 Fases del Sistema Nacional e-México en la República Mexicana.

El proyecto de instalación y operación de los CCDs contempla tres fases:

La primera, en la que se instaló (por lo menos) un centro comunitario digital en cada una de las 2 mil 445 cabeceras municipales que existen en el país, incluidas las delegaciones del Distrito Federal; la segunda, en la que se pretende abarcar a 10 mil comunidades en las que radica más del 75% de la población del país; y la tercera, en la que se buscará cubrir la mayor parte del territorio nacional. La primera fase, se desarrolló en el período 2001-2002, la segunda habrá de llevarse a cabo del 2002 al 2006 y la tercera del año 2006 en adelante.

Por su carácter social, los alcances del Sistema Nacional e-México deben trascender los límites temporales de la presente administración federal.

La ubicación de los centros comunitarios digitales, se realizó de acuerdo con las siguientes prioridades: en primer lugar, se procuró instalarlos en escuelas y bibliotecas públicas; de no lograrlo, esta instalación se efectuó en los hospitales y/o centros de salud; para finalmente considerar las oficinas de telégrafos y/o correos así como quioscos cibernéticos o similares asignados por el gobierno federal o por los gobiernos estatales y municipales.

En todos los casos, se llevaron a cabo las adaptaciones necesarias a los inmuebles, a fin de que los espacios asignados reunieran los requerimientos propios de un CCD, pudiendo incluir de cinco a diez computadoras con acceso a Internet, según el tamaño de cada comunidad. En aquellos casos en que se requiera de un mayor número de computadoras, se evaluará si se debe incrementar dicho número en el mismo local o si conviene contar con más de un CCD en la comunidad para futuras expansiones.



### 1.11 Patrocinadores

Desde el punto de vista económico, es importante tomar en consideración que las implicaciones financieras del sistema son de tal magnitud, que para su instrumentación se requirió del apoyo de organismos internacionales, empresas, instituciones educativas y donantes individuales, cuyas aportaciones garantizaron no sólo la instalación de los CCDs, sino también, su operación y mantenimiento.

Concretamente, en la infraestructura de telecomunicaciones necesaria para conectar los CCDs de la primera fase, se hizo indispensable la participación de los operadores de redes públicas concesionadas, como patrocinadores del Sistema Nacional e-México.

Es por eso, que una dependencia o institución que patrocina un CCD e-México recibe los beneficios que le proporciona el Sistema. A la fecha, en la que se elabora esta tesis, los 3200 CCDs están conformados, de acuerdo a su patrocinador, como se muestra en la siguiente tabla:

NOMBRE DEL PATROCINADOR	CCDS %
Secretaría de Educación Pública	54.3
Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA )	24.0
Secretaria para el Desarrollo Social (Sedesol)	8.9
Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED)	5.4
Secretaría de Salud (SSA)	5.2
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	2.2
Total :	100.0

Tabla 1.1 Distribución de los CCDs en función de su patrocinador.

### 1.12 Contenidos

En el eje de contenidos, el reto fue organizar y coordinar los esfuerzos de todas las entidades, dependencias, organismos, etc. del gobierno federal para ofrecer información y servicios de manera que representen una mejora en la prestación de los mismos.

Los contenidos y servicios de las instancias estatales y municipales también requirieron de esfuerzos coordinados para automatizar y poner en línea los servicios, trámites e información ofrecidos a través del Sistema Nacional e-México.

Finalmente, cabe destacar que el Sistema Nacional e-México busca integrar esfuerzos, sumar iniciativas y generar asociaciones entre los diversos sectores interesados en propiciar la unidad nacional, mejorar los niveles de conectividad y acceso de la

población a la información gubernamental, comercial, educativa, de salud y de servicios a la comunidad, de tal suerte que sea un proyecto de todos, en beneficio de la sociedad que busca el mejoramiento constante de su calidad de vida.

CONTENIDO	AÑOS					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
e-Educación	2	5	9	15	22	25
e-Salud	n.d.	4	7	11	15	18
e-Economía	n.d.	3	6	7	8	12
e-Gobierno	1	5	10	20	25	35
n.d. no disponible						

Tabla 1.2. Porcentaje de crecimiento de Integración de contenidos en línea.

## Capítulo 2

# Tecnología Satelital

---

Un satélite es considerado como un repetidor distante de microondas que recibe señales, por medio de un enlace ascendente, las cuales filtra, amplifica, procesa y modifica su frecuencia para su retransmisión.

El desarrollo en la tecnología satelital, viene acompañado del rápido crecimiento en complejidad y volumen de las actividades comerciales y de gestión; así como de la predisposición de la sociedad a aceptar y reclamar mayores facilidades para el acceso a la comunicación, puesto que dispone de fuentes de información y cultura cada vez más diversificadas como vía de progreso y de integración nacional.

### 2.1 Características esenciales de los satélites

Los satélites de comunicación pueden recibir y enviar, desde el espacio, ondas de radio en cualquier dirección que se tenga previsto en su diseño. La razón principal de la utilización de los satélites de comunicación, es su capacidad de emitir una señal que pueda recibirse con intensidad similar y simultáneamente en cualquier punto de una gran superficie geográfica o huella satelital.

De forma general las órbitas de los satélites de comunicación se pueden clasificar, de acuerdo a su altura, en:

- Órbitas bajas: A éste tipo de órbitas se les conoce como LEO<sup>1</sup> y miden aproximadamente entre 500 y 1,500 km de altura. La razón de la existencia de dicho intervalo de longitud, se debe generalmente, a que no conviene que el límite inferior sea menor, debido a razones de cobertura y a la existencia de alguna fricción atmosférica, en tanto que el límite superior, evita la proximidad del primer cinturón de Van Allen<sup>2</sup>.
- Órbitas medias: Conocidas como MEO<sup>3</sup>, por sus siglas en inglés, estas órbitas miden entre 6,000 y 11,000 km de altura. Los límites señalados permiten que los satélites

queden ubicados entre el primer y segundo cinturón de Van Allen, evitando su radiación perjudicial.

- Órbitas geoestacionarias: Se les llama GEO<sup>4</sup> y son todas aquellas órbitas que se encuentran a una altura de 35,787 km. Los satélites colocados en ellas, tienen la característica de parecer, desde las estaciones terrenas que tienen acceso a ellos, prácticamente inmóviles.
- Órbitas muy elípticas: Se les conoce también como órbitas HEO<sup>5</sup>, y permiten cubrir regiones situadas especialmente en zonas polares donde los satélites geoestacionarios no pueden dar servicio.

Un solo satélite, puede emplearse para cubrir una superficie un poco mayor a un tercio de la superficie de la tierra o para cubrir, básicamente, un solo país y aun contar con haces de emisión adicionales que cubran, con mayor intensidad, una porción menor de algún otro territorio.

La órbita ecuatorial, llamada geoestacionaria, representa un circuito virtual ubicado cerca de los 36,000 km sobre la superficie terrestre, en la cual es posible ubicar satélites que giren en sincronía con la rotación de la tierra. Debido a que existen perturbaciones que tienden a desplazar lentamente a los satélites de sus posiciones fijas en dicha órbita, para lograr que permanezcan en ellas, los propulsores del satélite aplican fuerzas de corrección, de pequeñas magnitudes, suministradas en determinados intervalos de tiempo.

La cobertura máxima de los haces de recepción y de emisión del satélite, sobre la superficie de la tierra en grados desde el ecuador o en grados desde los meridianos, es de unos 140° a 150°; por lo que un sistema de cobertura global requeriría un mínimo de tres satélites en la órbita geoestacionaria para abarcar todo el planeta, excepto las regiones polares, a las cuales sólo pueden comunicar los satélites en otras órbitas.

La principal ventaja de un satélite geoestacionario, consiste en que dentro de su zona de cobertura, puede comunicarse con estaciones terrenas que cuenten con antenas de apuntamiento fijo de haces muy concentrados; con la finalidad, de aumentar extraordinariamente tanto la potencia recibida de las señales del satélite, como la que es posible enviar en dirección del mismo. En la recepción y en la transmisión, se puede entonces tener suficiente energía radiada para una alta calidad de comunicación con el mínimo consumo del total de energía.

---

1 Low Earth Orbit

2 Como las partículas cargadas, provenientes del Sol, sufren una desviación debido al campo magnético de la Tierra, sus protones y electrones, quedan atrapados en dos cinturones de radiación existentes alrededor de la Tierra, creándose así, los dos cinturones de Van Allen. Alrededor del ecuador, éstos tienen una máxima intensidad a partir de los 2,500 Km hasta los 5,500 Km de altitud, para el primer cinturón de Van Allen, y desde los 12,000 a los 23,000 Km, para el segundo.

3 Medium Earth Orbit.

4 Geostationary Earth Orbit.

5 Highly Elliptical Orbit.

En cuanto un satélite está en condiciones de operar, se pueden instalar estaciones dentro de su zona de cobertura en un tiempo muy corto. Esta posibilidad de cobertura total, directa, inmediata y simultánea, es una de las grandes ventajas de los satélites de comunicación.

En contraste, las tecnologías como las redes de microondas y de cables de fibra óptica, aunque se extiendan por un territorio del tamaño de la huella de un satélite, tienen una cobertura de puntos específicos y dejan grandes áreas sin cubrir. Además, normalmente necesitan un programa de desarrollo que requiere muchos años para completarse, mientras que por otro lado, deben contar con estaciones de alimentación de energía y de reprocesamiento de las señales a ciertos intervalos regulares y se tienen que conectar con redes locales de distribución dentro de las ciudades.

Por ello, la comunicación por satélite es muy útil para servicios no permanentes en zonas donde aún no se prestan los servicios públicos terrestres de mayor demanda y desarrollo.

La vida útil de los satélites comerciales, destinados a la órbita geoestacionaria, actualmente es de 10 o más años. Este período es determinado, indudablemente, por la duración del combustible, el cual les permite conservar su posición en la órbita original, también el deterioro de las baterías, el deterioro de las celdas solares, o el deterioro de otras partes de la nave espacial contribuyen a su vida útil.

La vida útil de los satélites de órbitas bajas, es mucho menor que la de los satélites de la órbita geoestacionaria.

## 2.2 Subsistemas satelitales

Un satélite es un conjunto complejo formado de subsistemas, que efectúan una función en específico. Para operar, éste requiere energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos, regular su temperatura, mantenerse en equilibrio y desde luego, poder comunicarse con la Tierra.

SUBSISTEMA	FUNCIÓN
Antenas	Recibe y transmite señales de radiofrecuencia desde o hacia las zonas de cobertura deseadas.
Comunicaciones	Amplifica las señales recibidas, cambia su frecuencia y entrega dichas señales a las antenas para que éstas, las retransmitan hacia la Tierra.
Energía eléctrica	Suministra electricidad a todos los equipos, con los niveles adecuados de voltaje y corriente, bajo condiciones normales y en los casos de eclipses.
Control térmico	Regula la temperatura del conjunto, durante el día y la noche.
Posición y orientación	Determina y mantiene la posición y orientación del satélite; pero también estabiliza y orienta los paneles de células solares.
Propulsión	Proporciona incrementos de velocidad y pares de fuerza para corregir las desviaciones en posición y orientación.
Rastreo, telemetría y comando	Intercambia información con el centro de control en la Tierra para conservar el funcionamiento del satélite y por otro lado, se encarga de monitorear su estado de salud.
Estructural	Aloja todos los equipos y le da rigidez al conjunto, tanto en el lanzamiento, como en su medio de trabajo.

Tabla 2.1 Principales subsistemas del Satélite.

### 2.3 Bandas utilizadas

La parte del espectro de radiofrecuencias atribuido por la UIT<sup>6</sup> a la comunicación por satélite, para cada uno de los tipos de servicio satelital, comprende porciones en la gama de frecuencias de aproximadamente 0.1 a 400 GHz. Mas del 90% de la capacidad de comunicación para fines comerciales, se utiliza para el servicio fijo por satélite en la gama de frecuencias de 3.4 a 14.8 GHz; rangos de frecuencia pertenecientes a las llamadas bandas C y Ku. Los servicios más comunes, que se ofrecen en las bandas de frecuencia para comunicación satelital, son:

Designación	Rango aproximado de frecuencia	Servicios satelitales más usuales
VHF	31-300MHz	Mensajería
UHF	300-1000 MHz	Militares y de navegación
L	1-2GHz	Móviles y de radiolocalización
S	2-4GHz	Móviles y navegación
C	4-8 GHz	Fijos
X	8-12 GHz	Militares
Ku	12-18 GHz	Fijos y de transmisión de video
k	18-27 GHz	Fijos
Ka	27-40 GHz	Fijos y de transmisión de video intersatelital
Q/V	Mayor a 40 GHz	Fijos y de transmisión de video intersatelital

Tabla 2.2 Bandas de frecuencia para comunicación satelital.

Como hemos visto, existe una banda muy amplia para servicios satelitales. Dicha banda, también puede ser subdivida de la siguiente forma.

Designación de banda	Bandas de frecuencias GHz	Regiones	Banda exclusiva (BE) o compartida (BC)	Ascendente (A) o Descendente (D)
C	3.400-4.200	WW	BC	D
	4.500-4.800	WW	BC	D
	5.725-5.850	R1	BC	A
	5.850-7.075	WW	BC	A
X	7.250-7.750	WW	BC	D
	7.900-8.025	WW	BC	A
	7.900-8.400	WW	BC	A
Ku	10.70-11.75	WW	BC	D
	11.70-12.10	R2	BC	D
	12.10-12.20	R2	BE	D
	12.50-12.70	R1	BE	D
	12.50-12.70	R3	BC	D
	12.70-12.75	R1	BE	D
	12.70-12.75	R2 y R3	BC	D
	12.75-13.25	WW	BC	A
	13.75-14.30	WW	BC	A
	14.30-14.40	R2	BC	A
	14.30-14.40	R1 y R3	BE	A
	14.40-14.50	WW	BC	A

<sup>6</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Designación de banda	Bandas de frecuencias GHz	Regiones	Banda exclusiva (BE) o compartida (BC)	Ascendente (A) o Descendente (D)
Ka	17.30-19.70	WW	BC	A
	19.70-20.10	R1 y R3	BE	D
	19.70-20.10	R2	BC	D
	20.10-21.20	WW	BC	D
	24.75-25.25	R2 y R3	BE	D
	27.00-27.50	R2 y R3	BC	A
	27.50-28.50	WW	BC	A
	28.50-29.90	R2	BC	A
	28.50-29.90	R1 y R3	BE	A
29.90-31.00	WW	BE	A	

Tabla 2.3 Bandas de frecuencia para servicios satelitales.

Sin embargo, a pesar de visualizarse como un recurso extremadamente grande, en realidad es muy limitado y la disponibilidad orbital es aparente debido a que la solicitud de registro de los países interesados ante la UIT, va en aumento, así como la asignación por país a las empresas de comunicaciones interesadas; lo que genera, que a mediano plazo no se cuenten con asignaciones disponibles.

México ha tomado ciertas medidas y cuenta con varias publicaciones anticipadas. Si dichas publicaciones no proceden con un proyecto económica y técnicamente viable, la asignación orbital pasará a otro solicitante. Por ello, México deberá acelerar los procesos de notificación y asignación a las empresas interesadas, ya que los Estados Unidos, prácticamente, han asignado para dicho país, la totalidad del arco orbital sobre Estados Unidos, Canadá y México.

Con el fin de planificar, atribuir y asignar las bandas de frecuencia, de manera tal que todos los países puedan compartir este recurso limitado en forma adecuada, la UIT ha dividido al mundo en tres Regiones:

- Región 1: Abarca África, Europa, los países Árabes, y los países que anteriormente constituían la URSS.
- Región 2: Abarca los países de América.
- Región 3: Incluye Asia y Oceanía, existiendo algunas diferencias menores en la atribución de frecuencias para cada región.

Dichas regiones se refieren a las zonas geográficas indicadas a continuación.

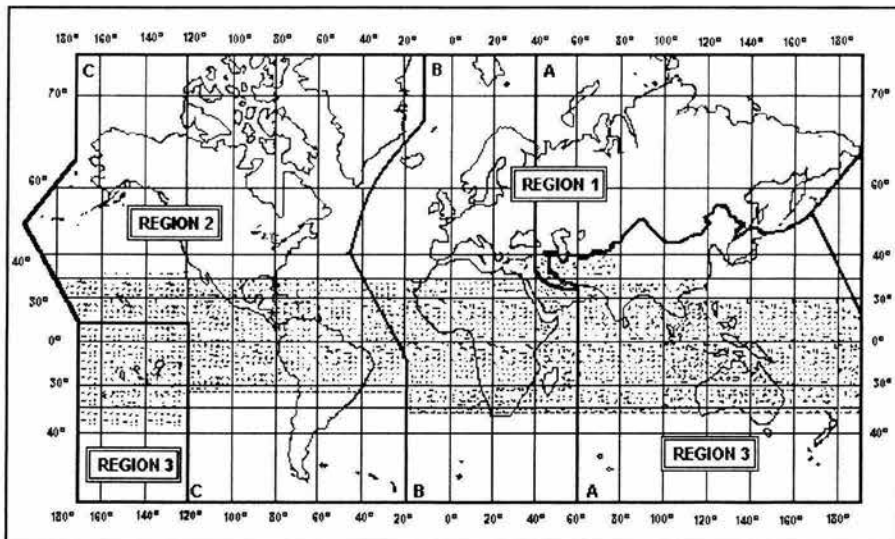


Figura 2.1 Regiones de la UIT.

Como se puede observar, la región 1 está limitada al Este, por la línea A<sup>8</sup> y al Oeste por la línea B<sup>9</sup>, exceptuando el territorio de la República Islámica del Irán, situado dentro de estos límites. Comprende también, la totalidad de los territorios de Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania y la zona al norte de Rusia que se encuentra entre las líneas A y C<sup>10</sup>.

La región 2, comprende la zona limitada al Este por la línea B y al Oeste por la línea C; mientras que la región 3, comprende la zona limitada al Este por la línea C y al Oeste por la línea A, exceptuando el territorio de Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Rusia, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania, y la zona al norte de Rusia. Comprende, asimismo, la parte del territorio de la República Islámica del Irán situada fuera de estos límites.

8 Línea que parte del Polo Norte, sigue el meridiano 40° Este de Greenwich hasta el paralelo 40° Norte. Continúa después por un arco de círculo máximo, hasta el punto de intersección del meridiano 60° Este con el Trópico de Cáncer y, finalmente, por el meridiano 60° Este hasta el Polo Sur.

9 La línea B, parte del Polo Norte, sigue el meridiano 10° Oeste de Greenwich hasta su intersección con el paralelo 72° Norte. Continúa después por un arco de círculo máximo, hasta el punto de intersección del meridiano 50° Oeste con el paralelo 40° Norte y sigue de nuevo, el arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 20° Oeste con el paralelo 10° Sur y, finalmente, por el meridiano 20° Oeste hasta el Polo Sur.

10 Línea que parte del Polo Norte, sigue el arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del paralelo 65° 30' Norte con el límite internacional en el estrecho de Bering, continúa por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 165° Este de Greenwich con el paralelo 50° Norte y sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 170° Oeste con el paralelo 10° Norte. Continúa por el paralelo 10° Norte hasta su intersección con el meridiano 120° Oeste y, finalmente, por el meridiano 120° Oeste hasta el Polo Sur.



## 2.4 Sistemas satelitales en México

En 1995 se reformó el régimen de participación exclusiva del Estado, en la prestación del servicio de comunicación vía satélite, para que se aceptara el convenio entre particulares. Desde entonces, tal apertura y el uso de nuevas tecnologías, han ampliado la competencia en este terreno.

Con base en este nuevo marco jurídico, se planteó la desincorporación del sistema satelital mexicano, a fin de integrar nuevos socios que invirtieran en sus etapas posteriores de desarrollo.

El proceso consideró la enajenación a particulares del 75% del capital social del sistema, conservando el gobierno federal, el 25% restante. Sin embargo, el Estado se reservó el 7% de la capacidad total del sistema para prestar servicios sociales y de seguridad nacional, el subsistema de banda L para comunicaciones móviles, rurales satelitales; además de la operación y explotación de los telepuertos<sup>11</sup>.

Gracias a esto, se constituyó la empresa de participación estatal minoritaria Satélites Mexicanos (Satmex) a la cual, Telecomunicaciones de México (Telecomm) transfirió los activos, el personal y los contratos de servicio.

Asimismo, se otorgaron a Satmex tres concesiones para ocupar y explotar igual número de posiciones orbitales geoestacionarias asignadas al país, bandas de frecuencia asociadas y derechos de emisión y recepción de señales; hecho que ha permitido, atender con mayor disponibilidad, los servicios proporcionados a concesionarios o permisionarios de redes públicas de telecomunicaciones.

Como resultado de la participación de inversionistas privados en materia satelital, en diciembre de 1998 se puso en órbita el último satélite mexicano, llamado Satmex 5.

Se trata de un equipo de tercera generación <sup>12</sup>, con cobertura continental y potencia diez veces superior a la del Morelos II; satélite al cual sustituyó. Se invirtieron más de 230 millones de dólares, financiados, en parte, con recursos privados.

En el periodo 1995 - 2000, se otorgaron concesiones a las empresas Iridium de México, Globalstar de México y Orbcomm de México, para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencia asociadas a sistemas satelitales extranjeros; así como para redes públicas de telecomunicaciones, con el fin de proporcionar los servicios de comunicación de voz, transmisión de datos, fax y paquetes de datos bidireccionales, entre otros.

---

11 Se conforma por 20 instalaciones integradas con estaciones terrenas transreceptoras de comunicación vía satélite de cobertura nacional y/o internacional distribuidas en las principales ciudades del país, y por un centro de control en la Ciudad de México; con ello se ofrecen servicios de voz, datos, audio y video.

12 Los satélites de tercera generación cuentan con las siguientes características: reutilización de múltiples frecuencias, capacidad de asignar la potencia y el ancho de banda dinámicamente en función de la demanda en las diferentes Áreas de la geografía terrestre, disponibilidad de un haz global, ancho de banda mayor e incremento en su capacidad de canales.

En agosto de 2001 se otorgaron otras cuatro concesiones, también para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencia asociadas a sistemas satelitales extranjeros, y para proporcionar capacidad satelital, a las empresas Telesistema Mexicano, Enlaces Satelitales, Sistemas Satelitales de México y Controladora Satelital de México. Telesistema Mexicano, difiere de las demás por no incluir la comercialización de servicios a terceros.

Hoy en día, México cuenta con la siguiente flota satelital:

- Morelos II: Forma parte de la primera generación de satélites mexicanos, cuya construcción se inició en 1983. Fabricado por Hughes, el Morelos II, fue lanzado al espacio el 27 de noviembre de 1985 en el trasbordador espacial Atlantis.

El Morelos II, siempre ha sido controlado desde México y por mexicanos.

Por diseño, el tiempo de vida de este satélite era de 9 años, pero gracias a las iniciativas y a la excelente operación de ingenieros mexicanos, ya cumplió 15 años de operación y todavía continúa proporcionando servicios de telecomunicaciones.

Cuando se lanzó el satélite, fue puesto en órbita de almacenamiento y ahí permaneció hasta abril de 1989, fecha en que entró en operación.

Desde agosto de 1998, el Morelos II comenzó a operar en órbita inclinada, actualmente es monitoreado por la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

- Solidaridad II: Se encuentra ubicado en la órbita 113° W y pertenece a la segunda generación de comunicaciones espaciales para México. Cuenta con 18 transpondedores en banda C y 16 en banda Ku, equivalentes a 24 transpondedores de 36 MHz en cada banda.

La cobertura del Solidaridad II, en banda C, incluye México, el Sur de los Estados Unidos, El Caribe, Centro y Sudamérica. Por otro lado, la cobertura en banda Ku incluye México, la Costa Este de los Estados Unidos y las ciudades de San Francisco y Los Ángeles.

Con el Solidaridad II, se obtienen ángulos de elevación excelentes en Norteamérica y la mayor parte de Latinoamérica, cobertura de alta potencia sobre México y conectividad entre los Estados Unidos y Latinoamérica.

- Satmex 5: Es un satélite geoestacionario, que proporciona servicios de comunicación comerciales como Internet, telefonía internacional, televisión analógica y digital, transmisión de datos y distribución de contenido multimedia.

Se encuentra ubicado en la órbita 116.8° W y pertenece a la familia de alta potencia y de estabilización triaxial. Su diseño lo provee con más de 7000 Watts de potencia para la operación de la carga útil.

Los beneficios que proporciona el satélite Satmex 5 son, entre otros, cobertura continental en banda C y banda Ku, alta potencia en ambas bandas, flexibilidad en la configuración de redes de usuarios y es ideal para nuevas aplicaciones con antenas más pequeñas.

- Satmex 6: Es un satélite modelo FS-1300X, construido por Space Systems/Loral, capaz de generar 13.7 kW, al inicio de su vida útil, y cuenta con un total de 60 transpondedores de 36 MHz cada uno; de los cuales, 36 canales son para banda C y 24 canales para banda Ku.

Además, emite un haz de alta potencia sobre las principales ciudades en Sudamérica, incluyendo Brasil.

Su lanzamiento estaba previsto para el segundo trimestre del 2003, pero aún no se ha llevado a cabo; sin embargo, en un futuro ocupará la posición orbital de 109.2° W.

Con Satmex 6 se obtendrá alta potencia en banda C y Ku, cobertura total en América, cobertura configurable y tecnología probada en vuelo. Es ideal para aplicaciones por cable y de Internet, debido al PIRE<sup>13</sup> con el que cubre la región.

A continuación se presenta una tabla en donde se especifican las características de cada uno de los satélites antes mencionados.

Satélite	Banda de frecuencias	Cobertura	Peso aproximada (Kg)	Vida útil (años)	Potencia
Morelos II	Banda C : 12 transpondedores de 36MHz 6 transpondedores de 72MHz. Banda Ku: 4 transpondedores de 108MHz	México	1,232	9  15	Banda C : 36.0 dbW a 36 MHz  Banda Ku: 44.0 dbW a 108 MHz
Solidaridad II	Banda C : 12 transpondedores de 36MHz 6 transpondedores de 72MHz. Banda Ku : 24 transpondedores de 54MHz	Banda C: México, el Sur de los Estados Unidos, El Caribe, Centro y Sudamérica.  Banda Ku: México, la Costa Este de los Estados Unidos y las ciudades de San Francisco y Los Angeles.	2,791	14	Banda C : 36.0 dbW a 36 MHz 40.1 dbW a 72 MHz  Banda Ku: 45.0 dbW a 54MHz

13 Potencia Isotrópica Radiada Equivalente.

Satélite	Banda de frecuencias	Cobertura	Peso aproximada (Kg)	Vida útil (años)	Potencia
Satmex 5	Banda C: 24 transpondedores de 36MHz  Banda Ku : 24 transpondedores de 36MHz	Banda C : El continente Americano  Banda Ku : El continente Americano	2,776	15	Banda C : 39.0 dbW a 36MHz  Banda Ku: 49.0 dbW a 36MHz
Satmex 6	Banda C: 36 transpondedores de 36MHz  Banda Ku : 18 transpondedores fijos y 6 conmutables de 36MHz	Banda C : El continente Americano  Banda Ku : El continente Americano	5,700	15	Banda C : 39.0 dbW a 36MHz  Banda Ku: 49.0 dbW a 36MHz

Tabla 2.4 Satélites Mexicanos.

## 2.5 Sistema PanAmSat

PanAmSat es el proveedor líder de servicios de video global y transmisión de datos vía satélite. Es propietario de las redes de comunicación, que tienen la capacidad de alcanzar todos los rincones del planeta.

Su objetivo principal es la distribución de entretenimiento e información a sistemas de televisión por cable, emisoras de TV afiliadas, proveedores de servicios de Internet, operadores de TV con conexión directa a domicilio y corporaciones de telecomunicaciones.

Mediante su sistema global de satélites, telepuertos y enlaces con fibra óptica, PanAmSat alcanza a atender el 98% del servicio proporcionado a la población mundial.

Con el apoyo de profesionales, provenientes de los cinco continentes, los vastos recursos de PanAmSat sirven como enlaces de comunicación cruciales para:

- Compañías proveedoras de entretenimiento tales como la BBC, la Cadena Central de Televisión China, Discovery, Disney, NHK, AOL Time-Warner y Viacom. Estas compañías usan los vehículos espaciales de PanAmSat, para distribuir su programación televisiva a los sistemas de cable y a los televidentes en sus hogares en todo el mundo.
- Difusoras y agencias noticiosas, tales como ABC, BBC, Associated Press, Bloomberg y ESPN entre otras, que irradian noticias, eventos especiales alrededor del mundo e información financiera y cobertura deportiva.

- Proveedores de servicios de Internet en docenas de países alrededor del mundo, que reciben su conexión al eje troncal norteamericano de Internet usando la flota satelital internacional de PanAmSat.
- Corporaciones tales como Hughes Network Systems, General Motors, DaimlerChrysler y Walgreen's, que operan redes de comunicación de empresas privadas en los Estados Unidos y en el extranjero.
- Proveedores de servicios de telecomunicaciones, en los Estados Unidos, Latinoamérica, África, Europa y Asia, que usan los satélites de PanAmSat como sus medios para encauzar el tráfico de comunicación.

### 2.5.1 Principales clientes de PanAmSat

PanAmSat atiende cientos de clientes en todo el mundo, desde compañías de medios de comunicación con contratos a largo plazo, hasta procesadores de señales ISDN en países en desarrollo.

Las Transmisoras Televisivas de los Estados Unidos, atendidas por PanAmSat son:

- A&E
- Dow Jones
- National Public Radio
- BET
- Fox
- MTV
- Bloomberg Televisión
- ESPN
- Reuters
- CNN
- The Golf Channel
- TBS
- Discovery
- HBO
- The WB Network
- Dismey
- Lifetime
- USA Network

PanAmSat, también da servicio a Transmisoras Televisivas Internacionales, tales como:

- Arab Radio and Television
- BBC
- CCTV
- Cisneros Television Group
- Deutsche Welle
- Doordarshan NHK
- Televisa

Los Proveedores de Satélite Directo a Casa de TV (DTH) y Computadoras Personales (PC), atendidas por PanAmSat son:

- Multichoice
- DirecTV
- Sky Latin
- Arch Gireles
- DirectPC
- DirecTV Latin America

Finalmente, PanAmSat, atiende a los siguientes Proveedores de Telecomunicación:

- AT&T
- MACOM
- British Telecom
- Hughes Network Systems
- Japan Telecom
- Telstra
- Ji tong

### 2.5.2 Red global

PanAmSat tiene uno de los sistemas satelitales geoestacionarios más grande del mundo. Este provee la conectividad global que permite a compañías de medios de comunicación, corporaciones y proveedores de servicios de telecomunicaciones, llegar a cualquier rincón del planeta.

El mantenimiento de su flota, emplea una amplia gama de recursos terrestres, entre ellos enlaces dedicados con fibra óptica, instalaciones de telepuertos, un centro de operaciones y un centro global de asistencia a clientes, con servicio las 24 horas del día.

La complejidad y el alcance de la esfera de acción, hacen que los servicios de PanAmSat, intervengan virtualmente en la vida de todos.

### 2.5.3 Flota satelital de PanAmSat

El sistema de satélites globales de PanAmSat, proporciona cobertura a América, Europa, África, el Medio Oriente y Asia. Esta cobertura global, permite que los clientes de PanAmSat se comuniquen con millones de personas en ciudades, países o regiones; bien sea en extensas áreas geográficas o en áreas específicas.

Cada satélite está diseñado para proporcionar la máxima flexibilidad en potencia y cobertura. Como resultado, los usuarios de PanAmSat tienen la seguridad de que cualquiera que sean sus necesidades, PanAmSat puede ofrecer el servicio más confiable y eficiente en la industria de comunicaciones por satélite.

A continuación, se mencionan los satélites pertenecientes a la red global de PanAmSat.

- Galaxy IR : PAS-1R
- Galaxy III C: PAS-2
- Galaxy IIIR: PAS-3
- Galaxy IVR: PAS-4

- Galaxy V: PAS-6
- Galaxy VI: PAS-6b
- Galaxy VIII: PAS-7
- Galaxy IX: PAS-8
- Galaxy XR: PAS-9
- Galaxy XI: PAS-10, SBS 6

En la figura siguiente, se muestra la cobertura global del satélite Galaxy III C, ya que es el satélite que da servicio al Sistema Nacional e-México y por ende, para esta tesis, es de mayor interés.



Figura 2.2 Mapa Para el Galaxy III C.

#### 2.5.4 Telepuertos y centro de operaciones de red

Localizado en el condado de Douglas en los Estados Unidos, el telepuerto de PanAmSat Castle Rock, proporciona servicios de telemetría, seguimiento y control (TT&C) para la flota de satélites de Banda Ku, Galaxy y tres satélites de banda Ku de alto poder, propiedad de DIRECTV@Inc<sup>14</sup>. Castle Rock, actualmente es una de las instalaciones más grandes de PanAmSat. El telepuerto no solamente apoya la rápida y creciente flota de satélites; sino que también, proporciona servicios de lanzamiento para otras compañías domésticas e internacionales.

Como estación de seguimiento del hemisferio occidental de PanAmSat, Castle Rock, proporciona servicios de telemetría, seguimiento y control (TT&C), mientras un satélite está en órbita de transferencia transmitiendo órdenes; tales como el despliegue de paneles solares y la activación de sistemas; a más de 22,000 millas en el espacio.

Doce de las trece antenas de Castle Rock, monitorean los sistemas de la Banda Ku y Banda C. Una antena parabólica de movimiento completo de 13 metros, proporciona apoyo de lanzamiento para los satélites de DIRECTV® y respaldo en sus servicios más usuales.

<sup>14</sup> Proveedor de servicio de televisión directo a casa, en los Estados Unidos.

## 2.6 Servicios globales. Reconocimiento global

Desde sus orígenes, como primer operador comercial de servicios satelitales globales, PanAmSat desarrolló la oferta de servicios de comunicación de la más avanzada y completa industria; ofreciendo soluciones integrales diseñadas para satisfacer las necesidades particulares de los clientes.

Ya sea que se requieran servicios de transmisión de video de tiempo completo o de medio tiempo, una conexión de eje troncal de Internet de alta velocidad, o una red comercial de comunicaciones confiable y segura, PanAmSat tiene los recursos y los servicios que lo pueden conectar con el mundo.

PanAmSat usa sus recursos para proveer servicios en las áreas claves descritas a continuación:

- Distribución de programas
- Distribución de programación de tiempo completo
- Contribución
- Directo a domicilio
- Programas por antena
- Canales múltiples por portadora (MCPC)

### Servicios de radiodifusión

- Transmisión de datos a punto de distribución por red
- Servicios recurrentes de medio tiempo
- Uso ocasional
- Eventos especiales

### Servicios de telecomunicaciones

- Portadoras
- Servicios de redes privadas
- Servicios gubernamentales
- Aprendizaje a distancia
- Servicios de Internet

#### 2.6.1 Múltiples canales por portadora

Los servicios de canales múltiples por portadora (MCPC) ofrecen una solución completa para la distribución de canales. Además, permiten a los clientes maximizar el valor de su capacidad satelital por medio de la transmisión de video, a tiempo parcial o permanente, en canales digitales comprimidos en un transpondedor compartido.



### 2.6.2 Servicio de Internet vía satélite

SPOTbytes es un servicio de Internet, para ISPs, que ofrece:

- Un servicio completo incluyendo segmento de espacio satelital, servicios de telepuerto de transmisión y recepción y conectividad directa a proveedores Tier1 de Internet.
- Proporciona un confiable sistema de arquitectura, con la conexión de más alta calidad posible.
- Reemplaza, con facilidad, una conexión terrestre costosa y menos flexible.
- Complementa los accesos existentes de Internet para proporcionar diversificación, flexibilidad y eficiencia en la red.
- Proporciona enlaces directos entre sus múltiples puntos de presencia (POP) y el backbone de Internet, con velocidades de 64 kbps, hasta mayores o iguales a 45 Mbps.

### 2.6.3 Servicios de transmisión

Hoy en día para ser competitivo en la industria de la televisión; las agencias de programación y de noticias deben tener la capacidad de cubrir, en tiempo real, noticias y eventos deportivos en cualquier parte del mundo.

El departamento de servicios de transmisión de PanAmSat, está dedicado a proporcionar servicios internacionales vía satélite en cualquier momento y en cualquier lugar, independientemente de si los acontecimientos dictan una acción rápida o requieren meses de planeación por adelantado.

PanAmSat se especializa en proporcionar a programadores, agencias noticieras, asuntos televisivos y redes de aprendizaje a distancia; con servicios de alcance completo, incluyendo la recopilación de noticias vía satélite (SNG), acontecimientos especiales y servicios recurrentes de medio tiempo.

En promedio, PanAmSat conduce cerca de 7,000 horas al mes de noticias, deportes y acontecimientos especiales transmitidos en todo el mundo.

### 2.6.4 VSAT. Redes privadas

Los satélites de PanAmSat, permiten realizar transacciones y transmitir información alrededor del mundo, a través de antenas VSAT, terminales de apertura muy pequeña cuya longitud de diámetro está en el rango de 1 a 1.8 metros.

Para clientes que requieren redes punto - multipunto, las antenas VSAT ofrecen enlaces dedicados, confiables y privados, cuya comunicación es independiente de la calidad de servicio de telefonía local.

Hoy en día, las redes VSAT que emplean los satélites de PanAmSat, se operan en los Estados Unidos, Latinoamérica, África, Europa, Medio Oriente y Asia.

PanAmSat, proporciona una variedad de servicios que van desde operar un segmento espacial, hasta controlar redes integradas completas, usando un telepuerto de PanAmSat como centro de la red.

## 2.7 Satélite Galaxy III C

El satélite Galaxy III C, perteneciente a la constelación Galaxy, presume ser el mejor elemento en la industria satelital. Junto con el Galaxy II, ubicado a 91° WL, el Galaxy 10R, situado a 123° WL, el Galaxy 5 en 125° WL y el Galaxy 9 colocado en 127° WL, el Galaxy III C, es parte del programa de antenas llamado "Los cinco poderosos"; el cual provee las operaciones de transmisión simultaneas.

La constelación Galaxy, también sirve de plataforma VSAT a varias compañías como Chevron, TJ Maxx, y Rite-Aid.

Por conectar estas corporaciones de punta vía satélite, PanAmSat asegura la función esencial para tener una conexión en tiempo real, con una correcta administración y una comunicación siempre constante.

Los clientes de Galaxy III C incluye a:

- Chevron
- DirecWay
- HNS
- Microspace
- RTN
- The Space Connection
- ViaSat
- Verestar
- WorldNet

El satélite Galaxy III C, es el primer satélite Boeing 702 provisto de un excepcional arreglo solar para volar; además de estar relacionado con el exitoso lanzamiento con la mejor prueba de puesta en órbita.

Desde su lanzamiento abordo de una plataforma marítima, el satélite de comunicaciones Galaxy III C, ha utilizado exitosamente sus antenas, radiadores y arreglos solares.

En una validación del nuevo diseño, el arreglo solar ha generado un poco más de potencia eléctrica de la que originalmente se había pronosticado.

Galaxy III C se encuentra en un excelente estado de salud y su sobresaliente desempeño, es el resultado del exitoso diseño hecho por Boeing 702, el cual incluye adicionalmente, un diseño plano en el arreglo solar, así como las altamente eficientes celdas solares.

El arreglo solar del satélite muestra la última tecnología en celdas solares, comparado con el arreglo solar planar del Boeing 601, lanzado hace 10 años. Dicho arreglo solar esta diseñado para proveer alrededor de 15 kWatts de poder, alrededor de sus 15 años de vida útil.

El satélite permite a PanAmSat, proveer de servicios a los Estados Unidos y Latinoamérica e incluye, 77 canales de transmisión, a la flota de satélites geoestacionarios de PanAmSat.

CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE GALAXY III C	
Diseñado por :	Boeing 702
Localización orbital	95 ° WL
Fecha de lanzamiento	15 de Junio de 2002
Vida útil	15 años
Vehículo de lanzamiento	Sea Launch
Polarización	Horizontal y Vertical
Frecuencia para Banda Ku	12.199 GHz en polarización horizontal 11.704 GHz en polarización vertical
Carga útil en Banda C	24 x 36 MHz
Carga útil en Banda Ku	16 x 27 MHz y 8 x 54 MHz
Frecuencia de Uplink para Banda C	5925-6425 MHz
Frecuencia de Downlink para Banda C	3700-4200 MHz
Frecuencia de Uplink para Banda Ku	14000-14500 MHz
Frecuencia de Downlink para Banda Ku	11700-12200 MHz
Cobertura	Norte América
Nación de procedencia	Estados Unidos de América
Tipo / Aplicación	Comunicaciones
Operador	PanAmSat
Contratista	Boeing
Equipo integrado	77 transponders (24 C-band, 53 Ku-band)
Configuración	BSS-702
Sistema de propulsión	Zenit -3SL.
Propulsores	R-4D, 4 XIPS-25 Ion engines
Peso	4810 kg
Órbita	GEO PanAmSat

Tabla 2.5 Especificaciones Técnicas del Galaxy III C.

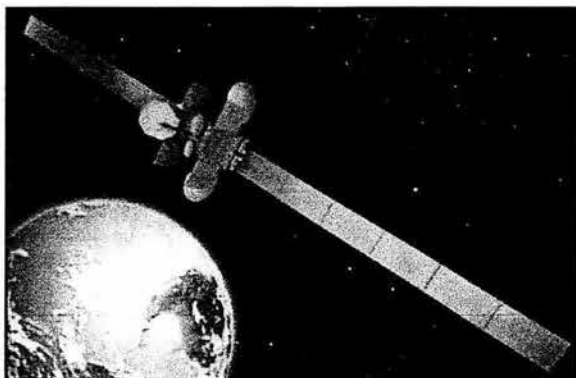


Figura 2.3 Satélite Galaxy III C.

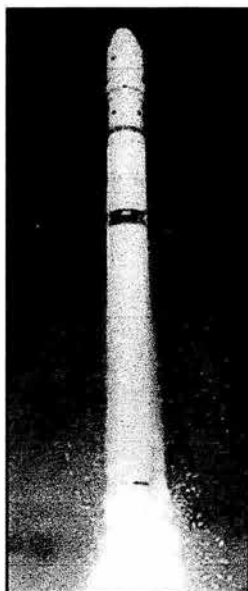


Figura 2.4 Sistema de propulsión Zenit -3SL.

---

*Capítulo*                    **3***Técnicas de Acceso Satelital*

---

En una transmisión vía satélite, se lleva a cabo un conjunto de procesos que tratan de hacer que la información que viaja en cada uno de los canales, sea transmitida de la manera más adecuada, asegurando la integridad de la información. Sin embargo, otro aspecto a considerar, es el de aprovechar al máximo la gamma de recursos y elementos de los que está formado dicho sistema de comunicación.

Por ello, se emplea un conjunto de técnicas que permiten acoplar la señal al medio por el cual viajarán, además de garantizar un proceso adecuado de las señales.

### 3.1 Tipos de modulación

La modulación, es la modificación de los parámetros de una señal llamada portadora, en función de otra señal, de voltaje instantáneo, llamada mensaje o moduladora. La señal portadora es generalmente una onda senoidal.

$$C(t) = A_c \cos(W_c t + \phi)$$

El mensaje o moduladora representa la información que se desea transmitir. Como no tiene una ecuación específica que la defina, para fines matemáticos se usa una onda senoidal.

$$m(t) = A_m \cos(W_m t)$$

En la primera ecuación de la portadora existen tres parámetros:

- La amplitud  $A_c$
- La frecuencia o velocidad angular  $W_c$
- La fase  $\Phi$

En la modulación analógica existen tres variantes:

- Amplitud Modulada (AM)
- Frecuencia Modulada (FM)
- Fase Modulada (PM)

En modulación digital hay las mismas tres variantes básicas que se llaman:

- Variación de amplitud por interrupción (ASK)<sup>15</sup>
- Variación de frecuencia por interrupción (FSK)<sup>16</sup>
- Variación de fase por interrupción (PSK)<sup>17</sup>

Vamos a considerar dos tipos de modulaciones PSK:

- BPSK<sup>18</sup>
- QPSK<sup>19</sup>

La modulación de fase (PSK) es la más apropiada para enlaces por satélite, ya sea BPSK o QPSK. De hecho, posee la ventaja de tener una envolvente constante y en comparación con la modulación FSK, permite obtener una mejor eficiencia espectral.

Un parámetro fundamental, a la hora de escoger una modulación para un enlace por satélite, es la ocupación espectral de la portadora en el repetidor del satélite. Se trata de ofrecer la mayor velocidad de transmisión ocupando el menor ancho de banda. Esto nos lleva al concepto de eficiencia espectral, que es el cociente de la velocidad binaria transmitida (bps) por una portadora, entre el ancho de banda que ocupa (Hz).

### 3.1.1 Modulación BPSK

La modulación BPSK tiene dos fases de salida representadas por un 1 lógico y un 0 lógico, provenientes de una sola frecuencia portadora. Conforme la señal digital de entrada cambia de valor, la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que se encuentran desfasados 180° entre sí.

La señal portadora de amplitud constante, cuando se modula, se multiplica por los datos binarios; es decir, al 1 lógico se le asigna un voltaje positivo y al 0 lógico un voltaje negativo. De tal forma que la portadora  $\text{sen}(W_c t)$  se multiplica por un +1 o -1 por lo que la señal de salida del modulador es  $\text{sen}(W_c t)$  ó  $-\text{sen}(W_c t)$ .

---

15 Amplitude Shift Keying.

16 Frequency Shift Keying.

17 Phase Shift Keying.

18 BPSK (Binary Phase Shift Keying).

19 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).

El ancho de banda BPSK es igual a la tasa de transmisión de los bits de entrada. Es necesario agregar el factor rolloff<sup>20</sup> ( $0 \leq p \leq 1$ ) ya que los moduladores a su salida requieren de un filtro de caída senoidal. El factor de rolloff es el parámetro del filtro que nos permite disminuir el ancho de banda, por lo tanto el ancho de banda de la señal BPSK es:

$$BW = R_b (1+p)$$

Donde:

$R_b$  es la tasa de transmisión de la señal digital.

### 3.1.2 Modulación QPSK

En la modulación QPSK, para una sola frecuencia de la portadora, son posibles cuatro fases de salida. Para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit en la entrada; es decir, se utilizan dos bits que proporcionan las siguientes combinaciones: 00, 01, 10 y 11. Generalmente, un modulador QPSK está formado por dos moduladores BPSK en paralelo, donde uno de ellos tiene la entrada de uno de los dos bits de pareja y la señal del oscilador local, mientras que el otro modulador BPSK recibe el otro bit de la pareja y una señal desfasada  $90^\circ$  con respecto a la del oscilador.

A su vez, cada modulador BPSK genera una señal con una tasa de transmisión de la mitad de la señal original. Por lo tanto, el ancho de banda de la señal QPSK es la mitad del ancho de banda de la señal BPSK; el cual está definido por la siguiente fórmula:

$$BW = R_b (1+p)/2$$

## 3.2 Multiplexaje y demultiplexaje

El multiplexaje consiste en la combinación de varias señales para formar una sola, mientras que el demultiplexaje recupera las señales individuales de la señal multiplexada, asumiendo que las señales que fueron multiplexadas no se traslaparon. Existen los siguientes tipos de multiplexaje:

- FDM<sup>21</sup>: Es la suma de señales que ocupan diferentes bandas de frecuencias.
- TDM<sup>22</sup>: Consiste en multiplexar dos o más señales en diferentes ranuras de tiempo.
- CDM<sup>23</sup>: Tipo de multiplexación, en el que las señales, antes de ser combinadas en el plano frecuencial de tiempo, son codificadas mediante un código único.

---

20 Valor típico de rolloff es de 0.14

21 Frequency division multiplex (Multiplexaje por división de frecuencia).

22 Time division multiplex (Multiplexaje por división de tiempo).

23 Code division multiplex (multiplexaje por división de código).

### 3.3 Técnicas de acceso múltiple

El acceso múltiple, es una variante de multiplexación para los satélites de comunicación. El acceso múltiple es la multiplexación de señales de radiofrecuencia en un canal satelital. Es decir, el acceso múltiple es la técnica en donde dos o más estaciones terrenas, simultáneamente, utilizan el mismo transpondedor del satélite.

El concepto de acceso múltiple involucra sistemas que hacen posible la interconexión de varias estaciones terrenas, a través de un solo transpondedor. Un transpondedor puede ser ingresado por una o múltiples portadoras. Estas portadoras pueden ser moduladas por uno o múltiples canales en banda base; los cuales, pueden incluir voz, datos y señales de video. Existen tres tipos fundamentales de técnicas de acceso, que son :

- **FDMA<sup>24</sup>:** En esta técnica, un transpondedor utiliza varias portadoras. El ancho de banda asociado a cada portadora, puede ser tan pequeña como se requiera. FDMA puede usar tanto transmisión analógica como digital.
- **TDMA<sup>25</sup>:** Se caracteriza por usar, por transpondedor, una sola portadora modulada digitalmente, donde el ancho de banda asociado a la portadora es el ancho de banda completo del transpondedor. La tasa de transmisión de la portadora es compartida en el tiempo entre un número de estaciones terrenas, de tal forma que la suma del tráfico (información útil y encabezado) de todas las estaciones terrenas no excedan la tasa de la portadora. Aunque la principal ventaja del TDMA es usar una sola portadora por transpondedor, existen casos en donde el ancho de banda para TDMA, puede ser una parte del ancho de banda del transpondedor.
- **CDMA<sup>26</sup>:** Utiliza una portadora modulada digitalmente. Cada estación terrena transmite, simultáneamente, a una tasa de transmisión alta con un código único en la misma frecuencia, de tal forma que solo el receptor con el decodificador apropiado puede descifrar el mensaje. Generalmente, la portadora utiliza el total del ancho de banda del transpondedor.

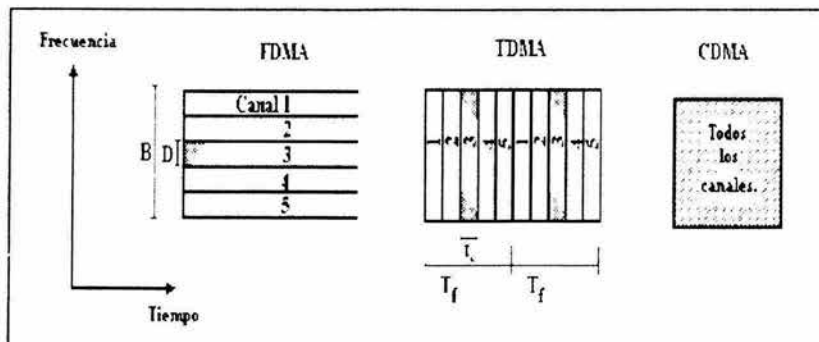


Figura 3.1 Técnicas básicas de acceso múltiple.

24 Frequency-division multiple access (Acceso múltiple por división de frecuencia).

25 Time division multiple access (Acceso múltiple por división de tiempo).

26 Division Multiple Acces (Acceso múltiple por división de código).



A continuación, se muestra una tabla que contiene las principales características de los sistemas de acceso explicados anteriormente:

Característica	FDMA		TDMA	CDMA
	SPC	MCPC		
Transmisión	Análoga o digital	Análoga o digital	Digital	Digital
Multiplexaje	Ninguno	FDM o TDM	TDM	TDM
Modulación	FM o PSK	FM o PSK	PSK	PSK o AM
Ancho de banda de la portadora	7 x tasa de transmisión	Depende del plano de asignación de frecuencias	Transpondedor completo o banda angosta	Transpondedor completo
Capacidad por transpondedor (MHz)	22 canales (solamente voz)	16 a 22 canales	28 canales	
Principales aplicaciones	Varias estaciones que manejan tráfico bajo	Enlaces punto a punto	Número intermedio de estaciones, tráfico moderado	Para aplicaciones que son sensibles a la interferencia

Tabla 3.1 Características principales de las técnicas de acceso.

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
FDMA	<p>Asignación de frecuencias, acceso continuo y controlador de canal.</p> <p>Se recomienda cuando existen nodos con mucho tráfico o cuando se tiene poco ancho de banda a velocidades bajas; es decir, menores a 128 Kbps.</p> <p>SCPC/FDMA se caracteriza por tener una capacidad del 100% y cero retardos.</p>	<p>Disponibilidad fija del canal de transmisión.</p> <p>No se requiere control centralizado para terminales de bajo costo.</p> <p>Los usuarios, con capacidades y necesidades diferentes, pueden ser acomodados.</p>	<p>Requiere backoff de Intermodulación (bandas de guarda), para reducir el caudal eficaz del transpondedor.</p> <p>Sistema rígido, que en la red, hace difícil el reasignamiento.</p> <p>El ancho de banda se incrementa a medida que el número de nodos aumenta.</p>
TDMA	<p>Asignación de ranuras de tiempo. Cada portadora, ocupa una ranura diferente. Se recomienda para nodos que tienen tráfico moderado.</p> <p>DAMA se recomienda para muchos nodos con poco tráfico.</p> <p>TDMA tiene una capacidad del 60% al 80%.</p>	<p>Optimización del ancho de banda.</p> <p>La potencia y ancho de banda del transpondedor, es totalmente utilizado.</p>	<p>Los tiempos de guarda y encabezados, reducen el caudal eficaz.</p> <p>Requiere de una sincronización centralizada.</p> <p>Emplea terminales de alto costo.</p>

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
CDMA	Asignación de códigos a cada usuario.  CDMA capacidad del canal del 10%	Se trasmite a baja potencia.  Posee un control no centralizado a canales fijos.  Inmune a la interferencia.	Requiere de gran ancho de banda.  Existe un número limitado de códigos ortogonales.  Sólo trabaja, eficientemente, a velocidades preseleccionadas.

Tabla 3.2 Comparación de las ventajas y desventajas de las técnicas de acceso.

### 3.4 Sistemas FDMA

Existen dos tipos de sistemas FDMA. El primer tipo de sistemas, utiliza múltiples canales con anchos de banda variables por portadora (MCPC).

El segundo sistema sólo emplea un canal por portadora (SCPC)<sup>27</sup>, cuyo ancho de banda modulado no es variable.

#### 3.4.1 MCPC

Es utilizado para la transmisión de señales digitales codificadas en banda base. Las señales multiplexadas, son moduladas en portadoras digitales usando PSK coherente<sup>28</sup>.

Los requerimientos operacionales, no requieren de un reloj de sincronización en la red, sino de una coordinación de frecuencias.

La capacidad real del sistema, es el máximo número de canales limitados simultáneamente por la potencia y el ancho de banda.

Mientras que el límite de la potencia puede ser calculado comparando la densidad portadora a ruido requerida por cada canal, con la densidad portadora a ruido disponible en todo el ancho de banda del transpondedor; el límite del ancho de banda, se obtiene sumando los anchos de banda de las portadoras individuales, tomando en cuenta el 20 % del ancho de banda reservado para la banda de guarda<sup>29</sup>.

<sup>27</sup> Single Channel per Carrier.

<sup>28</sup> La detección es coherente cuando se tiene una señal de referencia para comparar respecto a que se mide la fase.

<sup>29</sup> Es el espacio que existe entre el ancho de banda de cada canal.

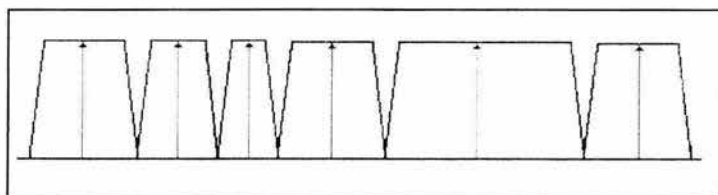


Figura 3.2 Efecto del transpondedor MCPC.

### 3.4.2 SCPC

En una multiplexación SCPC, cada canal de voz y/o de datos, es modulado sobre una portadora de radiofrecuencia distinta.

En la figura siguiente se muestra una típica organización del sistema SCPC.

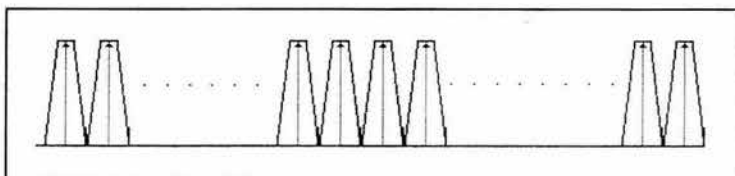


Figura 3.3 Efecto del transpondedor SCPC

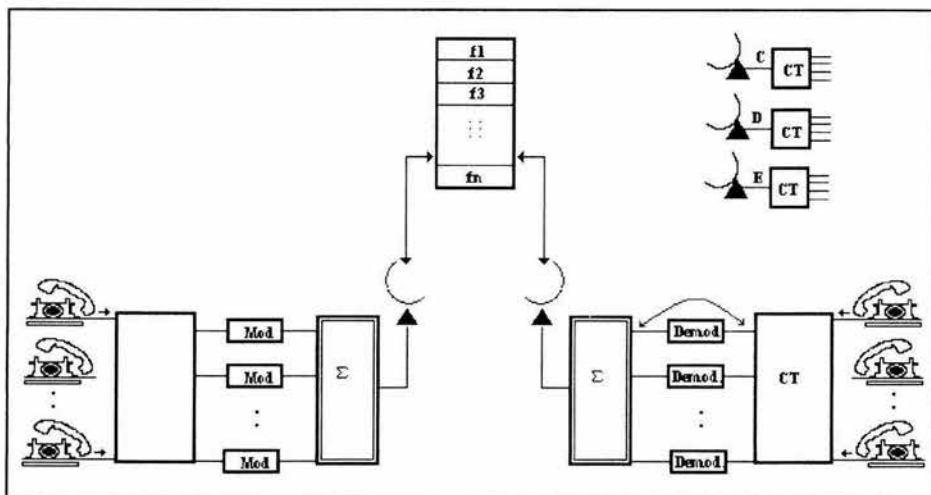


Figura 3.4 Sistema SCPC.

Como se observa en la figura, los usuarios de un sistema SCPC se conectan mediante una relación uno a uno con los equipos SCPC de la estación terrena. Es decir, a cada canal de entrada se le asocia con un equipo SCPC que convierte la voz y/o datos en una

portadora de radiofrecuencia modulada en PSK, con el fin de lograr la comunicación con el satélite. De tal forma, que para establecer una conversación entre dos puntos, se eligen dos canales de frecuencia; uno de transmisión y otro de recepción.

Del lado del receptor, se cuenta con el equipo necesario para demodular la portadora de radiofrecuencia y entregar las señales de voz y datos al usuario final.

Las portadoras del transpondedor del satélite, pueden ser asignadas de forma fija o bajo demanda. En la forma fija, cada portadora tiene asignado exclusivamente un canal de comunicación permanente; mientras que en la asignación bajo demanda, ningún canal esta asociado de forma permanente a una sola portadora; es decir, cada portadora dentro del ancho de banda del transpondedor del satélite se vuelve parte de un conjunto de portadoras disponibles que pueden ser asignadas a cualquier canal según se vayan necesitando.

Una de las principales características de los sistemas SCPC, es la habilidad de emplear portadoras activadas por voz. Esto se refiere, a que la portadora de radiofrecuencia es activada únicamente en presencia de voz.

Después de varios años de estudio, se ha determinado que durante una conversación telefónica, únicamente se ocupa el 40% del ancho de banda del transpondedor, debido a los grandes espacios de silencios que hay en dicha conversación; por lo cual, el sistema SCPC permite ahorrar 4dB de la potencia del satélite y a su vez, permite acomodar un mayor número de portadoras por transpondedor.

El límite de la potencia puede ser calculado comparando la densidad portadora a ruido requerida por cada canal, con la densidad portadora a ruido disponible en todo el ancho de banda del transpondedor.

Debido a que el ancho de banda de cada portadora es el mismo, podemos determinar el número de canales que soporta el ancho de banda del transpondedor dividiendo el ancho de banda del transpondedor entre el ancho de banda de cada canal, incluyendo los márgenes de guarda.

La ventaja de emplear portadoras activadas por voz, permite incrementar la capacidad límite de potencia a un factor de 2.5, equivalente a 4 dB. La capacidad real del sistema es el máximo número de canales limitados simultáneamente por la potencia y el ancho de banda.

### 3.5 Sistemas TDMA

La implementación más chica de TDMA consiste en tener una sola portadora por transpondedor. Esta implementación, es la más común para las redes TDMA y desde el punto de vista de la capacidad del satélite, es el más eficiente.

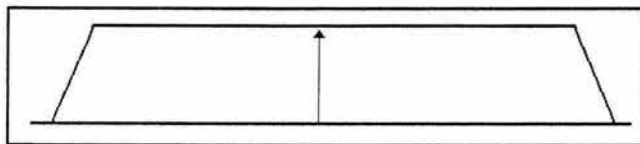


Figura 3.5 Efecto del transpondedor TDMA.

En sistemas TDMA, el transpondedor es compartido en el tiempo por todas las estaciones terrenas que están transmitiendo información; las cuales envían la información al satélite a la misma tasa de transmisión y usando la misma portadora. Todas las ráfagas de información, recibidas de las estaciones, son retransmitidas por el satélite tal como se ilustra en la siguiente figura. Para fines de sincronización, se define una estación de referencia cuya información de tiempo y posición les sirve como referencia a todas las demás estaciones.

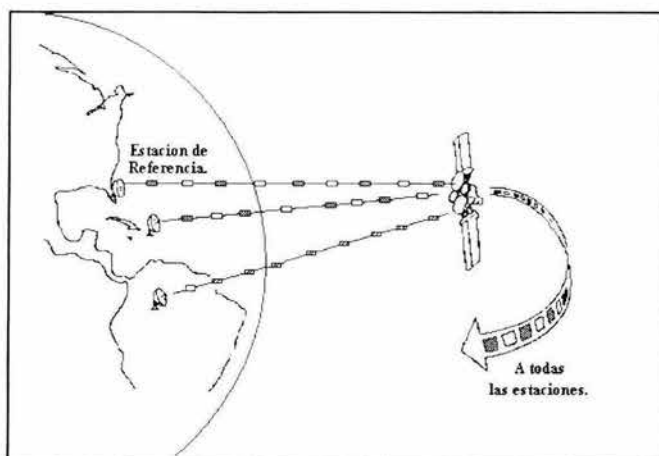


Figura 3.6 Concepto básico de TDMA.

Para poder controlar apropiadamente el intervalo de ráfagas de información de las múltiples estaciones terrenas, el sistema TDMA utiliza la trama de organización que se muestra a continuación.

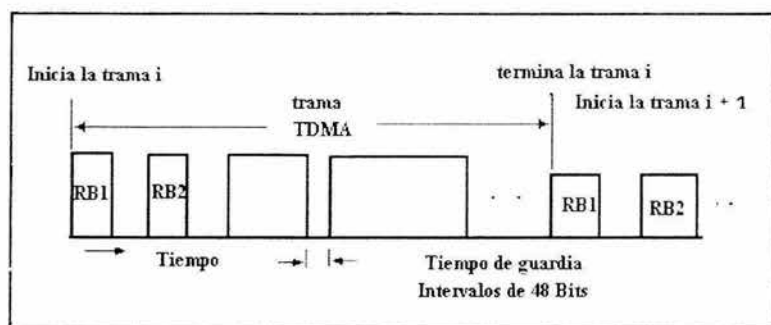


Figura 3.7 Trama de TDMA.

Usualmente, la trama comienza con una referencia de la estación primaria seguida por una referencia redundante de la estación secundaria, la cuál es usada como respaldo. Las dos referencias son seguidas por la información de cada estación de la red y posteriormente, son transmitidas secuencialmente. Finalmente, la trama termina cuando se completa la transmisión de la última estación terrena.

Las tramas siguientes repiten la misma estructura y el intervalo de tiempo de cada trama, es aproximadamente de unos cuantos milisegundos. En resumen, una trama consiste de un encabezado llamado preámbulo y de la información de tráfico.

Uno de los principales problemas del diseño del sistema TDMA, es la sincronización de las tramas; ya que dichos sistemas cuentan con un gran número de estaciones terrenas. Por ello, se busca organizar la trama de tal forma, que las ráfagas de información provenientes de las diferentes estaciones terrenas, estén lo más cerca posible sin que exista riesgo de traslape entre ellas.

Como las estaciones transmiten a intervalos de tiempo muy pequeños, deben contar con módulos de almacenamiento de información digital que funcionan como memorias de amortiguamiento que van liberando paquetes de información en cada ráfaga de tiempo.

Cuando existe un exceso de tráfico, es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de marco o trama de transmisión, dándole ranuras de tiempo mas largas a las estaciones con exceso de tráfico y ranuras mas cortas a las de poco tráfico. La nueva estructura de marco, se repite secuencialmente hasta que haya necesidad de hacer otro cambio.

Hay varios métodos para cambiar la estructura de la trama. El más usado es mediante un programa establecido en base a las estadísticas de tráfico.

El proceso de sincronización se lleva a cabo en dos pasos. El primero, consiste en la adquisición de fase; la cual se refiere al proceso por el que pasan las estaciones terrenas al entrar a la red.

El segundo, es la sincronización de fase; el cual ocurre después de que el usuario ha entrado a la trama TDMA y durante la operación, debe mantener la misma posición dentro de la trama. En caso de que el sistema TDMA emplee múltiples haces puntuales, es necesario utilizar otros métodos de sincronización que incluye la sincronización de lazo abierto. Una sincronización de lazo abierto, depende del cálculo de retardo tomando en cuenta las variaciones de la posición del satélite en el tiempo.

Otro método conocido es el de retroalimentación cooperativa, donde la información de la posición del satélite y las variaciones en tiempo real, son constantemente comunicadas a las estaciones terrenas con el único fin de tener un mayor control en los procesos de adquisición y sincronización de fase.

La capacidad del canal de voz de un sistema TDMA, puede ser calculada como una función del número de accesos, número de estaciones terrenas en la red, con la finalidad de establecer una relación entre la tasa de los bits de información y la tasa de los bits del canal de voz.

Para determinar la capacidad de un canal en TDMA, se sigue el siguiente método:

- La tasa de transmisión total disponible en un sistema TDMA, está dada por:

$$R_T = b_T/T_f$$

Donde:

$b_t$  es el número total de bits en la trama TDMA y  $T_F$  , representa el tiempo que dura la trama.

- La tasa del preámbulo es:

$$R_p = b_p/T_F$$

Donde:

$b_p$  es el número total de bits del preámbulo.

- La tasa de bits de referencia por ráfaga es:

$$R_r = b_r/T_F$$

Donde:

$b_r$  es el número total de bits por ráfaga. Generalmente tiene un valor de 576 bits.

- La tasa de bits de guardia es:

$$R_g = b_g/T_F$$

Donde:

$b_g$  es el número total de bits de guardia, generalmente de 48 bits.

- La tasa de tráfico disponible está dada por:

$$R_i = R_T - \eta_r (R_r + R_g) - K(R_p + R_g)$$

Donde:

$\eta_r$  es el número de estaciones terrenas que se usan como referencia y  $K$  es el número de estaciones terrenas de tráfico en la red.

- De tal forma que la capacidad de los canales de voz es:

$$X = R_i/R_c = (R_T/R_c) - (\eta_r (R_r + R_g)/R_c) - (K(R_p + R_g)/R_c)$$

Donde:

$R_c$  es la tasa de transmisión efectiva del canal de voz.

### 3.5.1 TDMA de banda angosta

Algunas veces, las señales TDMA son transmitidas dentro de una subbanda del total del ancho de banda del transpondedor.

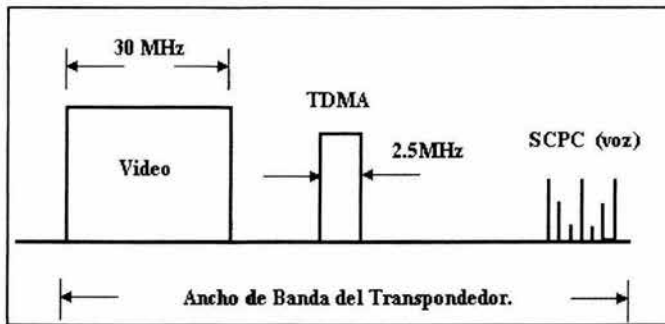


Figura 3.8 Transpondedor multiservicio de TDMA de banda angosta.

Un solo transpondedor, puede ser empleado para proveer múltiples servicios en una configuración FDMA. Desde luego, esta aplicación de TDMA no goza de las ventajas de la no intermodulación que tiene una sola portadora; pero como recompensa, puede compartir recursos con otros sistemas de acceso múltiple. La ventaja de este sistema, radica en que no requiere de la completa utilización de los recursos del transpondedor y a su vez, cumple con los requerimientos de redes pequeñas, gozando de una flexibilidad en la interconexión.

### 3.5.2 TDMA con conmutación en el satélite

Los satélites modernos de comunicación son diseñados con varios haces de antenas para brindar servicios a diferentes regiones de la superficie terrestre. Cada haz tiene asociado un receptor y un transmisor en el transpondedor y las interconexiones, entre ellos, son conmutables. Estos satélites son típicamente asociados con conmutadores de radiofrecuencia en una red y pueden ser dirigidos desde la tierra, para establecer las conexiones del canal deseado. La rápida reconfiguración electrónica, que provee el sistema conmutable, maximiza el flujo de tráfico. La ventaja de esta técnica, es que permite usar el switch del satélite, de tal manera que conecta haces individuales de subida con haces individuales de bajada. A continuación, se muestra una configuración común dentro este sistema.



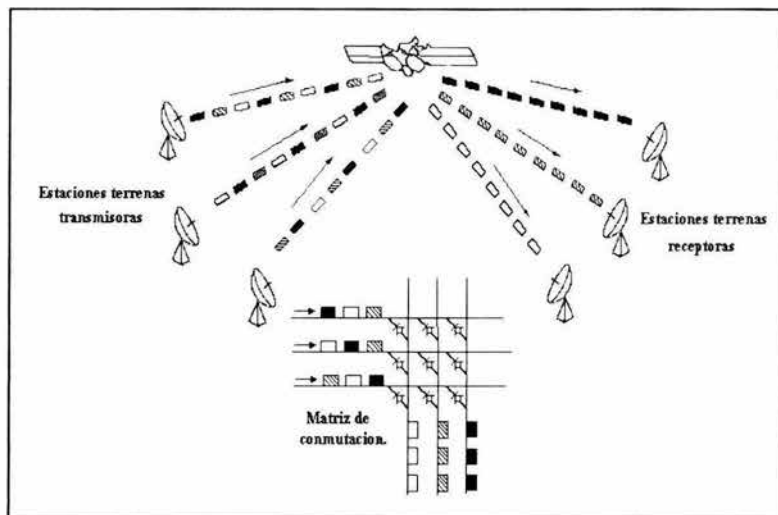


Figura 3.9 TDMA con conmutación en el satélite.

### 3.6 CDMA

Esta técnica, también llamada de espectro esparcido, se refiere a las técnicas de modulación que convierten a la señal en banda base, en una señal modulada con un ancho de banda cuya magnitud, es mucho mayor al ancho de banda necesario para transmitir una señal en banda base.

La técnica CDMA consiste en dar a cada usuario un código pseudo aleatorio único, en vez de darle una portadora única o una ranura de tiempo como se hace en la técnica FDMA y TDMA.

Para detectar la señal deseada, en presencia de tanta interferencia, la señal codificada se correlaciona con el código aleatorio correspondiente. CDMA es una técnica de acceso robusta en contra de la interferencia y es por eso, se ha utilizado en aplicaciones militares.

CDMA es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia y al igual que TDMA, es totalmente digital, además de presentar la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras o receptoras pueden ser muy pequeñas sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios.

Por otra parte, presenta el inconveniente de ocupar mucho ancho de banda (transpondedor completo); pues cada bit de información transmitido, se transforma en un nuevo tren de bits mas largo de acuerdo al código determinado.

CDMA es bastante flexible porque no necesita una coordinación de tiempo precisa entre sus transmisores; de manera que funciona con estaciones terrenas poco complejas, de bajo costo y robustas a la interferencia.

### 3.7 Métodos de acceso múltiple aleatorio por división de tiempo (ALOHA)

Este método permite a estaciones terrenas pequeñas y de bajo costo, comunicarse con un mínimo de protocolos. Su forma de trabajar es muy similar a la de TDMA con la diferencia de que no se necesita una estación de referencia que indique la organización de la red y los arreglos de tiempo. El concepto del sistema tiene los siguientes modos:

- Modo de transmisión: Los usuarios transmiten cuando ellos lo desean, codificando su transmisión con un código de detección de error.
- Modo de escucha: Después de la transmisión de un mensaje, el usuario espera la aprobación del receptor. La transmisión de diferentes estaciones terrenas se pueden traslapa en el tiempo, causando errores de recepción en el contenido de cada mensaje; es decir, creándose una colisión. En caso de que haya una colisión, el receptor le manda un aviso al transmisor solicitándole una retransmisión.
- Modo de transmisión: Cuando hay una colisión, el transmisor espera un tiempo aleatorio para volver a transmitir su mensaje.
- Modo de tiempo fuera: Si el transmisor no recibe ningún tipo de aviso del receptor, el transmisor asume que el mensaje no llegó y lo retransmite.

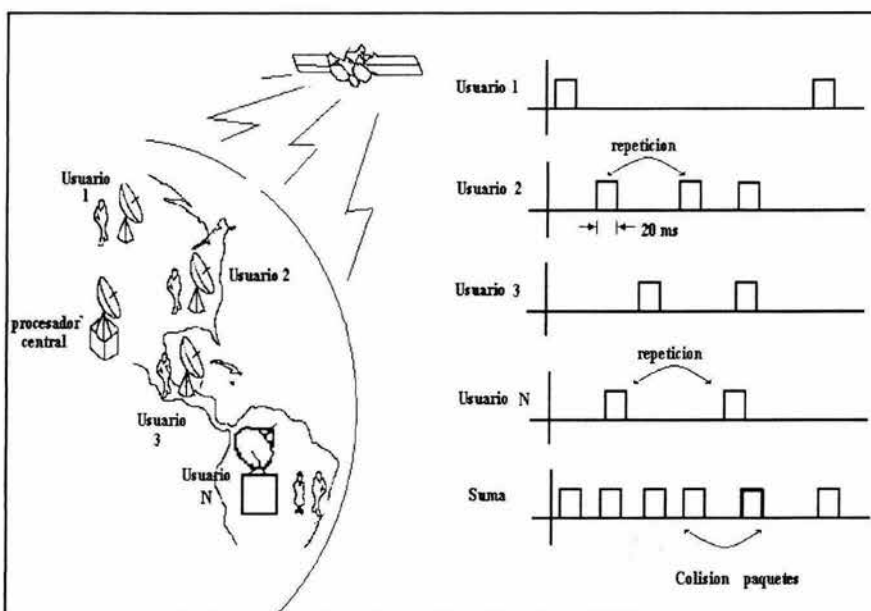


Figura 3.10. Operación del Sistema Aloha.

#### 3.7.1 Aloha ranurado

Es mucho más complejo ya que para la transmisión de paquetes, se establecen ranuras de tiempo, pero sin preasignación para cada estación; por lo que cualquier estación puede ocupar cualquier ranura.

Cada estación, sólo puede transmitir al iniciar el intervalo de una ranura de tiempo, sincronizándose con las demás estaciones y disminuyendo la incertidumbre de cada colisión. De esta forma, no existen colisiones, puesto que las ráfagas llegan a su destino sin interferencia, logrando una capacidad máxima de utilización del doble del sistema Aloha puro.

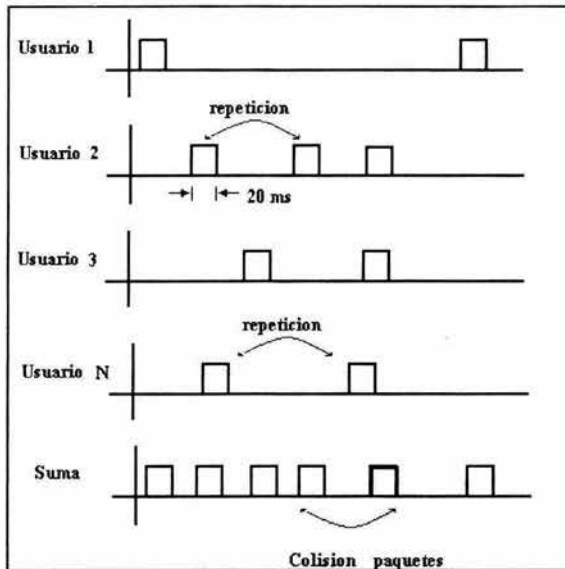


Figura 3.11 Ejemplo de una transmisión con colisión.

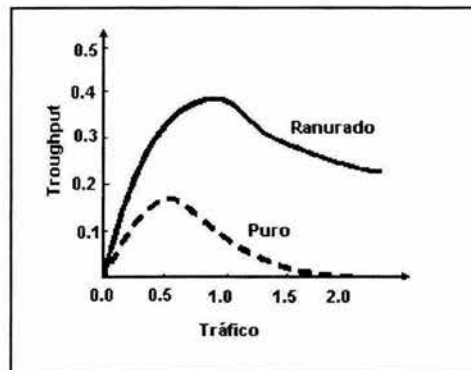


Figura 3.12 Throughput contra Tráfico en canales Aloha.

### 3.7.2 Aloha reservado

Una mejora significativa del sistema Aloha, es la introducción del sistema Aloha reservado, el cuál tiene dos modos básicos de operación: el no reservado y el reservado.

En el modo no reservado, se establece una trama de tiempo y se divide en pequeñas subranuras de reservación. Los usuarios utilizan estas pequeñas subranuras para reservar mensajes. Después de la petición de reservación, el usuario recibe la aprobación y la asignación de su ranura.

En el modo reservado, la trama de tiempo se divide en  $M + 1$  ranuras, en el momento en que se hace la reservación. Las primeras  $M$  ranuras son usadas para la transmisión del mensaje y la última ranura, se divide en subranuras que se utilizan para la petición de reservaciones. Los usuarios pueden mandar paquetes sólo en la porción asignada por las  $M$  ranuras.

## 3.8 Codificación y decodificación

Las técnicas de codificación, son utilizadas dentro de las funciones de los modems, con el objeto de reducir la razón  $E_b/N_b$ ; para lograr una calidad de BER determinada.

El proceso de codificación consiste en añadir bits de redundancia, de forma controlada, a la información que requiere protección. Esta información adicional suministrada para redundancia, puede ser usada para detectar y/o corregir errores que ocurran durante la transmisión; obligando a utilizar un mayor ancho de banda o a reducir la velocidad binaria de información. Lo anterior, evita la necesidad de incrementar la potencia transmitida.

Existen dos tipos de codificación:

- FEC<sup>30</sup>: Codificación que permite detectar y corregir los errores producidos.
- ARQ<sup>31</sup>: Codificación que sólo permite detectar errores en el trayecto de la transmisión.

### 3.8.1 ARQ

Código que detecta el mayor número posible de errores, ya que en caso de detectar un error, solicita una retransmisión por parte del emisor. Si no detecta error alguno, supone que la trama ha llegado sin errores.

Existen tres tipos principales de códigos ARQ:

- ARQ de parada y espera: En este sistema de transmisión, el receptor puede enviar un asentimiento positivo (ACK<sup>32</sup>), en donde la trama haya llegado sin errores o bien un asentimiento negativo (NAK<sup>33</sup>) si ha ocurrido un error.

---

30 Forward Error Conection.

31 Automatic Repeat request.

32 Acknowledgement.

33 Negative Acknowledgement.

Si al emisor le llega un NAK, retransmite la última trama; en caso contrario transmite la siguiente trama. En este sistema, el emisor sólo tiene que tener en memoria la última trama que ha enviado, ya que es la única pendiente a ser atendida.

- ARQ de envío continuo y rechazo simple: En este caso, se supone que el emisor no espera a recibir un asentimiento del receptor, sino que continúa transmitiendo tramas, que almacena en su buffer, hasta que sean asentidas. Es una ventana deslizante en el emisor.

Para diferenciar una trama de las demás, se le añade un número de secuencia supuestamente infinito; pero que no aumenta el número de bits de redundancia. El receptor asiente cada trama con su número correspondiente, lo que libera la trama correspondiente en el buffer del emisor. Si una trama es errónea, el emisor vuelve atrás y retransmite a partir de esa trama; por lo que para un sistema con probabilidades elevadas de error, este código resulta poco viable.

Una ventaja, es que el receptor sólo tiene que almacenar una trama en su registro, pues al final siempre le llegan en orden.

- ARQ de envío continuo y rechazo selectivo: Para evitar perder tiempo durante la transmisión, se busca repetir sólo las tramas con error. Para eso se usa el emisor del ARQ anteriormente explicado.

El transmisor, puede continuar su operación, puesto que al conocer la secuencia de asentamiento, puede retransmitir únicamente la trama defectuosa. El receptor complica su operación, ya que ha de guardar en un registro todas las tramas posteriores a un error, hasta que le llegue la retransmisión de la trama para poder entregarlas en orden. Esto complica el sistema y hace necesario el uso de ventanas deslizantes, tanto en el receptor, como en el emisor. Para probabilidades de error bajas, dicho código no da una gran diferencia en eficacia respecto al sistema ARQ anterior.

### 3.8.2 FEC

En esta técnica de codificación, el receptor utiliza los bits de redundancia para corregir los errores de la transmisión y reconstruir el mensaje original.

Este sistema elimina los retrasos debidos a la retransmisión y a los requerimientos del sistema de memoria, involucrados en la técnica ARQ.

Las ventajas, de la corrección directa de errores, son las siguientes:

- No se requiere un canal de retransmisión.
- Se trabaja con una eficiencia de carga útil constante.
- El retraso total del sistema es constante.

Las desventajas son:

- Eficiencia de carga útil moderada, que disminuye al emplearse códigos más poderosos.
- Dificultad en la selección del código de corrección.

- Confiabilidad de los datos recibidos, altamente sensitiva a cualquier degradación de la condiciones del canal.

Generalmente los códigos FEC son clasificados en códigos de bloque o en códigos convolutivos.

En los códigos de bloque, la información es aceptada en bloques de  $k$  símbolos y son entregados  $n$  símbolos; donde  $n$  es mayor que  $k$  debido a la existencia de bits de redundancia. Una de las principales características del código de bloque, es que los bloques de información son independientes entre si; es decir, cada bloque es codificado independientemente en el receptor. Los códigos de bloque, comúnmente utilizados en los sistemas satelitales, también son conocidos como códigos lineales.

Los códigos convolutivos también tienen  $n$  bits de salida por  $k$  bits de entrada; donde  $n$  es mayor que  $k$ , pero este modo difiere del anterior. La diferencia radica en que la salida del decodificador no sólo depende de los últimos  $k$  bits de entrada, sino que también se le agregan bits adicionales al principio.

El concepto de tasa de codificación se define como  $R = K/n$  y representa, una tasa que se aplica para ambos códigos. Las tasas de codificación más comunes son:  $1/2$ ,  $2/3$ , y  $3/4$ ; lo que significa que en una tasa de  $1/2$  se presenten 2 bits totales, el de información y el de corrección.

Como se muestra en la tabla, el tener un ancho de banda mayor implica una disminución en la tasa de codificación y un incremento en la ganancia; es decir, en la relación  $(E_b/N_0)$ .

Código	1	7/8	4/5	3/4	2/3	1/2
Ganancia	0	2.55	3.8	4.3	4.77	5.4
Expansión de ancho de banda.	1	1.14	1.25	1.33	1.55	2

Tabla 3.3 Tasas de codificación.

Los rangos de las tasas de transmisión típicas para los servicios de datos, voz y video son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tipo de Servicio	Tasa de transmisión	FEC	BER	$E_b/N_0$
Voz y datos	16.00	1/2	$10^{-3}$	6.2
	19.20	1/2	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
	32.00	1/2	$10^{-3}$	6.2
	56.00	1/2, 3/4	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
	64.00	1/2, 3/4	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
datos	128.00	1/2, 3/4	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
	256.00	1/2, 3/4	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
	384.00	1/2, 3/4, 7/8	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	6.2, 7.0, 8.0
	512.00	1/2, 3/4, 7/8	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	6.2, 7.0, 8.0
	768.00	1/2, 3/4, 7/8	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	6.2, 7.0, 8.0
	1024.00	1/2, 2/3, 3/4, 7/8	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	6.2, 6.5, 7.0, 8.0
	2048.00	1/2, 2/3, 3/4, 7/8	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	6.2, 6.5, 7.0, 8.0
Datos y video	6600.00	3/4, 7/8	$10^{-4}, 10^{-5}$	7.0, 8.0
	2700.00	1/2, 3/4	$10^{-3}, 10^{-4}$	6.2, 7.0
	4500.00	3/4	$10^{-4}$	7.0

Tabla 3.4 Tasas de transmisión típicas utilizadas en la practica para el Servicio Fijo por Satélite.

### 3.9 Consideraciones para la Ingeniería del sistema

El desafío de un sistema, se enfrenta al momento de seleccionar la técnica de acceso más apropiada para satisfacer los requerimientos de los servicios de comunicaciones brindados. Para decidir que técnica cumple, de la mejor forma las aplicaciones deseadas, se deben de considerar los siguientes factores:

- **Capacidad:** La capacidad de un sistema de acceso múltiple, se define en términos de la calidad especificada para un número de canales de voz y/o datos que pueden ser acomodados usando la potencia y el ancho de banda de un sólo transpondedor.
- **Potencia y ancho de banda:** Son los recursos fundamentales de un enlace satelital. La potencia y el ancho de banda disponible en un sistema de comunicación satelital, se ve directamente reflejada en el costo. Para poder utilizar la potencia y el ancho de banda de una forma eficiente, la técnica de acceso múltiple debe de ser diseñada tomando en cuenta que la potencia y el ancho de banda son limitados.
- **Interconectividad:** La topología de red de varios servicios de comunicación, indica los requerimientos de interconectividad. En una red punto a punto, económicamente es más recomendable usar otra tecnología de transmisión. Sin embargo, en una topología de red multimodo, es conveniente usar técnicas de acceso múltiples para lograr la interconectividad entre usuarios a diferentes tasas de transmisión y niveles de calidad. Frecuentemente, los satélites son la solución económicamente más viable por enlaces multipunto.
- **Adaptabilidad al crecimiento futuro:** Los equipos de acceso múltiple, usados en las estaciones terrenas, tienen un costo significativo. Por lo tanto, el diseño debe de considerar la habilidad de la técnica para adaptarse al crecimiento del tráfico y a los cambios en sus patrones.
- **Interfaz terrestre:** Es de suma importancia que la interconectividad de última milla<sup>34</sup>, entre la estación terrena y el usuario, le brinden efectividad tecnológica y económica a la técnica de acceso múltiple empleada.
- **Seguridad de comunicación:** Las comunicaciones actuales por satélite enfrentan el problema de proteger datos confidenciales de la industria privada y gubernamental, ya que son vulnerables a la recepción no autorizada.
- **Efectividad en el costo:** El costo por canal en la implementación de las técnicas de acceso, es una consideración muy importante para la ingeniería del sistema. Debido al drástico desarrollo y al continuo decrecimiento del costo de la tecnología digital, cada vez se hace más deseable tener una efectividad económica.

---

34 Conexión final de la central hasta el domicilio del usuario central.

---

*Capítulo**4**Conceptos generales de una red  
VSAT*

---

El término VSAT (Very Small Aperture Terminal) hace referencia a estaciones terrenas cuyas antenas tienen diámetros pequeños. Se puede decir que están compuestas de los siguientes elementos:

- Un satélite: El cual opera como un repetidor de radiofrecuencia posicionado en órbita geoestacionaria para permitir que cada una de las estaciones terminales pueda dirigirse hacia un punto virtualmente estacionario.
- Una estación maestra o hub: La cual monitorea las operaciones dentro de la red.
- Una red: La cual puede estar conformada por varias estaciones terminales.

En general, los componentes de las VSATs son de bajo costo y de fácil instalación; por lo que quizá ésta sea una de las principales razones que hace de las VSATs una opción común dentro de los enlaces satelitales.

Dadas las características de éstas redes, las VSATs se utilizan en casos donde se requiere que la velocidad de transmisión del hub hacia las estaciones terminales, sea mayor que la velocidad de tráfico de las estaciones terrenas hacia el hub.

Por otro lado los enlaces directos de una VSAT a otra, no son muy comunes debido a que su pequeño tamaño limita su potencia y su sensibilidad receptora.

Uno de los parámetros característicos de las VSATs, es que debido a la distancia típica entre el satélite y la estación terrena; el satélite induce una atenuación de 200 dB y un retardo de propagación de aproximadamente 0.25 segundos.



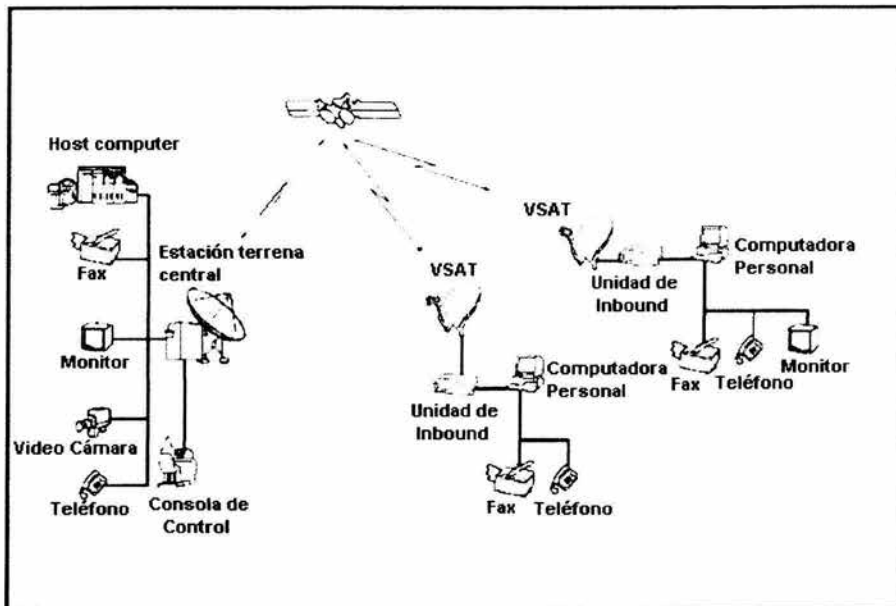


Figura 4.1 Diagrama de bloques de los componentes de la red VSAT.

#### 4.1 Equipos de una VSAT

Una VSAT consta de dos equipos:

- Unidad Externa ODU
- Unidad Interna IDU

Estos equipos se conectan por medio de un par de cables coaxiales de baja pérdida denominados IFL (Inter Facility Link).

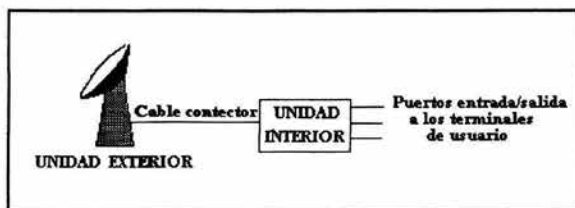


Figura 4.2 Representación de una VSAT.

### 4.1.1 Unidad externa (ODU)

Esta unidad consiste en:

- Antena: Soporte metálico, plato y reflector.
- Componentes de recepción: Convertidor de bajada y amplificador de bajo ruido.
- Componentes de transmisión: Convertidor de subida y amplificador de alta potencia.

Sus componentes electrónicos permiten transmitir las señales con las características requeridas y recoger las señales con una interferencia mínima.

Los parámetros de especificación del ODU son:

- Bandas de frecuencia de transmisión y recepción.
- Ajuste de frecuencia de portadora transmitida y recibida.
- Relación ganancia a temperatura de ruido (G/T).
- Variación de ganancia del lóbulo lateral de la antena con el ángulo fuera de eje, que controla el valor de PIRE y la G/T.
- Rango de temperatura de operación, viento, lluvia y humedad.

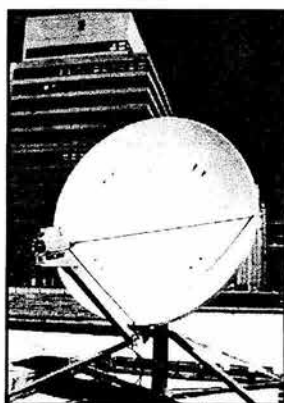


Figura 4.3 Unidad exterior de una VSAT.

### 4.1.2 Unidad interna (IDU)

Esta unidad funciona como modem y cuenta con circuitos que activan la comunicación entre el equipo del usuario y el satélite.

Los parámetros de especificación del IDU son:

- Técnicas de acceso.
- Número de puertos con que cuenta.
- Tipo de puertos: interfase mecánica, eléctrica y protocolos.
- Velocidad de los puertos.

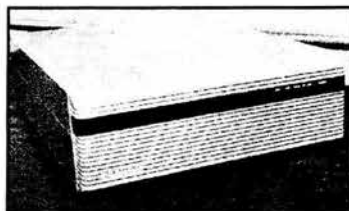


Figura 4.4 Unidad interior de una VSAT.

## 4.2 Estación Maestra (Hub) de una VSAT

La estación maestra es una estación terrena, que controla el acceso al satélite. Está compuesta principalmente de dos elementos:

- Terminal de radiofrecuencia: Conformada por una antena con diámetro entre 4,5 y 11 m, además de un receptor principal, subreflector, trompeta, armazón de carga, mecanismo guía, pedestal, equipo de radiofrecuencia (RF) integrado por el equipo de transmisión, tal como el amplificador de alta potencia y el convertidor de subida y equipo de recepción, como el amplificador de bajo ruido y el convertidor de bajada. Ambos equipos son instalados en la antena maestra.

Los convertidores se encargan de modificar la frecuencia de las señales recibidas y las transmitidas; mientras que ambos amplificadores se encargan de incrementar la potencia de las señales para obtener una buena transmisión.

La selección de este equipo depende del tamaño de la red y de las consideraciones de tráfico que deban tomarse.

- Equipos de banda base o frecuencia intermedia (IF): Son moduladores, demoduladores, procesadores satelitales que controlan la transmisión a través del satélite, procesadores que manejan los protocolos de interfase de red y el sistema para la administración de la red.

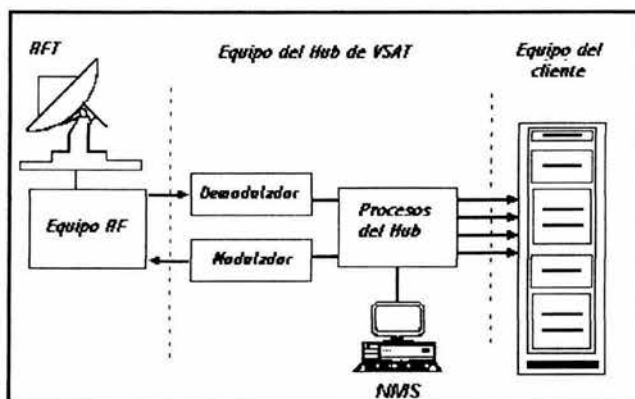


Figura 4.5 Componentes de la Estación Maestra de una VSAT.

Como se puede observar, tiene una arquitectura basada en módulos o bloques. Este diseño modular y la flexibilidad de manejo a través del Sistema de Administración, monitoreo y Control (NMS), permiten al usuario agregar equipo de acuerdo al crecimiento de la red.

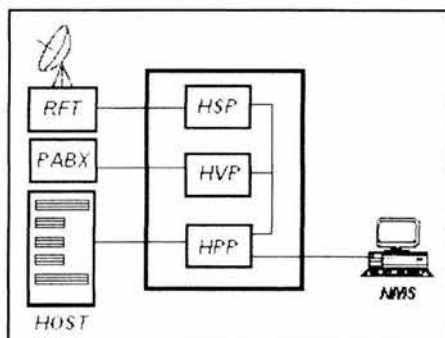


Figura 4.6 Arquitectura interna de la Estación Maestra de una VSAT.

La Estación Terrena Maestra puede manejar hasta 3,000 puertos de datos por medio del HSP<sup>35</sup> y los HPPs<sup>36</sup> y más de 1,000 canales de voz por medio de los HVPs<sup>37</sup>.

La terminal de radio frecuencia tiene una redundancia 1:1, mientras que los módulos correspondientes a la banda base, pueden tener una redundancia de 1 a N.

### 4.3 Estaciones Terminales Remotas una red VSAT

Las VSATs remotas, funcionan como Estaciones Terminales en los extremos de la red; es por ello que tienen que soportar voz, datos y además procurar mantener la comunicación con la red a través de la Estación Maestra. Este tipo de estaciones están compuestas de:

- Unidad externa (ODU).
- Unidad interna (IDU).
- Dos cables coaxiales IFL, empleados en las conexiones entre el ODU y el IDU.

#### 4.3.1 Unidad externa (ODU)

Representa la interfase con el satélite y al igual que el ODU de la Estación Maestra, este contiene:

- Una antena VSAT que incluye un reflector o plato y la base o soporte. El reflector estándar es un plato de sección parabólica con cubierta metalizada. El tamaño de la antena para una localidad en particular, depende de la frecuencia de la portadora, de las condiciones meteorológicas y de la huella de satélite en esa región.

35 HSP es el procesador digital de la estación maestra, el cual está formado de moduladores, transmisores, conjunto de receptores, divisores de potencia y un CPU.

36 HPP es el procesador de protocolo de la estación maestra, y sirve como interfase con las computadoras host, permitiéndoles comunicarse con las terminales remotas a través de la red VSAT.

37 HVP es el procesador de canales de voz.

BANDA DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	DIÁMETRO DE LA ANTENA
Ku	0.55 m – 1.2 m
C	1.8 m – 2.4 m

Tabla 4.1 Diámetros de una antena para una estación VSAT.

- Componentes de radiofrecuencia tales como: transmisor, receptor, una guía de onda y una trompeta. Estos se colocan en el punto focal de la antena y son los encargados de llevar el procesamiento de señales y la conducción de las mismas desde y hacia el reflector.
- Transmisor HPC: Compuesto de un amplificador de potencia y un convertidor de subida. El HPC lleva a cabo el cambio de frecuencia (de IF a RF) y la amplificación de las señales para la transmisión. La potencia de transmisión depende de la frecuencia de operación y de los valores permitidos por las regulaciones locales.

La entrada del convertidor de subida es una señal en banda L entre 950 y 1450 MHz, proveniente del IDU a través de un cable coaxial.

El HPC convierte esta señal a banda Ku y posteriormente la amplifica para enviarla finalmente a la antena.

BANDA DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA DE TRANSMISIÓN
Ku	2000 mWatts
C	200 - 500 mWatts

Tabla 4.2 Potencias para el transmisor del ODU.

- Receptor LNB: El LNB (Low Noise Block) lleva a cabo el cambio de frecuencia de RF a IF y la amplificación de señales recibidas. El ODU utiliza un LNB estándar de banda L. Este componente amplifica las señales de baja potencia recibidas sin que se distorsionen y cambia su frecuencia de banda Ku o C a banda L.

Estas señales se envían posteriormente al IDU por medio de un cable coaxial, pasando primero por OMT.

- Guía de onda OMT: Este componente se utiliza para conectar el transmisor y el LNB.

El OMT (Ortho Mode Transducer) separa las señales transmitidas de las recibidas, valiéndose de sus diferencias en polarización y frecuencia. El HPC y el LNB están conectados a puertos separados del OMT. Esta configuración proporciona recepción de señales en una polarización y transmisión en la otra (polarización ortogonal).

- Trompeta (feeder o feed horn): Se encarga de transmitir las señales transmitidas hacia el plato de la antena y de recolectar las señales recibidas desde el mismo.

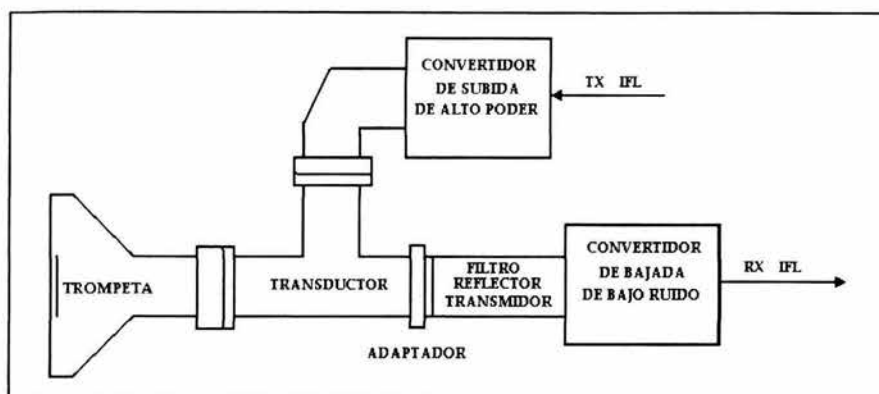


Figura 4.7 Componentes RF del ODU.

#### 4.3.2 Unidad interna (IDU)

Representa la interfase con las terminales del usuario y esta integrada por un modulador, demodulador, electrónica de procesamiento de banda base y puertos seriales y de datos.

Lleva a cabo las funciones de procesamiento de protocolos, codificación de la información, decodificación con corrección de error hacia delante (FEC) y el monitoreo y configuración de los parámetros exclusivos de las Estaciones Terminales Remotas.

Generalmente se ubica dentro de algún edificio, ya que esta diseñado para operar a temperatura ambiente.

#### 4.4 Procesos de radiofrecuencia

Se entiende por procesos de radiofrecuencia, a todos aquellos procesos dentro de un enlace satelital, que tienen como objeto adecuar la señal para su transmisión y/o recepción correcta entre todos los nodos de la red. Concretamente, nos estamos refiriendo a los procesos de filtrado, sintetización, codificación, decodificación, modulación, demodulación, amplificación de potencia, conversión de frecuencia, equalización, entre otros.

Una parte de estos procesos se llevan a cabo dentro de la unidad interior de la Estación Terrena (IDU) y los restantes dentro de su unidad exterior (ODU). A continuación se presenta un diagrama en donde se explica de forma visual, como están compuestos los procesos de radiofrecuencia; además de recordar que a lo largo de la tesis se estarán enfatizando estos procesos de una forma más extensa.

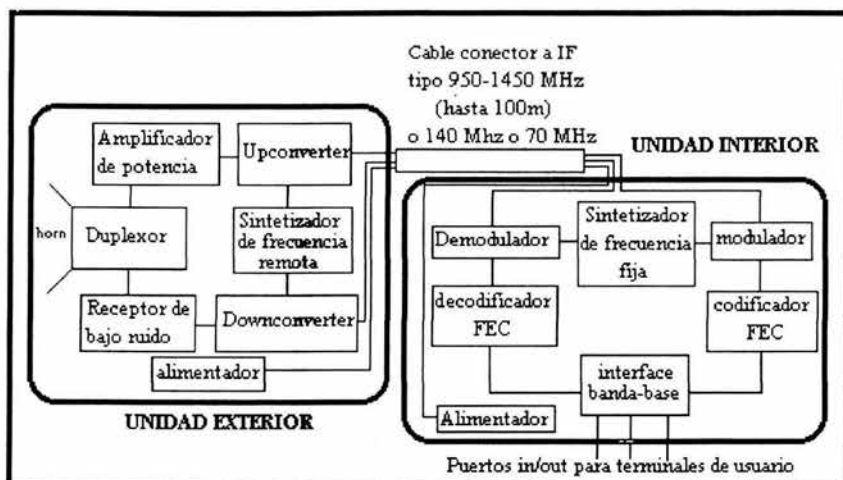


Figura 4.8 Diagrama de bloques de los procesos de radiofrecuencia.

#### 4.4.1 Equipo de recepción

Consta principalmente de un amplificador de bajo ruido representado por medio de un transistor bipolar. El ruido esperado por el efecto de campo del transistor, es esencialmente de origen térmico, por lo que puede ser reducido por medio de un semiconductor y las características geométricas del transistor.

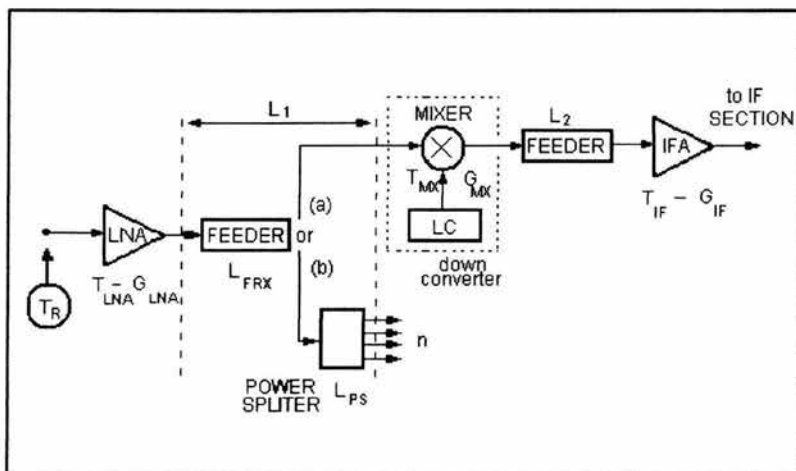


Figura 4.9 Diagrama de bloques del receptor.

Los valores típicos de la temperatura de ruido están dados a través de la siguiente tabla, en donde se determina como este depende de la banda de frecuencia utilizada.

BANDA DE FRECUENCIA (GHZ)	TEMPERATURA DE RUIDO (K)
4	30
12	65
20	130
40	200

Tabla 4.3 Relación de la frecuencia contra la temperatura de ruido.

Es importante señalar que antes de elegir un amplificador de bajo ruido, se debe tomar en cuenta el posible crecimiento futuro de la estación terrena; es decir, aunque en un principio el amplificador tenga que operar en un nivel más bajo que el de su capacidad máxima, éste debe ser capaz de suministrar los requisitos de potencia y ancho de banda de futuras señales adicionales, que la estación terrena deba transmitir durante los siguientes años de su vida útil.

Una vez que el amplificador de bajo ruido ha sido diseñado, las portadoras se reciben en la banda de frecuencia usada en el enlace; convirtiéndolas a una banda de frecuencia más baja.

La distribución de las portadoras hacia diferentes demoduladores se lleva a cabo empleando una frecuencia intermedia (que dependiendo del sistema puede tener una frecuencia central de 70 MHz, 140 MHz, 1 GHz o más) y una portadora seleccionada con una frecuencia en particular (típicamente de 30 KHz).

La conversión de una portadora original a una portadora de frecuencia intermedia, involucra el uso de un equipo convertidor de frecuencia, el cual actúa sobre la portadora original para seleccionarla y convertirla a una frecuencia intermedia.

La sintonización es desarrollada por el convertidor de bajada, ya que controla la frecuencia de oscilación local, además que permite estandarizar el equipo de frecuencia intermedia; por lo que se reducen los costos y se simplifica el mantenimiento.

Cuando la estación terrena tiene que demodular varias portadoras simultáneamente, es necesario distribuir la potencia hacia los amplificadores de bajo ruido, entre la salida de estos y varios convertidores de canales.

Este proceso se lleva a cabo a través de un distribuidor de potencia, el cual está construido a base de dispositivos pasivos.

El distribuidor de potencia, provoca tanto pérdidas como ganancias en la conexión que va desde la salida del distribuidor, a la entrada del amplificador de baja potencia.

La potencia distribuida entre los  $n$  canales transmitidos, experimenta una atenuación proporcional al factor " $n$ "; por lo tanto, el total de pérdidas a la salida de cualquier convertidor es el resultado del producto de tres factores: pérdidas de inserción del distribuidor de potencia, pérdidas del alimentador y el factor " $n$ ".



#### 4.4.2 Equipo de transmisión

La potencia por portadora  $P_T$ , suministrada por el equipo de transmisión, determina el valor de la potencia efectiva isotrópica radiada; la cual es, una característica de la estación terrena.

La potencia  $P_T$ , de la portadora disponible, en la entrada de la antena depende de la potencia del amplificador  $P_{HPA}$ , las pérdidas de conexión  $L_{FTX}$  entre la salida del amplificador y la interfase de la antena y la potencia perdida  $L_{MC}$ .

Por lo tanto dicha potencia  $P_T$  se expresa de la siguiente manera:

$$P_T = (P_{HPA})(1/L_{FTX})(1/L_{MC})$$

Las características del amplificador de potencia varían de acuerdo a la tecnología usada; la cual podría ser un transistor, un Klystron o un tubo de onda transportada.

En la tabla siguiente, se muestran parámetros de los amplificadores de potencia, en función de las frecuencias en las que operan.

TECNOLOGÍA	FRECUENCIA (GHZ)	POTENCIA (KW)	EFICIENCIA (%)	ANCHO DE BANDA (MHZ)	GANANCIA (DB)
Klystron	6	1-5	50	60	40
	14	.5-3	35	90	40
	18	1.5	35	120	40
	30	.5	30	150	40
Travelling wave tube (TWT)	6	.1-3	40	600	150
	14	.2-2.5	50	700	50
	18	.5	50	1000	50
	30	.05-.15	50	3000	50
	6	5-100	30	600	50
FET	14	1-50	20	500	50

Tabla 4.4 Características Típicas del amplificador de potencia.

En el caso de que los amplificadores de potencia sean no lineales (aquellos que poseen una región cuasi lineal), la potencia de salida máxima suministrada por ellos, es la potencia de saturación, por lo que se utilizan dispositivos llamados linealizadores, los cuales nos ayudan a disminuir los efectos de la no linealidad.

Los linealizadores en combinación con un preamplificador, producen una amplitud y una distorsión de fase de la señal, misma que ayuda a compensar las características específicas del amplificador de potencia.

## 4.5 Procesos de comunicación

Específicamente, en el subsistema de comunicaciones, la transmisión consiste en convertir las señales de banda base en portadoras de radio frecuencia para amplificarlas. Inversamente, en la recepción se convierte a las portadoras (tomadas a la salida del amplificador de bajo ruido) en señales de banda base.

Las señales de banda base pueden ser analógicas (canales telefónicos, señales de televisión o sonidos programados) o digitales (canales de voz multiplexados o paquetes de datos).

Las funciones que se efectúan en el extremo de recepción son:

- Conversión de la frecuencia de las portadoras a una frecuencia intermedia.
- Filtrado y ecualización.
- Demodulación de portadoras.

Para la transmisión se utiliza TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo) como técnica de acceso.

Las funciones a continuación mencionadas, se efectúan en el extremo de transmisión, pero sólo es para señales analógicas:

- Modulación de la portadora cuando ésta posee una frecuencia intermedia.
- Filtrado y ecualización.
- Conversión de las portadoras moduladas de radio frecuencia.

### 4.5.1 Frecuencia de traslación

La función de la frecuencia de traslación, es la de seleccionar una banda de frecuencia particular para la portadora (que se obtiene a la salida del amplificador de bajo ruido) y trasladar el espectro de esta portadora hacia la frecuencia intermedia seleccionada.

La frecuencia intermedia seleccionada, se determina bajo las consideraciones de que su valor tiene que corresponder a una frecuencia que ocupe la mayor proporción del ancho espectral de la portadora; mientras que por otro lado, tiene que ser un valor lo suficientemente bajo como para poder pasar a través del filtro paso bajas.

### 4.5.2 Amplificación, filtrado y ecualización

Las funciones de amplificación, filtrado y ecualización son efectuadas en frecuencias intermedias.

El filtro paso bandas con frecuencias intermedias, define el espectro de la portadora modulada y limita el ruido de banda ancha. Las características de este filtro dependen de las características de modulación de la portadora concerniente.

Estos filtros usualmente son diseñados como filtros Butterworth o Chebyshev empleando capacitores e inductores en su implementación.

Los elementos de filtrado en los canales de transmisión y recepción, el transpondedor satelital y la potencia de amplificación, están en función de la frecuencia.

### 4.5.3 Modulación y demodulación

Las operaciones de modulación y demodulación son realizadas en frecuencias intermedias y se efectúan de acuerdo a las técnicas de acceso empleadas (TDMA o FDMA), tipo de señal de banda base (canal simple o multiplexado) y tipo de modulación de la portadora para la señal de banda base (para señales analógicas se modula comúnmente la frecuencia y para señales digitales se modula la fase).

Los sistemas de modulación y demodulación deben tener una buena linealización y una constante de propagación mayor a la de la banda de frecuencia, del canal satelital, para asegurar una alta capacidad de transmisión.

En las transmisiones digitales se utiliza modulación por fase en diferentes tipos; es decir, puede ser modulación BPSK (con dos estados de fase) o QPSK (con cuatro estados de fase).

Para obtener la portadora modulada con dos estados de fase, la señal de frecuencia intermedia (proveniente del oscilador de cristal de cuarzo) es multiplicada por un bit mediante un código NRZ. El filtro paso banda limita el espectro de modulación de la portadora.

Para obtener una modulación con cuatro estados de fase, se combinan por cuadratura dos señales moduladas con dos estados de modulación cada una.

### 4.5.4 Terminales de acceso múltiple por división de tiempo

El equipo terminal de TDMA se divide en dos sistemas operacionales que son:

- Subsistema de frecuencia intermedia (IFSS):

Este subsistema desarrolla funciones como modular por fase a la portadora transmitida por paquetes de datos digitales, demodular las ráfagas recibidas y recuperar los datos binarios.

En el extremo de recepción las ráfagas recibidas de manera continua, provienen de diferentes estaciones terrenas y éstas poseen diferentes fases y amplitudes.

También se emplea un filtro pasivo que ayuda a recuperar la fase al principio de cada ráfaga de información.

El control automático de fase compensa las rápidas variaciones de frecuencia entre ráfagas consecutivas; mientras que el control automático de ganancia (con ayuda de una rápida respuesta en el tiempo) permite compensar las variaciones de amplitud entre ráfaga y ráfaga.

En el extremo de transmisión (cuando la ráfaga aún no ha sido transmitida), el nivel de salida correspondiente a la frecuencia intermedia, debe ser lo suficientemente bajo para evitar interferencias.

- Equipo lógico común (CLE): Este consta de varios módulos que se explican a continuación y que se muestran en la figura siguiente:
  - Controlador del receptor: Lleva a cabo el reconocimiento único de palabras, solución de ambigüedades en datos demodulados, sincronización en los buffers que contienen paquetes de datos, corrección de errores en la decodificación, demultiplexación en los canales en servicio y control en los canales en retención.
  - La base temporal: Además de generar un reloj, proporciona un voltaje controlado por un oscilador de cristal de cuarzo con el cual se sincroniza a sí mismo. Otra referencia de tiempo puede tomarse del reloj principal.
  - Controlador del transmisor: Efectúa operaciones similares al controlador del receptor es decir; sincroniza buffers, genera un preámbulo en las tramas de información, multiplexa datos, aplica código de corrección de errores, etc.
  - El procesador: Realiza funciones tales como adquisición y sincronización de la red, mantenimiento y procesamiento de ráfagas de tiempo, mantenimiento de redundancia, diagnóstico y asistencia con mantenimiento.
  - El procesador auxiliar: Extrae los mensajes desde el servidor de canales y el control de retención de canales; en donde han sido recibidos y enrutados.

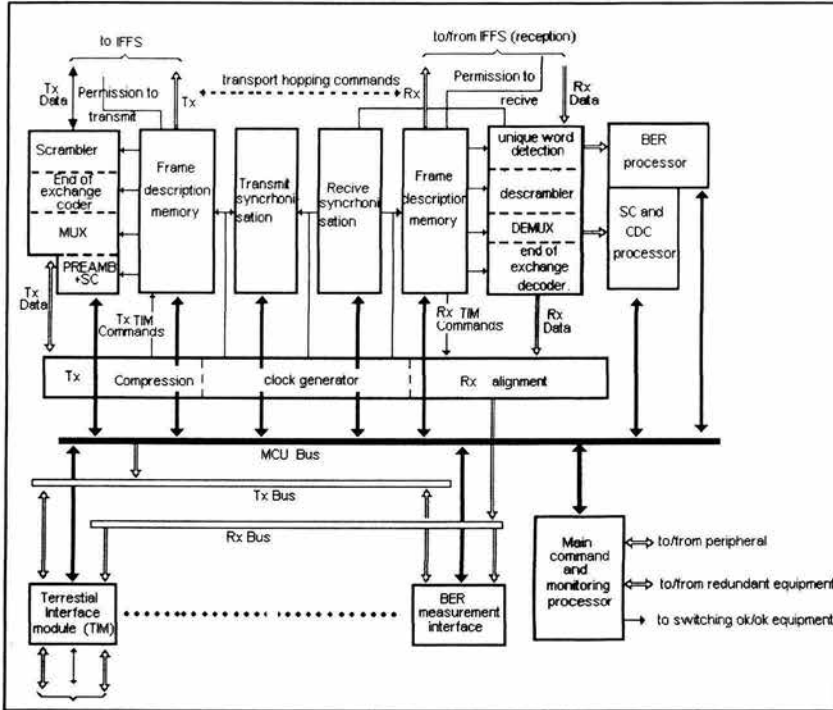


Figura 4.10 Diagrama de bloques del equipo lógico común.

### 4.6 Topologías de una red VSAT

La red VSAT adopta diferentes configuraciones según el tipo de tráfico y procesamiento de datos que se requiera. Comúnmente se utiliza una topología de malla o de estrella.

La primera permite que todos los nodos se comuniquen entre sí de forma directa. La topología de estrella presenta dos alternativas de comunicación. Una de ellas es llamada One-Way y en este tipo de comunicación sólo se puede recibir información proveniente del hub. La otra alternativa es Two-Way con enlaces bidireccionales en las que las VSATs pueden recibir y transmitir información.

La topología en forma de estrella, es conveniente para aplicaciones en las que los centros de datos se comunican en cientos y miles de terminales geográficas. Tal es el caso del Sistema Nacional e-México.

## 4.7 Frecuencias de operación de una red VSAT

Las frecuencias comúnmente usadas por las redes VSAT son aquellas asignadas para servicio fijo (incluidas la banda X empleada en sistemas militares y la banda Ka empleada en sistemas experimentales), la banda C y la banda Ku.

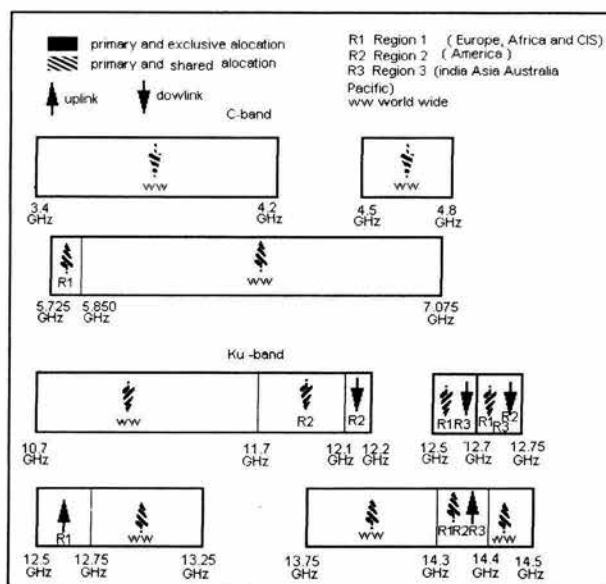


Figura 4.11 Bandas de frecuencia asignadas en una VSAT.

La selección de una banda de frecuencia para una red VSAT, depende de la disponibilidad de satélites que cubren la región en la que se instalará la red; sin embargo, las frecuencias más empleadas son las pertenecientes a la banda C y a la banda Ku, la cual esta subclassificada en frecuencias primarias y exclusivas.

Como la interferencia es un problema dentro de las VSATs debido a que producen un patrón de radiación con gran ancho de haz, mientras menor sea la frecuencia de operación y el diámetro de la antena, mayor será el ancho del haz y también la probabilidad de emitir o recibir las portadoras fuera de su eje.

Por ello es indispensable analizar cual será la frecuencia de operación a emplear para determinado servicio; por ejemplo para una antena de 1.8 m de diámetro se tiene un ángulo de 3° de ancho de haz a 4 GHz (banda C) y solo 1° de ancho de haz a 12 GHz (banda Ku).

Lo anterior quiere decir que es más probable que una antena reciba más señales no deseadas si trabaja en una banda C, que si trabaja con la banda Ku; pero al operar en la banda Ku se presenta un incremento en la atenuación por factores atmosféricos. Por lo consiguiente, podemos concluir que ambas alternativas tienen ventajas y desventajas; por ello es un factor decisivo elegir el parámetro al que se le dará prioridad y cual se prefiere sacrificar.

## 4.8 Generalidades de una red VSAT

El sistema puede soportar simultáneamente una diversidad de protocolos para redes de datos; entre los que se encuentran X.25, SNA/SDLC y TCP/IP. Las VSATs utilizan tecnología de recepción de televisión (TVRO) por medio del uso de bloques de bajo ruido, LNBS.

### 4.8.1 Características típicas de una red de VSAT

- Arquitectura: Interactiva, configuración estrella.
- Capacidad: Hasta 34.000 VSATs.
- Protocolos que soporta: X.25, asíncronos sobre X.25, SNA/SDLC, TCP/IP etc.
- Rangos de frecuencia de operación: Banda C y banda Ku.

### 4.8.2 Características típicas de la Estación Maestra de una VSAT

- Antena Maestra:
  - Marca
  - Modelo
  - Frecuencia de transmisión: 14.0 – 14.5 GHz.
  - Frecuencia de recepción: 11.7 – 12.2 GHz.
  - Polarización: lineal
  - Diámetro: Típicamente de 6.1m.
  - Material reflector: Paneles de aluminio.
  - Tipo de reflector: Cassegrain.
  - Tipo de montura: Elevación sobre Azimut
  - Elevación: de 5 a 65 grados continuo.
  - Azimut: 120 grados continuo.
  - Resistencia al viento: 200 Km/hora máximo.
  - Temperatura: de -29 °C a 60 °C.
  - Lluvia: 10 cm/h.
  - Hielo: 2.5 cm radial.
- Puertos de usuario:
  - Interfase: RS-232, RS-422, RS-449, V.35, V.36, Token Ring, Ethernet.
  - Velocidad de transmisión: 9.6 a 256 Kbps.
- Portadora de Outbound:
  - Número de portadoras: Configurable.
  - Velocidad de transmisión: 64 a 2048 Kbps
  - Corrección de errores: Viterbi concatenada, Reed Solomon y Convolutacional.
- Desempeño de la tasa de errores: Mejor que  $10^{-12}$ .
- Modulador:
  - Tipo de modulación: BPSK o QPSK.
  - Salida de IF:  $70 \pm 18$  o  $140 \pm 36$  MHz.

- Corrección de errores: Viterbi concatenada, Reed Solomon y Convolutacional.
- Plataforma del sistema de administración de la red: Estación de trabajo SUN orientada a objetos.
  
- Portadora de inbound de una terminal remota:
  - Método de acceso al satélite: FDMA o TDMA.
  - Velocidad de transmisión: 9.6, 19.2, 38.4, 76.8 y 153.6 Kbps.
  
- Unidad externa de una terminal remota:
  - Tamaño de la antena: Banda Ku: 0.55 a 1.2 m, Banda C: 1.8 m.
  - Potencia del transmisor de radiofrecuencia: Banda Ku de 0.2 Watts y para banda C de 2 Watts.
  - Tipo de LNB Tipo TVRO estándar.
  
- Unidad interna de una terminal remota:
  - Puertos: Unidad básica con 2 puertos seriales y un puerto ethernet. Si hay adicionales, éstos pueden ser seriales, Token Ring, de voz y video.
  - Velocidad de transmisión: 50 bps a 64 Kbps.
  - Interfase: Serial con RS232, Token Ring con UTP RJ45, Ethernet con 10Base T, Voz con 2W FXS RJ11.
  - Consumo de potencia: Menos de 35 W, incluyendo el ODU.

#### 4.9 Aplicaciones de una red VSAT

El tipo de aplicaciones dependen del tamaño y la complejidad de la terminal; por lo que pueden clasificarse en los grupos de servicio especificados en la siguiente tabla.

TIPO DE SERVICIO	APLICACIONES
Redes One-Way	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación continua a distancia</li> <li>• Actualización de información financiera</li> <li>• Actualización de información de mercado</li> <li>• Difusión de programas de televisión</li> <li>• Enlaces de video hacia negocios</li> <li>• Difusión de música a áreas públicas o de negocios</li> </ul>
Redes Two-Way	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambio de información y consulta de bases de datos entre computadoras</li> <li>• Transacciones interactivas por computadora</li> <li>• Videoconferencias de baja velocidad</li> <li>• Transacciones bancarias y financieras</li> <li>• Cajeros automáticos</li> <li>• Transferencia electrónica de recursos a puntos de venta</li> <li>• Sistemas de reservaciones</li> <li>• Enseñanza interactiva</li> <li>• Control y telemetría de procesos remotos</li> <li>• Comunicación de voz</li> <li>• Transmisión de noticias</li> <li>• Servicios de internet</li> <li>• Control de inventarios y monitoreo de ventas</li> </ul>

Tabla 4.5 Clasificación y tipo de aplicaciones de una red VSAT.



#### 4.10 Ventajas de una red VSAT

Estas pueden agruparse de la siguiente forma:

VENTAJA	DESCRIPCIÓN
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden instalarse en casi cualquier parte del mundo.</li> <li>• La disponibilidad se ve reflejada en el tiempo de actividad, ya que este parámetro se puede mantener entre 99.9 % y 99.95 %.</li> </ul>
Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como todos los componentes, del enlace de una red de VSAT, están ubicados en el sitio en el que se encuentra la estación terrena, se pueden considerar como una sola pieza.</li> </ul>
Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tienen facilidad de planeación y manejo.</li> <li>• Pueden instalarse rápidamente ya que se trabaja de manera independiente que la red telefónica.</li> </ul>
Administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El control total de la red se lleva a cabo desde la estación terrena por medio del NMS, por lo que la administración es mucho más simple.</li> </ul>
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como existe un solo punto de contacto para la operación y el monitoreo, se reduce el tiempo de detección y atención de fallas.</li> </ul>
Costo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las pérdidas económicas con menores que en otros casos debido a su mayor tiempo de actividad.</li> <li>• El costo del servicio depende del ancho de banda que se utilice, el cual es asignado de acuerdo a los requerimientos propios de la red.</li> <li>• Una red VSAT ofrece ahorros significativos en un lapso de 2 a 3 años.</li> </ul>

Tabla 4.6 Ventajas de una red VSAT.

---

*Capítulo**5**Segmento espacial*

---

**5.1 Enlace satelital**

El sistema de comunicación vía satélite, consta de dos segmentos llamados espacial y terrestre.

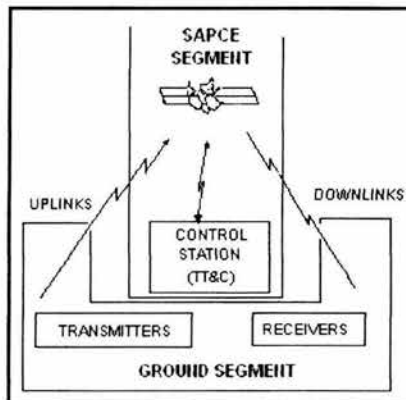


Figura 5.1 Elementos del sistema de comunicación.

El segmento terrestre, está integrado por todas las estaciones terrenas del sistema de comunicaciones, las cuales frecuentemente son conectadas a un equipo terminal a través de una red terrestre.

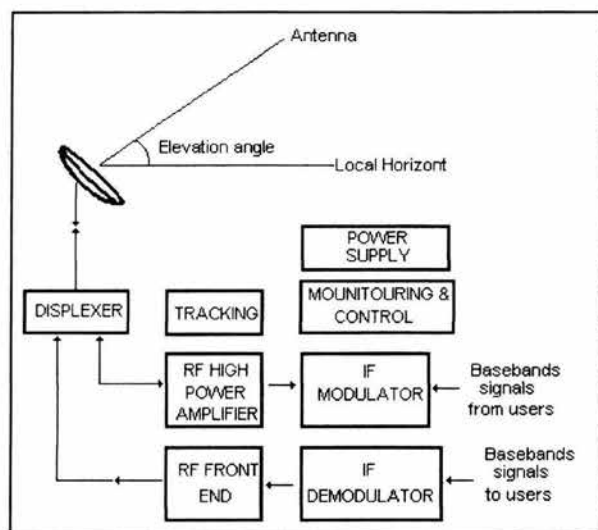


Figura 5.2 Organización de una estación terrena.

Algunas antenas están diseñadas para sólo transmitir o recibir, pero también hay antenas que pueden tanto recibir como transmitir.

El segmento espacial, por su parte, está formado por el satélite y todas las facilidades terrestres de control y monitoreo del mismo; lo que quiere decir a que en dichas facilidades están incluidas la trayectoria del enlace y las estaciones de telemetría y comando.

La onda de radio transmitida por la estación terrena, es recibida por el satélite. Este enlace es llamado uplink. La señal de regreso, es transmitida por el satélite y recibida por la estación terrena; a la cual se le conoce como downlink.

La calidad del radio enlace es especificado por la relación señal a ruido de la señal. De esta manera, el satélite conforma un punto obligatorio en la trayectoria de un grupo de enlaces simultáneos; por ello puede considerarse como un punto nodal en la red.

Por otro lado, a su vez, el satélite está dividido en dos partes: la plataforma (formada de todos los subsistemas del satélite) y el set de carga (integrada por las antenas de transmisión y recepción y todos los equipos electrónicos que actúan como soporte en la transmisión de portadoras).

El cálculo de enlace es un procedimiento matemático en el cual, evaluamos la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite, considerando los niveles de potencia en todo el sistema.

Este nos proporciona los valores de potencia necesarios para comunicar dos o más estaciones terrenas (E/T); considerando las condiciones físicas relacionadas con el viaje de

la señal por el espacio libre, tratamiento que recibe la señal en los equipos y la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

Para la realización de redes satelitales, el cálculo de enlace es la base matemática para el dimensionamiento del equipo que se emplea en las estaciones terrenas, siendo útil para determinar la potencia necesaria en la operación de redes.

Dividimos el cálculo del enlace satelital en tres partes principales:

- Enlace ascendente (uplink)
- Enlace descendente (downlink)
- Evaluación del enlace

En las dos primeras partes se trata de obtener las relaciones  $(C/N_0)$  totales ascendentes y descendentes y en la última, el margen del enlace.

El margen del enlace, es el parámetro que indica la calidad total del enlace considerando el nivel de potencia del equipo receptor, de acuerdo a una calidad esperada en la información recibida y la calidad de la información proporcionada por el enlace en función de la potencia total.

Cuando se diseña un enlace, debemos adoptar algún criterio para considerar si el margen del enlace es bueno o no; dando por concluido el cálculo si es satisfactorio y procediendo a obtener los valores más relevantes como lo son el PIRE (Potencia efectiva isotrópica radiada) de la o las estaciones terrenas y el PIRE del satélite por portadora; esto es, las potencias controlables de nuestro enlace.

Si el enlace no es satisfactorio, se realiza nuevamente el cálculo cambiando las condiciones de potencia; por lo cual, debemos cambiar el valor de la potencia con la que transmite la estación terrena y así, hasta obtener los resultados deseados. De aquí en adelante el subíndice Tx es para referirnos a un equipo transmisor y Rx para el equipo receptor.

### 5.1.1 Radiación del lóbulo lateral

En su mayoría, la potencia radiada por la antena proviene del lóbulo de mayor tamaño; sin embargo, una pequeña cantidad de la potencia es disipada por los lóbulos laterales.

Los lóbulos laterales de una estación terrena determinan el nivel de interferencia con otras órbitas satelitales. El límite de interferencia que ha sido propuesto, está determinado por un rango de frecuencias que va desde los 2 a los 30 GHz y para que esto se cumpla, la antena debe de tener una eficiencia no mayor al 90%.

### 5.1.2 Densidad de flujo del punto receptor y PIRE (Potencia efectiva isotrópica radiada)

Antes de adentrarnos en el concepto de densidad de flujo y PIRE, se requiere explicar que se entiende por la ganancia de una antena, patrón de radiación y ancho de haz.

La ganancia de una antena está definida por:

$$G = 4\pi\eta A / \lambda^2$$

Donde:

$\eta$  es la eficiencia de la antena (cuyo valor depende de la iluminación en el plato y el grado de polarización).  
 $A$  es el área física de su apertura  
 $\lambda$  es la longitud de onda a la frecuencia de trabajo.

Se le llama área efectiva, al resultado de multiplicar la eficiencia con el área física.

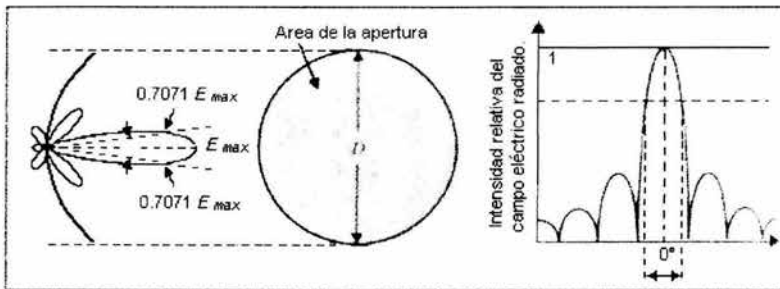


Figura 5.3 Patrón de radiación típico de una antena parabólica.

El patrón de radiación es una gráfica o diagrama polar, que representa las intensidades de los campos o densidades de potencia, en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico o de la intensidad de potencia, se llama patrón de radiación absoluto; pero si se traza en relación al valor de un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo.

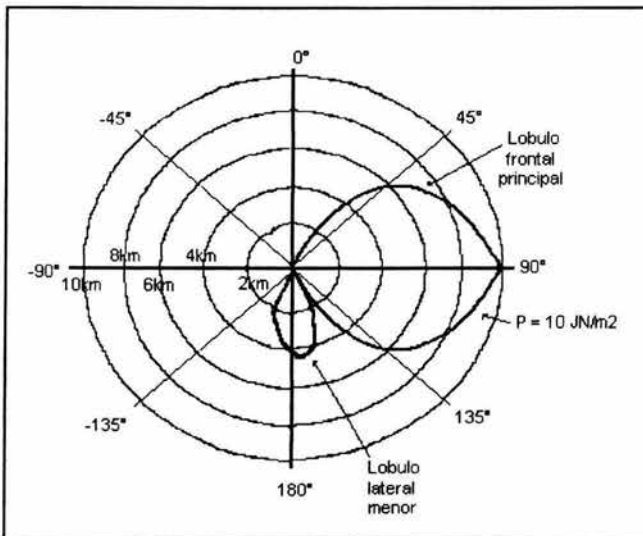


Figura 5.4 Diagrama de la muestra de un patrón de radiación.

El ancho de haz del lóbulo principal, el cual se entiende como el ángulo entre los dos puntos de media potencia de radiación de un plato parabólico, se especifica en términos de su diámetro:

$$\theta_{-3dB} = 75\lambda/D$$

Una vez explicados tales parámetros, se procede a desarrollar el objeto de estudio de este subcapítulo.

La potencia efectiva isotrópica radiada (PIRE), es el producto entre la potencia entregada a la antena y la ganancia de ésta en cierta dirección. El PIRE proporcionado por el fabricante u operador, corresponde a una determinada frecuencia; mientras que la ganancia de la antena, cambia con la frecuencia dentro del rango de los enlaces descendentes y del tipo de superficie de su red alimentadora con desplazamiento de fases.

Los contornos de PIRE, son los lugares geométricos en los que éste es constante e igual a un determinado valor.

Por otro lado, la densidad de flujo se define como la potencia contenida en una unidad de área que es recibida por el receptor.

Si nuestro transmisor tiene una antena directiva (en vez de isotrópica) con ganancia  $G_T$ , ésta es máxima en la dirección hacia el satélite, siempre y cuando esté bien orientada. Esta ganancia amplifica la densidad de flujo de potencia, por lo que en la dirección hacia el satélite dicho flujo es igual a:

$$F_d [W/m^2] = (P_T/4\pi r^2)G_T$$

Donde:

$P_T$  es la potencia radiada de la antena, concentrada en la región frente a ella y en la cual, se incluyen las pérdidas del amplificador de alta potencia (HPA).

$G_T$  es la ganancia de la antena transmisora en función del ángulo.

Al producto  $P_T G_T$  se le conoce como PIRE.

$$\text{PIRE [W]} = P_T G_T$$

$$\text{PIRE [dBW]} = P_T [\text{dBW}] + G_T [\text{dBi}]$$

Recordando que la ganancia de la antena transmisora en función del ángulo  $\alpha$  es:

$$G_T [\text{dB}] = G_{\max} [\text{dB}] - 12(\alpha/\theta_{-3dB})^2 [\text{dB}]$$

Entonces también podemos definir al PIRE como:

$$\text{PIRE}_\alpha [\text{dBW}] = P_{\text{HPA}} [\text{dBW}] - L_{\text{HPA}} [\text{dB}] + G_{\max} [\text{dB}] - 12(\alpha/\theta_{-3dB})^2 [\text{dB}]$$

Donde:

$P_{\text{HPA}} [\text{dBW}]$  se refiere a la potencia que llega a la entrada de la antena, considerando las pérdidas del amplificador de alta potencia (HPA) de aproximadamente 0.3 dB.

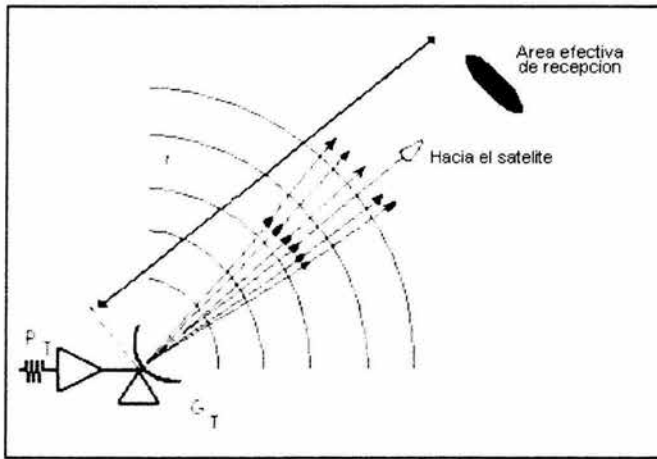


Figura 5.5 PIRE y área efectiva de recepción.

El mismo racionamiento se aplica en el enlace descendente, cuyo PIRE está definido como:

$$PIRE_{\text{satélite}} [W] = P_T \text{ Transpondedor } G_T \text{ Satélite}$$

### 5.1.3 Pérdida de potencia por propagación en el espacio libre

Considerando una antena con área efectiva de recepción, la potencia total recibida está dada por la expresión:

$$P_R [W] = F A_{ed} [W] = P_T G_T (A_{et}/4\pi r^2) = (PIRE) (A_{et}/4\pi r^2)$$

Donde:

El área efectiva ilustrada en la figura 5.3 es:

$$A_{ed} [m^2] = (\text{eficiencia de recepción}) (\text{área real})$$

Como el área efectiva es una función de la ganancia  $G_R$ , tenemos que:

$$G_R = A_{ed} (4\pi/\lambda^2)$$

$$A_{ed} [m^2] = (G_R \lambda^2/4\pi)$$

Si la eficiencia toma el valor de 1, la ganancia esta expresada por:

$$G_R = (4\pi/\lambda^2) (\pi D^2/4)$$

Donde:

El segundo factor representa el área real de apertura y por ende la potencia recibida  $P_R$  es:

$$P_R = (P_T G_T) (L_{el}/G_R)$$

La propagación en el espacio libre, se designa como:

$$L_{ei} = (4\pi R/\lambda)^2$$

Pero en decibeles, se define como:

$$L_{ei} \text{ [dB]} = 10 \log (4\pi R/\lambda)^2 = 20 \log (4\pi Rf/c) = 20 \log (4\pi/0.3) + 20 \log (R \text{ [Km]}) + 20 \log (f \text{ [MHz]})$$

Por lo que tenemos:

$$\text{PIRE [dBW]} = P_R \text{ [dBW]} + G_R \text{ [dB]} - L_{ei} \text{ [dB]}$$

#### 5.1.4 Atenuación $L_{ei}$ en función de las coordenadas geográficas de la estación terrena, respecto al satélite

Los parámetros en consideración son:

- $R_o$  como altitud del satélite sobre el nivel del mar. En el plano ecuatorial, esta distancia es igual a 35, 786 Km.
- $R$  que representa la distancia de la estación terrena al satélite.
- $L$  que es la latitud de la estación terrena.
- $L_r$  parámetro que indica la longitud relativa entre la estación terrena y el satélite.

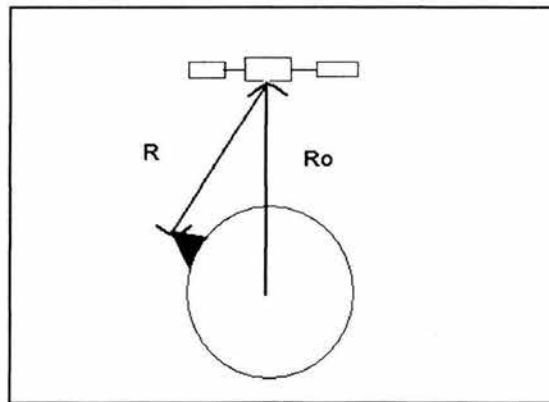


Figura 5.6 Atenuación en función de las coordenadas geográficas del satélite y de la estación terrena.

Todos estos parámetros se relacionan de la manera siguiente:

$$L_{ei} = (4\pi R/\lambda)^2 = (4\pi R_o/\lambda)^2 (R/R_o)^2$$

$$(R/R_o)^2 = 1 + 0.42 (1 - \cos L \cos L_r)$$

Generalmente  $1 \leq (R/R_o)^2 \leq 1.365$  toma valores de 0 a 1.3 dB y  $(4\pi R_o/\lambda)^2$  es del orden de 200 dB para una frecuencia de 6 GHz.



### 5.1.5 Atenuación por absorción atmosférica

Cuando las frecuencias de transmisión son lo suficientemente altas, las ondas electromagnéticas interactúan con las moléculas de los gases en la atmósfera. Estas interacciones reducen la potencia de las señales conforme atraviesan la atmósfera y se intensifican en las frecuencias de resonancia del vapor del agua ( $H_2O$ ), oxígeno ( $O_2$ ) y bióxido de carbono ( $CO_2$ ). Las únicas resonancias de interés son la del vapor de agua, centrada en 22.2 GHz, y la del oxígeno, que está situada en los 60 GHz.

Dentro del espectro radioeléctrico, existen otras frecuencias de resonancia para el vapor de agua, el oxígeno y el bióxido de carbono; pero dichas frecuencias no afectan nuestro objeto de estudio.

Es importante señalar que las bandas de frecuencias, asignadas por la UIT para las comunicaciones satelitales (de 1 a 30 GHz), fueron cuidadosamente elegidas para evitar las zonas de mayor atenuación.

En la figura 5.7 se observa, por ejemplo, que las bandas C, Ku y Ka se hallan en las zonas de baja absorción atmosférica denominadas "ventanas". Con esto, la atenuación acumulada durante el paso de las señales de microondas se reduce al mínimo y se abaratan los costos de transmisión.

En dirección al Cenit o para ángulos de elevación altos, las bandas C y Ku presentan pérdidas atmosféricas muy pequeñas y pueden ser desperdiciadas, ya que no afectan la incertidumbre del balance de potencias en un enlace satelital. Sin embargo, si el ángulo  $\theta$  de elevación, de alguna estación terrena es muy bajo, dichas pérdidas son más significativas y pueden ser del orden de 1 dB en las bandas más altas.

Estrictamente, la atenuación total acumulada depende de la longitud exacta del trayecto de la señal a través de las capas atmosféricas responsables de esta absorción. Es decir, depende del ángulo de elevación de la estación terrena, de la altitud sobre el nivel del mar, la temperatura y la densidad del vapor de agua.

La figura 5.8 corresponde a una trayectoria en dirección del cenit, o sea, directamente hacia arriba y siguiendo el camino más corto posible; de modo que si el ángulo de elevación de la estación terrena es otro, hay que elegir la estimación de dicha absorción atmosférica por medio de la fórmula siguiente para  $\theta$  entre  $10^\circ$  y  $90^\circ$ .

$$L_{\text{o.a.}} [\text{dB}] = L_{\text{cenit}} [\text{dB}] \operatorname{cosec} \theta$$

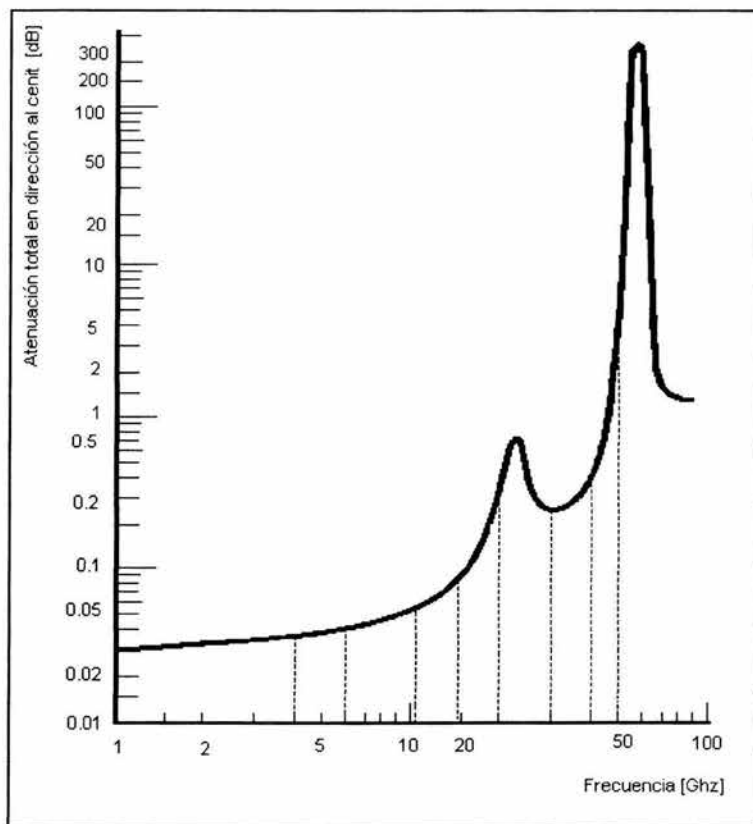


Figura 5.7 Atenuación producida por la absorción atmosférica, en dirección al cenit, a una temperatura de 20°C y densidad de vapor de agua de 7.5g/m<sup>3</sup>.

En donde:

$\theta$  es el ángulo de elevación de la antena terrestre.

$L_{cent}$  es la lectura obtenida de la figura.

$L_{a.a.}$  es la atenuación por absorción atmosférica para ese ángulo de elevación  $\theta$ .

En realidad, dicha fórmula puede ser deducida con el triángulo rectángulo de la siguiente figura, ya que la atenuación es acumulativa por cada kilómetro de penetración en las capas de absorción. De hecho, existen otras versiones de la misma ecuación, en donde el eje de las coordenadas está graduado en dB/km y para calcular la atenuación total, basta con multiplicar por el número de kilómetros de la trayectoria de absorción.

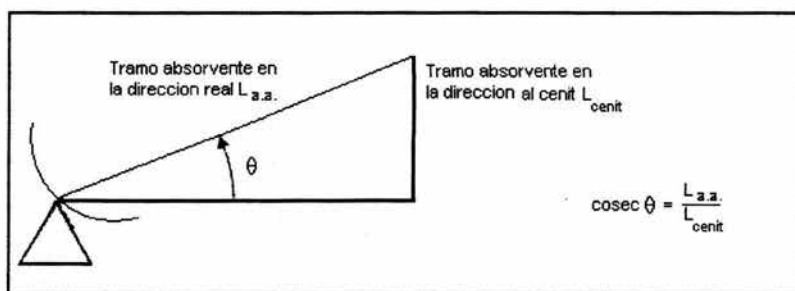


Figura 5.8 Geometría para deducir la ecuación del ángulo  $\theta$  de elevación.

### 5.1.6 Atenuación por Lluvia, LA

Las ondas electromagnéticas en al banda Ka experimentan una atenuación significativa debido a la precipitación por lluvia, ya que ésta provoca absorción y dispersión. La atenuación por lluvia en un enlace satelital tiene un comportamiento probabilístico el cual depende de la frecuencia, la posición geográfica de la estación terrena, el clima, el tipo de terreno, la estación, la intensidad de lluvia, etc.

Debido a la atenuación causada por la lluvia, se puede experimentar una pérdida de la señal y provocar que el sistema este fuera de servicio temporalmente. La dispersión provocada por la lluvia produce señales de ruido indeseables que interfieren en un sistema de recepción y que pueden ocultar la señal recibida. Para cielo despejado, se considera un nivel de cero de atenuación.

Para frecuencias mayores a 10 GHz, la atenuación por lluvia representa más del 40% de la atenuación total en el sistema; éste es el caso de los sistemas que trabajan en banda Ku.

La atenuación por la presencia de lluvia, depende principalmente de la intensidad con que ésta cae y de la probabilidad de que ocurra en determinada zona geográfica; pero además de la atenuación de la señal útil, la lluvia produce otros dos efectos de deterioro en los enlaces: aumenta la temperatura de ruido de las antenas receptoras y produce giros en la polarización de las señales.

Uno de los modelos más precisos, en cuanto al cálculo de atenuación por lluvia y por otros fenómenos en banda C, Ku y Ka, es el modelo propuesto por Asoka Dissanayake, Jeremy Allnutt, Fatim Haidara, el cual es conocido como el modelo DAH.

El modelo DAH es un procedimiento para predecir los efectos combinados de atenuación por lluvia; además de varios factores que contribuyen a la atenuación de un enlace de comunicación satelital. Este modelo presenta errores menores al 20%.

La importancia de predecir la atenuación por lluvia, radica en la calidad del desempeño de un sistema de comunicación y la posibilidad de disminuir costos en cuanto al diseño y la implementación de éste.

Los datos que se requieren para el modelo son:

- Latitud de la estación terrena.
- Altitud de la estación terrena sobre el nivel del mar.
- Tasa de la intensidad de lluvia al 0.01% del promedio anual.
- Porcentaje de probabilidad de exceso de lluvia, para el cual se va a calcular la atenuación.
- Angulo de elevación.
- Frecuencia.
- Angulo de polarización.
- Radio efectivo de la tierra.

A continuación se muestra una tabla cuyos datos representan los márgenes de atenuación por lluvia para México, misma que fue tomada como referencia para el cálculo de los ángulos de elevación y azimut<sup>38</sup> del satélite canadiense ANIKF-2, ubicado en 111.1° de longitud oeste.

Zona hidrometeorológica		Disponibilidad.		
		99.50 % (dB)	99.50 % (dB)	99.90% (dB)
Nor Occidente NO	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
Norte Centro NC	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
Golfo Norte GN	Tx	3.60	6.80	9.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
Centro CE	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
Pacífico Centro. PC	Tx	3.60	5.90	8.50
	Rx	1.60	3.90	6.50
Istmo IT	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
Yucatán. YU	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90

Tabla 5.1 Márgenes para México de atenuación por lluvia en banda Ku.

38 Ángulo de apuntamiento de una antena con respecto al Norte geográfico en el sentido de las manecillas del reloj.

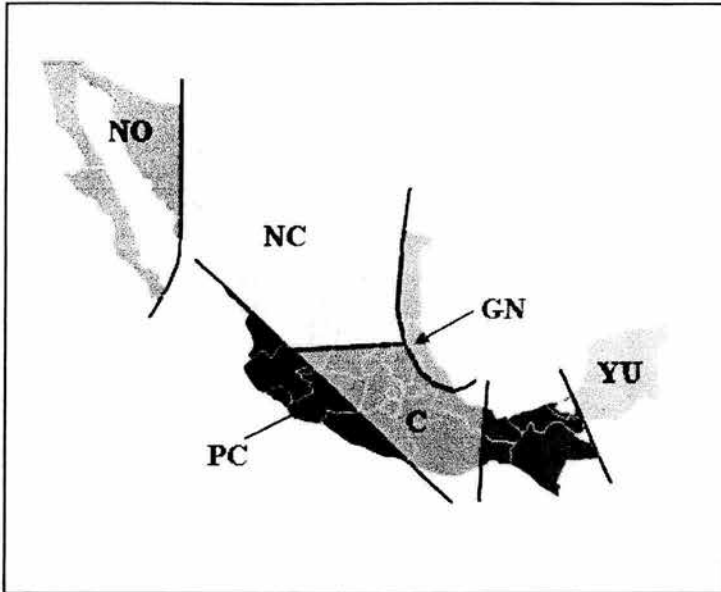


Figura 5.9 División del territorio nacional por regiones pluviales.

Un caso importante a considerar, es que entre más altas sean las frecuencias, la atenuación por lluvia se incrementa de manera significativa. Aunado a esto, la atenuación afecta, al grado de disponibilidad que se requiere en el sistema de comunicación; lo cual representa, en términos económicos, una inversión mayor en un sistema que se encuentre disponible casi la totalidad del tiempo, que en otro que tiene una menor disponibilidad.

**5.1.7 Pérdidas adicionales**

En realidad se trata de las pérdidas por desapuntamiento, las cuales afectan parámetros ya definidos; tales como, la ganancia máxima de una antena entre otros. Estas pérdidas se expresan matemáticamente como:

$$\text{Extremo transmisor} = L_T \text{ [dB]} = 12 (\alpha_T / \theta_{-3dB T})^2$$

$$\text{Extremo receptor} = L_R \text{ [dB]} = 12 (\alpha_R / \theta_{-3dB R})^2$$

También existen pérdidas:

- Pérdidas en el alimentador, en las conexiones y entre el HPA y la antena del transmisor ( $L_{\text{alimentador}}$ ).
- Pérdidas en el alimentador, en las conexiones y en el LNA y la antena del transmisor ( $L_{\text{alimentador}}$ ).
- Pérdidas por desacoplamiento de polarización.

## 5.2 Análisis de ruido

### 5.2.1 Temperatura de ruido de la antena

Para una estación terrena, el ruido adquirido por una antena, proviene del cielo y de la radiación a lo largo de la tierra; la cual a su vez depende de la frecuencia, el ángulo de elevación y de las condiciones atmosféricas.

Por otro lado, la posición que mantenga el sol con el satélite, es una situación importante a considerar, ya que la temperatura de ruido tiende a incrementarse por la temperatura del haz solar; por lo que como conclusión se puede decir, que el sol y el satélite deben conservar una posición no lineal.

Es así como se ha creado un concepto llamado diámetro angular de la zona solar de interferencia, mismo que está definido como la región del cielo, en la que la temperatura de ruido de la antena excede los límites aceptables.

La variación de la temperatura de la antena, a lo largo del aparente desplazamiento del sol, se puede observar en la siguiente figura en donde  $T_{Aacc}$  representa la temperatura límite aceptable y  $T_A$  la temperatura de la antena.

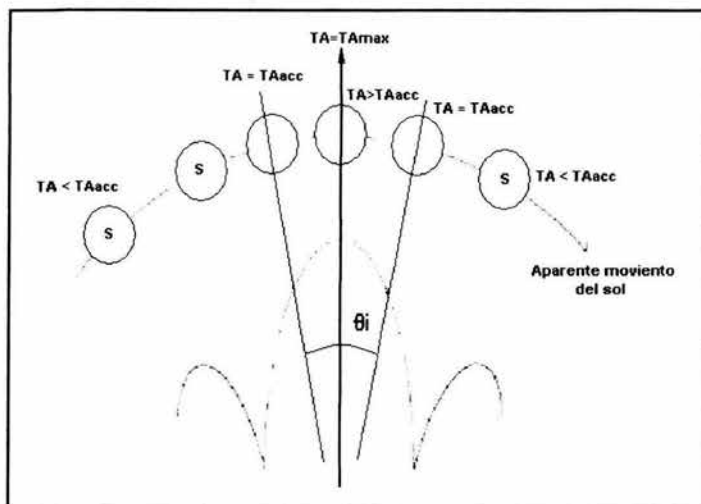


Figura 5.10 Temperatura de la antena en función del movimiento aparente del Sol.

El diámetro angular  $\theta_i$ , de la zona solar de interferencia, depende de las dimensiones del haz del lóbulo principal de la antena.

La figura a continuación propuesta, proporciona los valores del diámetro angular en función de la relación que mantiene la temperatura aceptable de la antena y su temperatura máxima.

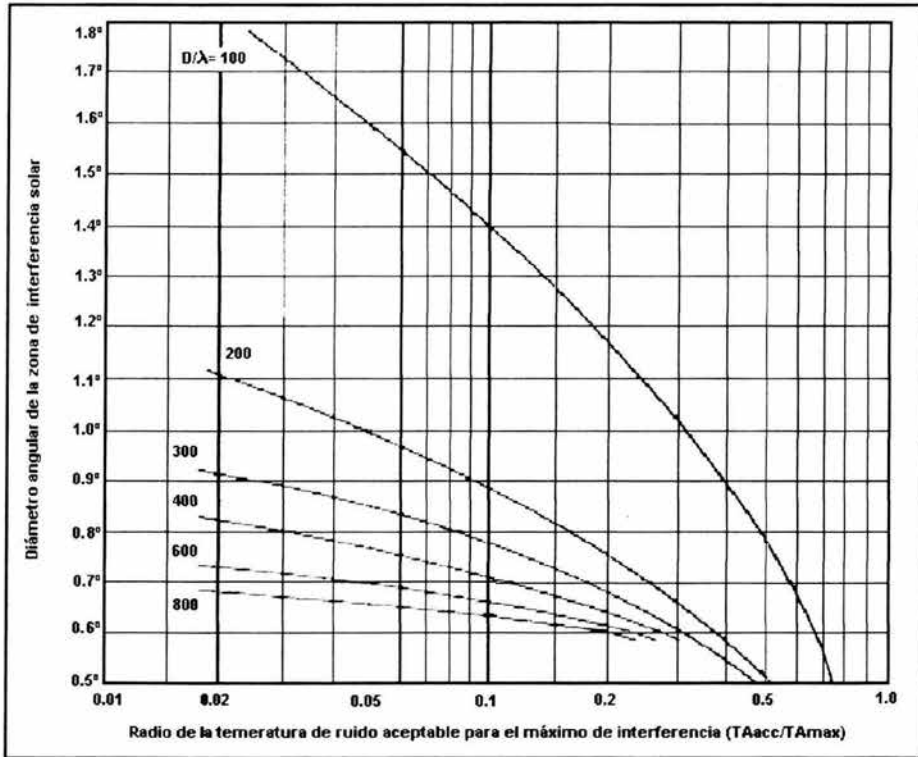


Figura 5.11 Gráficas del diámetro angular en función de la temperatura de la antena.

### 5.2.2 Ruido térmico

La potencia  $N$  del ruido producido por una fuente de ruido térmico, puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$N = kTB \text{ [W]}$$

Donde:

$k$  es la constante de Boltzman y es igual a  $1.38 \times 10^{-23}$  [J/K].

$T$  es la temperatura de ruido equivalente [°K].

$B$  es el ancho de banda del ruido, medido en hertz.

La característica más importante de este ruido térmico, es que tiene una distribución plana en el espectro de frecuencias; es decir, la potencia es constante por cada hertz o unidad de ancho de banda.

Esta propiedad se le conoce como "ruido blanco" y permite definir una cantidad útil que facilita los cálculos de los enlaces satelitales. Dicha cantidad es conocida como densidad de ruido ( $N_0$ ) y se representa como:  $N_0$  [Joules ó W/Hz] =  $N/B = kT$

En la trayectoria de la señal, desde la antena hasta cualquier punto de la estación terrena, se puede introducir ruido adicional; por lo que es importante considerar la temperatura de ruido del sistema tomando como referencia las terminales de la antena como a continuación se define.

$$T_S = (T_A / L_{FRX}) + T_F (1 - (1 / L_{FRX}))_{ES} + T_{eRX}$$

La temperatura de ruido del sistema, es una función de la temperatura de la antena  $T_A$ , las pérdidas del alimentador  $L_{FRX}$ , entre la antena y la entrada del receptor, la temperatura termodinámica  $T_F$  del alimentador y la temperatura de ruido efectiva del receptor  $T_{eRX}$ .

Estas expresiones son establecidas para un enlace en particular, según la frecuencia de la portadora, la polarización de la onda, el tipo de modulación y el ancho de banda ocupado.

Ahora definimos  $(G/T)_{ES}$ , como la figura de mérito en donde  $G$  es la ganancia de la antena (anteriormente definida) y  $T$  es la temperatura de ruido del sistema.

### 5.2.3 Ruido de Intermodulación

Los amplificadores del satélite presentan ruido de Intermodulación por ser elementos no lineales, generando espurias y aumentando la proporción al trabajar en las partes menos lineales, que corresponde a las cercanías del punto de saturación que es la máxima amplitud que puede producir a su salida. Cuando se utiliza una portadora la no linealidad del amplificador no afecta sensiblemente a los enlaces, pero cuando en un transpondedor se suben múltiples portadoras, se generan espurias que interfieren como ruido y degradan los enlaces. La figura que se muestra a continuación da las curvas típicas del cociente de potencia  $(C/N_0)_i$ <sup>39</sup> en función del número de portadoras y del back off.

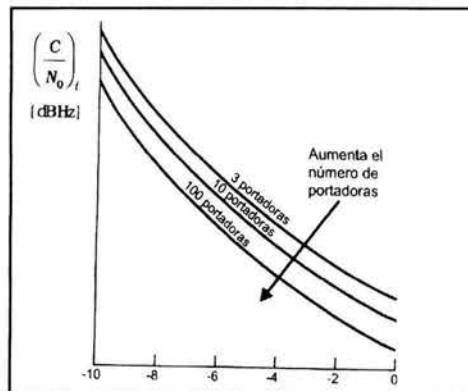


Figura 5.12 Back-off de entrada con relación a la saturación [dB].

<sup>39</sup> Representa la relación señal a ruido de intermodulación.



### 5.2.4 Relación señal a ruido

En todo sistema de comunicación, el ruido inevitablemente genera una degradación de la señal útil. La relación portadora ruido (C/N), indica la diferencia que existe entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido en el sistema, siendo un indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

$$(C/N) = (PIRE / Lk)(G/T)$$

Donde:

L representa las pérdidas totales de propagación. Sus unidades no están en decibeles.

En realidad, la señal viaja a través de una señal portadora, a la cual se le añadirá ruido en el enlace de subida. De esta manera se divide la potencia recibida (incluyendo todas las pérdidas de propagación) entre la densidad de ruido espectral obteniendo. A dicho cociente se le conoce como la relación de portadora a densidad de ruido (C/N<sub>o</sub>)<sup>40</sup> y corresponde sólo a un trayecto de la señal, donde la combinación del enlace ascendente con el descendente, determina la relación señal a ruido en la antena receptora.

La relación portadora a densidad de ruido (C/N<sub>o</sub>) es independiente del ancho de banda.

$$(C/N_o) = (PIRE / L k) (G/T)$$

En forma logarítmica, estas expresiones tienen la siguiente forma:

$$(C/N_o) \text{ [dBHz]} = 10 \log (PIRE) \text{ [dBW]} - 10 \log (L) \text{ [dB]} - 10 \log (k) \text{ [dB]} + (G/T) \text{ [dB]}$$

Los parámetros, con los que se determina la representación de radio frecuencia de las estaciones terrenas, están indicados en las siguientes expresiones de enlace del uplink y downlink.

$$(C/N)_{\text{subida}} \text{ [dB]} = (C/N)_U \text{ [dB]} = (P_r G_r)_{ES} (1/L_u) (G/T)_{SL} (1/K)$$

$$(C/N)_{\text{bajada}} \text{ [dB]} = (C/N)_D \text{ [dB]} = (P_r G_r)_{SL} (1/L_d) (G/T)_{ES} (1/K)$$

Donde:

(P<sub>r</sub>G<sub>r</sub>)<sub>ES</sub> es la potencia efectiva isotrópica radiada.

(G/T)<sub>ES</sub> es la figura de mérito.

L son las pérdidas totales de propagación.

K es la constante de Boltzman.

El cálculo total de enlace, a nivel portadora, contando las contribuciones de ruido para cada etapa se calcula a través de la siguiente expresión:

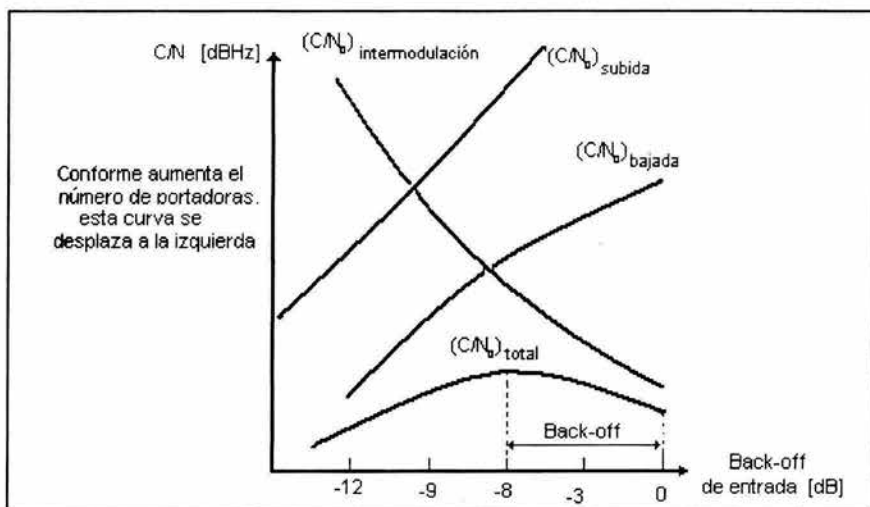
$$(1/(C/N_o)_{\text{Total}}) = (1/(C/N_o)_{\text{subida}}) + (1/(C/N_o)_{\text{bajada}}) + (1/(C/N_o)_{\text{Intermod.}}) + (1/(C/N_o)_{\text{Interfer.}})$$

<sup>40</sup> (C/N<sub>o</sub>) Relación portadora a densidad de ruido en un ancho de banda de 1 Hz. Se expresa en [dB/Hz].

Donde:

$(C/N_o)_{\text{interferencia}}$ , representa un parámetro de relación portadora a densidad de ruido, que surge por la existencia de otros enlaces de comunicación terrestres o satelitales.

En general, para el diseño preliminar del enlace, basta con utilizar la ecuación anterior puesto que permite estimar los parámetros de los equipos necesarios. Esta ecuación tiene un punto máximo, al cual le corresponde un determinado valor de back-off y representa el mejor cociente de  $(C/N_o)_{\text{total}}$ .



---

## Capítulo 6

# Requerimientos técnicos del Sistema Nacional "e-México"

---

### 6.1 Panorama técnico

Se ha considerado, con anterioridad, que las comunicaciones vía satélite representan una solución para sustituir las difíciles, prolongadas y costosas instalaciones terrenas de transmisión que dificultan el acceso a la información de poblados lejanos de la infraestructura tecnológica ya existente. De esta manera, han sido tomados en cuenta una serie de requisitos técnicos y de procesamiento que permitan el desempeño óptimo del sistema.

Es así, como surge la necesidad de proporcionar servicios de Internet y multimedia a través de una red de datos satelital de banda ancha mediante la cual, se pueda aprovechar la naturaleza intrínseca de las tecnologías satelitales, para interconectar grandes áreas geográficas de manera simultánea bidireccional y con costos fijos.

Se hace uso del protocolo TCP/IP (por sus aplicaciones en la transmisión de contenidos, video conferencia, voz sobre IP, entre otras) con la máxima calidad y considerando que en la mayoría de los lugares en donde se proporcionan dichos servicios ésta es la única opción de comunicación de datos, se hace indispensable que los servicios cubran de manera total todos los requerimientos establecidos.

Es importante resaltar que la existencia de servicio telefónico de voz analógico o digital, no implica que se cuenten con redes de conexión de datos; ya que por definición la red de Internet es independiente de la red telefónica, a pesar de hacer uso del mismo medio de transmisión.

Por otro lado se determina el uso de la banda Ku ya que esta banda ofrece ventajas sobre la banda C, las cuales son:

- Mayores niveles de potencia transmitida.
- Menores diámetros de antena por el uso de una frecuencia mayor, lo que se traduce en facilidad de instalación y transporte.
- Mayor desarrollo y volumen de mercado de terminales de acceso satelital a nivel mundial.
- Mayor mercado de fabricantes de equipos y sistemas en esta banda.

Todo esto con el propósito de no únicamente hacer posible el acceso a Internet, si no que también permita efectuar aplicaciones de difusión de contenidos, telemedicina, teleeducación y telecapacitación.

## 6.2 Descripción del servicio de conectividad con la red

La prestación de los servicios de conectividad satelital es de cobertura nacional; por lo que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) aportó el segmento espacial de 44 MHz en los transpondedores 19K y 23K del satélite Galaxy III C con posición orbital geostacionaria de 95° W en la banda de frecuencias Ku.

Cada una de estas Estaciones Terrenas Terminales (VSATs) define un Punto de Presencia (denominado Centro Comunitario Digital, en adelante "CCD" o "CCDs"), para la prestación de los servicios. Las Estaciones Terrenas Terminales, instaladas en cada sitio definido por la SCT, están conectadas a una red local de computadoras personales que no puede contener más de 20 PCs.

Se requiere, que el servicio de acceso a los CCDs, cuente con una conexión de datos a Internet con un ancho de banda que permita ofrecer una calidad de servicio mejor a la de la línea terrestre conmutada (dial-up) de las redes públicas de telecomunicaciones con infraestructura terrestre.

Para la conectividad del Sistema Nacional e-México se instalaron equipos nuevos con la tecnología disponible más avanzada, para proporcionar el servicio mediante un sistema escalable dinámicamente en cuanto a funcionalidad y a número de usuarios; ello con el fin de darle continuidad al servicio a lo largo del tiempo.

El operador de la red satelital es la compañía de telecomunicaciones InterDirec, la cual proporciona la conectividad a los CCDs en coordinación con la Dependencia o Entidad del Gobierno Federal que corresponda.

El mantenimiento del hardware (de forma gratuita) incluye las actualizaciones necesarias en hardware y software para mantener el sistema con tecnología de punta; cumpliendo, para la prestación del servicio, con una confiabilidad (en la estación terrena maestra y estaciones terrenas terminales) mayor a 99.95%; lo que se traduce en suspensiones del servicio de máximo 4.38 horas anuales.

## 6.3 Descripción técnica

El Sistema de Comunicaciones de Datos Vía Satélite comprende: una Estación Terrena Maestra (ETM) vía satélite y Estaciones Terrenas Terminales (ETT) para el servicio de transmisión de datos, incluyendo equipo de R.F. para transmisión y recepción, equipo de banda base, Sistema de Administración, Monitoreo y Control de Red (NMS), interconexión

con el backbone de Internet y otras redes de datos, la instalación, pruebas, documentación, mantenimiento; así como cualquier accesorio, programa de software o equipo requerido para lograr la eficiente operación y la máxima optimización de los recursos satelitales con los que opera la red.

La Estación Terrena Maestra y su Sistema de Administración, Monitoreo y Control de la Red (NMS), en conjunto con las Estaciones Terrenas Terminales, tienen la función principal de proporcionar el servicio de transmisión de datos bidireccional en los CCDs ubicados en el interior de la República Mexicana.

El sistema debe satisfacer las demandas crecientes de ancho de banda, permitiendo habilitar una gran variedad de aplicaciones multimedia a alta velocidad.

#### 6.4 Especificaciones técnicas del servicio de conectividad de la red

Para la prestación del servicio de conectividad satelital, fundamentalmente se consideran los siguientes aspectos operativos:

- Número de Estaciones Terrenas Terminales satelitales y localización geográfica.
- Número de computadoras en cada estación satelital y tipo de red que las interconecta.
- Tipo de aplicaciones de cómputo a utilizar.
- Intensidad de uso y horas pico por estación.
- Tiempos de respuesta requeridos para la transferencia de archivos de texto, audio y video "streaming".

Para el diseño de la red se consideraron interconexiones con enlaces de tipo asimétrico; lo que refleja una tasa de datos mayor en el sentido ISP-usuario y en una tasa menor para la trayectoria de retorno, usuario-ISP.

Para prestar el servicio de acceso por satélite a los CCDs, las tasas mínimas nominales de datos requeridas son asimétricas y con un ancho de banda de al menos 128 Kbps desde el CCD (subida de la estación terrena terminal) y 256 Kbps hacia el CCD (bajada desde la estación terrena maestra); pero reconociendo que en la red satelital los recursos son compartidos, la tasa hacia el CCD realmente es en ráfagas de hasta varios miles de Kbps.

Para el diseño del servicio de conectividad satelital para el Sistema Nacional e-México, se han definido las siguientes características:

- Número de Estaciones Terrenas Terminales: 3,200
- Número de computadoras promedio por estación terrena terminal: 11
- Número de computadoras totales en esta red. 35,200

Como aplicaciones a utilizar en computadoras tenemos:

- Locales de oficina: Textos, hojas electrónicas, presentaciones, etc.
- Desarrollo de páginas Web: Diseño, prototipos, aplicaciones finales, etc.
- Multimedia: Educativas, capacitación, médicas, interactivas en general, etc. Uso de páginas Web en general.
- En línea de la Web: Aplicaciones en línea similares a las descritas para el modo local para desarrollo de páginas Web y para aplicaciones multimedia.

- Uso concurrente de cualquier combinación de aplicaciones descritas para el modo local y en línea.
- Uso intenso en aplicaciones similares por casi todos los usuarios durante horarios matutinos. Usos diversos y variados entre los usuarios por las tardes.
- Se prevén horas pico de las 9 a las 14 hrs. y de las 17 a las 20 hrs.
- Valores de PIRE y de (G/T) nominales en Banda satelital Ku con cobertura nacional.

Los tiempos de respuesta máximos en hora pico para la transmisión de información al usuario son:

- Archivo plano de texto. 100 KB. 7.5 seg.
- Archivo plano de texto. 1 MB. 75 seg.
- Archivo con imagen. Transmisión de video "streaming" 800 KB 65 seg.
- Tasas asimétricas entre la salida y la entrada del usuario con mínimos del orden de 128 Kbps de salida y 256 Kbps de entrada al equipo del usuario.

Para poder garantizar el cumplimiento de los tiempos de respuesta requeridos y mantener la calidad de servicio, la cantidad de Estaciones Terrenas Terminales (VSATs) que compartan una misma portadora de subida (de la terminal a la maestra), no debe excederse de 50.

La(s) portadora(s) de bajada, de la Estación Terrena Maestra a la Terminal, pueden configurarse en el sistema con cualquier número de portadoras y capacidades; siempre y cuando se garantice la mayor tasa de datos hacia cada CCD. Típicamente, se busca una asimetría de 2:1 a 8:1 entre el ancho de banda de entrada a las VSATs contra los de salida.

La Estación Terrena Maestra está conectada al Centro de Interconexión ó Punto Neutral de Acceso a Redes de tipo Privado (NAP Privado); mismo que interconecta diversos portales de Internet e intercambia tráfico a puntos de desarrollo de contenidos y al Centro de Cómputo de Internet (Internet Data Centre – IDC e-México); además de establecer la conexión a Internet vía ISPs que emplea InterDirec. Estos lugares están ubicados en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en donde mejor convino desde el punto de vista de costos, confiabilidad, redundancia, etc.

La Estación Terrena Maestra del Sistema Nacional e-México cuenta con el equipo necesario de banda base y radio frecuencia (incluyendo equipo redundante, antena y equipo asociado para el acceso al satélite); así como los programas de software necesarios para la operación de la red y para la administración de las bases de datos de los usuarios, servicio a clientes, además de otras funciones como:

- Configuración del recurso satelital en cuanto al número y tamaño de portadoras para los canales hub - terminal, así como para los canales de regreso o terminal - hub.
- La asignación de las características propias de configuración de cada red virtual.
- Facilidades y restricciones de acceso para las Estaciones Terrenas Terminales.
- La administración de direcciones IP.
- La asignación de VSATs para cada portadora de salida como de entrada.

- Limitación de uso de anchos de banda de salida y entrada para cada Estación Terrena Terminal VSAT.
- Monitoreo en línea de la operación de todas y cada una de las Estaciones Terrenas Terminales satelitales VSATs.
- Análisis estadísticos de uso y aplicaciones.
- Soporte automatizado para servicio a clientes.

Las Estaciones Terrenas Terminales o estaciones VSATs, operan con antenas compactas y ligeras de fácil instalación con el mínimo diámetro requerido para garantizar el buen funcionamiento de la red y cumplir con los estándares requeridos de acuerdo al satélite utilizado.

### 6.5 Descripción de sistema para la prestación del servicio

El Sistema de comunicación vía satélite bidireccional asimétrico, además de contar con los canales de distribución de contenidos, hace uso de canales de retorno del tráfico generado por parte de los usuarios.

Las características de los servicios con los que se cuentan son:

- Calidad de servicio basado en un esquema de priorización del tráfico para manejar de manera efectiva y simultánea comunicaciones de acceso a Internet, datos y video.
- Capacidad para el futuro crecimiento integral de memoria temporal (caching) en la unidad de banda base de la estación VSAT, lo cual se utilizará para disminuir el requerimiento de ancho de banda y mejorar la experiencia de navegar en Internet.
- Modulación de acuerdo a la norma DVB para ofrecer compatibilidad con unidades de video de terceros y una reducción en el ancho de banda requerido.
- Ancho de banda ajustable para los canales de salida (hub-terminal).
- Estaciones Terrenas Terminales VSAT con retorno satelital.
- Aceleradores integrados de protocolo IP en el equipo de banda base de la estación VSAT para mejorar el tiempo de respuesta de aplicaciones en Internet.
- Capacidad para determinar la calidad del servicio en el sistema.
- Mecanismos para la optimización del protocolo TCP/IP para mejorar el rendimiento de las aplicaciones en el ambiente satelital, haciendo uso de técnicas de compresión de datos y reducción de los mensajes de reconocimiento.

El sistema cuenta con canales de acceso de alta velocidad para las Estaciones Terrenas Terminales; además de contar con las interfases necesarias para la interconexión a la red pública de Internet o a las redes privadas Intranets, en base a las necesidades de servicio de los usuarios.

Todas las funciones arriba mencionadas, están integradas en el hardware y software de aplicación del sistema que corresponde a cada sitio donde se instaló la Estación Terrena Maestra y Terminales; con el fin de realizar el análisis del tráfico de todos y cada uno de los CCDs desde su Centro de Monitoreo y Gestión de Reportes. Para ello, InterDirec otorga las facilidades a la SCT para que establezca los enlaces necesarios para el monitoreo en línea, así como el software que permite analizar el tráfico de la red con el fin de identificar perfiles de usuarios por CCD.

### 6.5.1 Centro de Operaciones de la Red (NOC)

El Centro de Operaciones de la Red (NOC) se define como la parte de control del sistema que permite establecer los canales de comunicaciones y la administración de los recursos del sistema. Es una pieza fundamental de la Estación Terrena Maestra y esta compuesto de los siguientes elementos:

- Sistema de transmisión y recepción de radiofrecuencia RF.
- Sistema de distribución de frecuencia intermedia FI.
- Equipo de redundancia para los canales de hub - terminal.
- Moduladores incluyendo redundancia en los gateways.
- Equipamiento para los canales de retorno.
- Unidades de control de tiempo (TU) incluyendo redundancia.
- Redes locales (LAN).
- Consola "read - only" para acceso de la SCT.
- Redundancia 1 a N de demoduladores con respaldo automático en caso de falla.

### 6.5.2 Sistema de Administración, Monitoreo y Control (NMS)

Es una plataforma computacional que se encarga de administrar los recursos del sistema, así como el monitoreo y control de los mismos. Esta plataforma de administración permite a los operadores observar y manejar funciones básicas de monitoreo, operación y control de los recursos de la red incluyendo los subsistemas de radiofrecuencia y banda base con terminales y equipos periféricos de almacenamiento e impresión de todos los equipos y de las Estaciones Terrenas Terminales VSAT conectadas a la red.

En caso de falla de las Estaciones Terrenas Terminales satelitales, los operadores cuentan con estaciones de trabajo que les permiten ubicar rápidamente cada una de éstas y así poder presentar de manera gráfica el estado operativo de ellas, incluyendo estados de falla. Este proceso también contempla la capacidad de generar tráfico internamente dentro del sistema satelital con el fin de validar las funciones del sistema.

El sistema de administración permite la conectividad hacia redes de área local, tipo ethernet a 10/100 Mbps y funciona como ruteador en la Estación Terrena Maestra y Estación Terrena Terminal.

El Sistema de Administración de red utilizado, incluye los elementos necesarios para la administración de la red, los cuales funcionan de manera conjunta, permitiendo al operador desarrollar tanto operaciones de red (tales como seguimiento al estado de la red y estadísticas) como actividades generales de administración de red (como configuración y control).



Las pantallas del Módulo de Administración de red permiten procesos de comisionamiento, borrado de Estaciones Terrenas Terminales así como de varias de sus características inherentes, tales como:

- Dirección IP.
- Ubicación de la Estación Terrena Terminal.
- Ciudad, estado, código postal, dirección.
- Usuario responsable.
- Número de teléfono.
- Número de fax.
- Dirección de correo electrónico.
- No. de serie de la terminal.
- Restricciones de acceso.
- Definición de acceso a redes virtuales.

Los operadores cuentan con una asignación de derechos de acceso específicos en relación con cada dominio de administración de red bajo su control. La base de datos mantiene un conjunto de derechos de acceso por operador.

Un operador cuenta con cualquiera, o con una combinación, de los siguientes derechos de acceso:

- Monitoreo: Solamente tiene acceso de lectura de la configuración.
- Control: El operador puede generar comandos de control para los dispositivos en el sistema o en dominios de administración de red específicos.
- Configuración: Puede modificar la configuración de los dispositivos.

Las funciones específicas de administración de red, incluidas en el Sistema son:

- Control de acceso:
  - Mantiene la base de datos de control de acceso, la cual contiene información sobre el operador y el dominio de administración de red.
  - Autentifica los operadores a través del login y contraseña. Separa lógicamente los dispositivos de red (VSATs y componentes del hub) en dominios definidos por el usuario.
  - Implementa restricciones de acceso del operador (monitoreo, confirmación, control, configuración y caso omiso de configuración).
  - Controla la utilización de recursos del sistema de administración de red mediante la desconexión de sesiones no activas y liberación de recursos.
- Topología y estado:
  - Monitorea el estado de las Estaciones Terrenas Terminales y equipos del hub, para obtener información de estado operativo.
  - Maneja la agrupación jerárquica de las Estaciones Terrenas Terminales por dominios de administración de acuerdo a criterios definidos de agrupación.

- Configuración:
  - Permite a los operadores con privilegios añadir o suprimir Estaciones Terrenas Terminales y componentes del hub en la base de datos y asignarlos a dominios específicos de administración de red.
  - Administra la configuración de Estaciones Terrenas Terminales y componentes del hub en la base de datos.
  - Organiza conjuntos comunes de parámetros de configuración en "perfiles" y administra la distribución de perfiles a las Estaciones Terrenas Terminales.
  - Administra y distribuye las versiones de archivos de software.
- Generador de archivos de configuración:
  - Genera archivos individuales de parámetros y archivos de perfiles de parámetros para dominios específicos y para los componentes del hub con base en información de parámetros en la base de datos.
  - Mantiene un registro de cambios de configuración efectuados por los operadores.
- Administración:
  - Brinda interfaces para monitorear y controlar el servidor del NMS.
  - Suministra interfaces para modificar parámetros a nivel del NMS.

El sistema permite el monitoreo y cambio de configuración tanto del hub como del software de control de las Estaciones Terrenas Terminales. Por su parte el software de control para las VSATs, cuenta con una tabla jerárquica y menús a partir de los cuales el operador puede determinar el estado de las Estaciones Terrenas Terminales y el estado de inicio y así, monitorear las listas de configuración.

### 6.5.3 Módulo de Administración de Usuarios (MAU)

Es el que controla la información del sistema respecto a la administración de usuarios, así como del plan de numeración o asignación de direcciones IP para cada una de las computadoras personales asignada a las Estaciones Terrenas Terminales. Funciona como interfaz entre el área comercial y el sistema NMS mediante la cual, se llevan a cabo las tareas de ingreso de órdenes de servicio al sistema.

El NMS se encarga de ejecutar las órdenes del Módulo de Administración de Usuarios, siendo posible que algunas de las facilidades del MAU estén integradas en el NMS.

El Módulo de Administración de Usuarios, cumple funciones de organización de la información, permite llevar una correcta administración de los equipos (ETTs) dados de alta en la red, así como conocer en todo momento los datos del usuario responsable del equipo.

Por ser un sistema en constante uso debido a las consultas de información que se generan tanto para atención a usuarios como resolución de problemática relacionada con las Estaciones Terrenas Terminales, el diseño de dicho módulo reside en un equipo de cómputo separado del equipo que contiene al NMS.

Este sistema trabaja bajo una arquitectura cliente servidor. Los equipos cliente están basados en una plataforma PC Windows 2000 o NT con interfaz gráfica.

El subsistema de administración de usuarios, permite introducir la información de una Estación Terrena Terminal nueva, registrar sus datos generales, modificar la información de una Estación Terrena Terminal actual, así como permitir consultas a la información. También es posible que desde este sistema se suspenda el servicio a una o más Estaciones Terrenas Terminales, así como eliminarlas definitivamente del mismo.

El Módulo de Administración de Usuarios, mantiene en todo momento comunicación con el NMS a través de un protocolo de comunicación, que le permite saber si éste ha procesado correctamente un orden de servicio. En caso contrario, notifica la falla y las posibles causas de la misma.

El Módulo de Administración de Usuarios realiza al menos las siguientes funciones:

- Alta de cuentas de usuarios.
- Administración de la configuración de transmisión.
- Administración del plan de direcciones.
- Alta de Estación Terrena Terminal.
- Alta de servicios adicionales de la Estación Terrena Terminal.
- Baja de servicios adicionales de la Estación Terrena Terminal.
- Baja de Estación Terrena Terminal.
- Suspensión del acceso a la red.
- Reanuda el acceso a la red de la estación terrena suspendida (ya sea por interrupciones eléctricas o por decisión del MAU).
- Sustitución de transreceptor, identificando todo equipo nuevo para poder darlo de alta.

Cada vez que se registra una nueva Estación Terrena Terminal en el sistema, le es asignada una dirección IP y de forma automática su estado cambia de liberada a asignada; es decir, en uso. Al dar de baja esa estación terrena terminal, la dirección IP regresa a su estado de reservada. La dirección IP liberada por un usuario, puede en cualquier momento ser reservada por otro usuario.

Una dirección IP reservada significa el apartar una dirección (o un bloque de direcciones) para un usuario; sin embargo, dicho usuario todavía no puede hacer uso de dichas direcciones en tanto no estén liberadas.

La clasificación de las direcciones IP se desglosa de la siguiente forma:

- Nueva: Cuando se generan las direcciones IP.
- Liberada: Después que se han generado las direcciones IP, éstas pueden liberarse para asignarse a una Estación Terrena Terminal o reservarse para una cuenta de facturación específica.
- Reservada: Direcciones IP reservadas según un rango a una cuenta de facturación.
- En Uso: Dirección o direcciones IP asignadas a una Estación Terrena Terminal.

El plan de direccionamiento IP asignado a cada CCD a través de la Estación Terrena Maestra, fue acordado entre InterDirec y la SCT con el fin de tener una fácil administración e identificación de los CCDs.

Los estados en los que se puede encontrar una Estación Terrena Terminal son los siguientes:

- Lista para comisionamiento: La Estación Terrena Terminal esta lista para ser comisionada.
- Operacional: La Estación Terrena Terminal esta configurada y lista para operar.
- Deshabilitada: La Estación Terrena Terminal estuvo en estado operacional, pero se encuentra fuera de servicio o fue suspendida.
- Falla: Indica un problema en la Estación Terrena Terminal.

#### 6.5.4 Procesamiento avanzado

El sistema utilizado incluye las siguientes tecnologías con el fin de aumentar su rendimiento y eficiencia:

- Internet de Alta Velocidad: Para ofrecer alta velocidad de tráfico dedicado por usuario para aplicaciones de Internet.
- Mejoradores de Rendimiento: Para reducir el tiempo por transacción, a fin de que terminen localmente las sesiones IP y se reduzca el consumo del ancho de banda satelital al controlar el tráfico local de reconocimientos (ACK), con mejoras sustanciales en las transacciones de Internet tipo HTML.

### 6.6 Funcionalidad del sistema para la prestación del servicio

El sistema ofrece servicios multimedia basados en IP, sobre los cuales pueden prestarse múltiples servicios como:

- Internet de Alta Velocidad: El acceso a Internet, a través de dos vías, esta disponible aún en zonas rurales o fuera de la cobertura de las redes de los proveedores de servicios de telecomunicaciones. El sistema permite, mediante actualizaciones, el incremento de las tasas de velocidad en ambos sentidos.
- Transmisión de páginas Web: La función de transmisión selectiva de páginas de Internet, permite a los usuarios seleccionar, a partir de una lista, sitios de Internet para el envío de manera automática a las Estaciones Terrenas Terminales y a las computadoras conectadas a éstas. El contenido es retransmitido a los usuarios remotos cada vez que se actualice la página Web.
- Multicast IP: Este servicio permite la transmisión (eficiente y económica) de información multimedia para las aplicaciones de aprendizaje a distancia, la distribución de información urgente y otras a nivel corporativo. El sistema satelital, permite optimizar la utilización del ancho de banda en el sistema, enviando un solo paquete de información que llega a un número finito de puntos distintos. Por otro lado, la entrega de paquetes permite la transmisión simultánea en banda ancha de archivos de video, audio, gráficas o información a cualquier número de

usuarios, a velocidades por encima del promedio, garantizando la recepción de la información más reciente, en el menor tiempo posible y minimizando los costos.

## 6.7 Arquitectura de la red

La topología del sistema es tipo estrella, por lo que todas las transmisiones de las Estaciones Terrenas Terminales se enrutan a través del sistema hacia la red pública de Internet o hacia las redes internas conectadas al sistema.

El sistema está diseñado para utilizar en forma óptima, la capacidad del equipo de comunicación satelital y del espectro satelital disponible, mediante la utilización simultánea de varios métodos de acceso en las rutas entrantes TDMA (canales que van de las ETTs al NOC) y de los canales TDMA salientes (canal que va del NOC a las ETTs).

## 6.8 Descripción de la Estación Terrena Maestra

El equipo de banda base de la Estación Terrena Maestra, se interconecta con las redes de datos Internet, mediante conexiones E1, en la cantidad requerida por el ancho de banda satelital para interconectar todas las ETTs. La asignación inicial se efectúa en base al porcentaje de tráfico de datos que cada uno de ellos cursa de acuerdo a los reportes anuales de la Comisión Federal de Telecomunicaciones y una vez iniciada la operación, debe ajustarse a la demanda de la propia red a fin de optimizar los tiempos de respuesta a los usuarios en los CCDs.

El sistema permite el ajuste de la potencia de transmisión de enlace de subida de cada una de las estaciones, a fin de compensar la pérdida de nivel de recepción debida a condiciones climatológicas y por ubicación geográfica de acuerdo al patrón de radiación del satélite; así mismo la Estación Terrena Maestra cuenta con un sistema de compensación por atenuación por lluvia.

Tanto los equipos como el sistema, cumplen con las normas internacionales vigentes a la fecha; además de que el sistema es escalable en cuanto a funcionalidad y a número de usuarios.

El software y hardware (necesarios para el NMS) proporcionado por InterDirec permite:

- Efectuar funciones de monitoreo, operación y control de cada uno de los equipos terrenos terminales, con amplio nivel de detalle de los equipos integrantes de la cadena de comunicación ascendente - descendente.
- Operar con la topología y los protocolos de comunicaciones necesarios que permiten la interconexión entre los clientes de las Estaciones Terrenas Terminales vía la Estación Terrena Maestra, con la máxima optimización de los recursos satelitales.
- Asignar ancho de banda dinámicamente.
- Proporcionar la información estadística de los eventos procesados por el sistema.
- Proporcionar la comunicación y transmisión - recepción de datos necesarios para el centro de monitoreo y gestión de reportes que instaló la SCT. Los datos generados por la Estación Terrena Maestra, son necesarios para lograr un

monitoreo en línea y en tiempo real de la actividad de cada CCD dado de alta en la red satelital.

## 6.9 Requerimientos de los sistemas

- Procesador digital en banda base y frecuencia intermedia para la comunicación satelital del tráfico de datos, para la Estación Terrena Maestra; así como sistemas periféricos, en su caso. El procesador central incluye redundancia N+1 en los módulos tales como la fuente de alimentación y de control.
- Puertos de salida de la Estación Terrena Maestra al proveedor de Internet.
- Equipamiento de la capacidad inicial para soportar 3,200 Estaciones Terrenas Terminales, las que estarán conectadas a 35,200 computadoras personales mediante redes de área local.
- Amplificador de alta potencia (HPA), en configuración 1+1, con un sistema de conmutación automática (Hot Stand By), para soportar el tráfico generado de 3,200 Estaciones Terrenas Terminales.
- Sistema de compensación por atenuación por lluvia para el enlace de subida hasta por 12 dB.
- Convertidores de subida en banda Ku, configuración 1+1, con un sistema de conmutación automática.
- Combinador de señal de RF en configuración 4:1 puertos.
- Amplificador de bajo nivel de ruido en banda Ku, con configuración 1+.
- Sistema de conmutación automática para la redundancia 1+1 del sistema amplificador de bajo nivel de ruido en banda Ku.
- Convertidores de bajada en banda Ku, configuración 1+1, con un sistema de conmutación automática.
- Divisor de señal de RF en configuración 1:4 puertos.
- Unidad de Control de Antena (ACU), manual y automática (opcional), para ángulos de elevación/azimut y polarizador, receptor Beacon, capaz de manejar por lo menos 4 frecuencias diferentes.
- Sistema de Administración, Monitoreo, Operación y Control de Red (NMS) con redundancia, software, hardware y equipos periféricos de almacenamiento e impresión; para realizar el respaldo de la información que incluya: módulos de preprocesamiento de facturación, gestión de llamada, órdenes de servicio, registro de falla y registros estadísticos, así como herramientas de monitoreo de la funcionalidad de los procesos de la aplicación y análisis de tráfico. Registro Detallado de Transmisiones (CDRs).
- Panel de parcheo y banda Ku.

- Panel de parcheo y monitoreo en frecuencia intermedia, supervisado a través del centro de monitoreo del NMS.
- Accesorios, herramientas y materiales de instalación para cada sistema.
- Manuales de instalación, operación y mantenimiento para cada sistema.
- Un lote de refacciones para el mantenimiento de la Estación Terrena Maestra, suficiente para mantener en operación esta estación.
- Licencia ilimitada para las Estaciones Terrenas Terminales.
- Bastidores (Racks) para los equipos de la Estación Terrena Maestra (banda base, amplificadores de potencia y convertidores, equipo del Sistema de Administración, Monitoreo y Control).
- El sistema, además integra el mobiliario necesario para ubicar y operar las terminales de usuario de los operadores del sistema; el que consiste en mesas de trabajo y sillones de operación, de acuerdo a los estándares comerciales para este tipo de Estaciones Terrenas.
- Refacciones para el mantenimiento de las Estaciones Terrenas Terminales, (un mínimo de 3% del total de ETTs).
- Características generales, con las que cuentan los sistemas de procesamiento digital de banda base y frecuencia intermedia, en la Estación Terrena Maestra:
  - La técnica de acceso que reúna de mejor forma, las características de optimización de los recursos satelitales.
  - Aquella topología que permita la interconexión entre Estaciones Terrenas Terminales vía terminales a la Estación Terrena Maestra, con optimización del ancho de banda satelital.
  - Interfaz física entre el sistema y los equipos periféricos a interconectarse.
- Se garantiza que los sistemas y subsistemas tienen la capacidad para generar, visualizar, almacenar, recuperar y procesar con exactitud una fecha de ocho dígitos correspondientes al "día-mes-año" (año de cuatro dígitos) incluyéndose entre otras, operaciones de cálculo, comparación y operaciones secuenciales.

### 6.10 Descripción de las Estaciones Terrenas Terminales (ETTs)

El sistema ofrece velocidad, seguridad, ubicuidad y escalabilidad para proporcionar servicios de banda ancha vía satélite, en un esquema de "dos vías". Es decir, tanto la señal de recepción de datos como la señal de transmisión de datos operan a través de la antena de las Estaciones Terrenas Terminales de usuario vía el Centro de Operaciones de la Red NOC.

Las Estaciones Terrenas Terminales de usuario, o transreceptores, consisten de una antena satelital con una unidad exterior asociada y la unidad interior, contando con un puerto

para la conexión de una red local de computadoras personales mediante un conector RJ45.

### **6.10.1 Equipo interior**

El equipo interior está compuesto de una o dos unidades; el cual, en conjunto con el equipo exterior, integra la Estación Terrena Terminal.

### **6.10.2 Equipo exterior**

El equipo exterior del sistema, está formado de al menos tres elementos:

- Un LNB para la recepción de datos del satélite.
- Una unidad de radio para la transmisión de los datos hacia el satélite.
- Una antena.

El equipo exterior está conectado al equipo interior a través de cables.

### **6.10.3 Características de las Estaciones Terrenas Terminales**

Operan en banda Ku y su sistema cumple con las normas internacionales vigentes a la fecha.

Por uniformidad, se presentan como máximo hasta tres tamaños de antenas para las ETTs, dependiendo de las características aplicables a cada lugar y siempre cubriendo la disponibilidad requerida en estas bases, sin que el mayor diámetro exceda 1.8m.

## **6.11 Segmento Espacial**

### **6.11.1 Técnicas de acceso**

Las técnicas de acceso empleadas para la comunicación de los equipos satelitales (NOC y Estaciones Terrenas Terminales VSAT) pretenden cumplir con la utilización eficiente del ancho de banda disponible.

Por ello, el sistema permite la adopción de diferentes modos de transmisión y prioridad de la información de las Estaciones Terrenas Terminales de/hacia la Estación Terrena Maestra (NOC). Estos modos de transmisión se deberán ajustar en forma dinámica con base en las características de tráfico.

Los anchos de banda y el número de portadoras del sistema, están en función de las 3,200 Estaciones Terrenas Terminales.



### 6.11.2 Capacidad de la red

La capacidad de la red se obtiene a partir de la relación entre los canales de información y el hub terminal, de acuerdo al número de usuarios para la red.

Se desea contar con una técnica de optimización del uso del espectro satelital, tanto en el manejo de protocolos como en la modulación y los códigos de corrección de errores.

Algo importante de mencionar, es que el sistema toma en cuenta la ubicación geográfica de las Estaciones Terrenas Terminales, las variaciones de posición del satélite y las variaciones por retardo en el satélite y en las ETTs. Los anteriores parámetros, son relacionados con los diversos tipos de servicios a prestar y con el número de usuarios indicados como computadoras personales atendidas por Estación Terrena Terminal; considerando los promedios de PCs por terminal y especificado el uso del servicio de acuerdo a los estándares de la industria.

Para el cálculo de la capacidad de la red, se cuenta con los anchos de banda y el número de canales del sistema para poder atender a 3,200 Estaciones Terrenas Terminales con un promedio de 11 computadoras personales por Estación Terrena Terminal.

### 6.11.3 Cálculo de enlace

El cálculo de enlace efectuado, considero la posición orbital geoestacionaria del satélite empleado, los niveles de cobertura del mismo en cuanto al PIRE, (G/T) y densidad de potencia; aclarando las afecciones climatológicas adversas para este tipo de sistemas satelitales y tomando en cuenta que se manejaron tres tamaños de antena con diámetros no mayores a 1.8 m .

El mínimo de ciudades en el que este cálculo fue hecho son:

- Tijuana, Baja California
- Tampico, Tamaulipas
- La Paz, Baja California Sur
- Monterrey, Nuevo León
- Guadalajara, Jalisco
- México, Distrito Federal
- Ciudad Juárez, Chihuahua
- Veracruz, Veracruz
- Acapulco, Guerrero
- Tapachula, Chiapas
- Cancún, Quintana Roo
- Mazatlán, Sinaloa
- Aguascalientes, Aguascalientes
- Mérida, Yucatán

## 6.12 Especificaciones técnicas de la Estación Terrena Maestra

Como ya se dijo anteriormente, la Estación Terrena Maestra lleva a cabo la configuración, control, monitoreo de la red y las funciones de asignación de recursos para el acceso a través de los canales de comunicación satelital.

Sin embargo, aún falta por definir algunos aspectos dentro de ella; por lo tanto a continuación se indican las características técnicas de cada uno de los elementos eléctricos electrónicos contemplados dentro de una Estación Terrena Maestra. Cabe mencionar que estos parámetros, representan la forma de operación de los dispositivos, así como sus capacidades y limitaciones.

Empezaremos por las especificaciones técnicas planteadas para una antena, las cuales se definen como:

- Frecuencias de operación: Banda Ku con 14.0 a 14.5 GHz para la transmisión y de 11.7 a 12.2 GHz a la recepción.
- Diámetro: 9 metros.
- Tipo de montaje: Azimut / elevación. Con libertad de movimiento de  $\pm 10^\circ$ , considerando los ángulos de elevación de las ciudades indicadas para el cálculo de enlace y el cual cuenta con escala graduada.
- Envolvente: Conforme a la norma UIT-580-5 (29-25 log e).
- Polarización: Lineal.
- Aislamiento: Mínimo 30 dB con respecto a la polaridad inversa a la que estén trabajando.
- Montaje: Azimut – Elevación.
- Material de la antena: Aquel que garantice la operación con la velocidad de viento que se especifica, sin deformarse ni perder el apuntamiento con el satélite o causar problemas en la comunicación. Es importante considerar que la antena está expuesta a polvo, humedad y agentes ambientales corrosivos comunes.
- Velocidad del viento: Soporta al menos 200 Km/hr en operación. Esta condición está sustentada en el cálculo de enlace presentado y en el detalle gráfico de la base de la antena y/o tipo de cimentación utilizada.
- Hielo: No se requiere sistema de deshielo.
- Condiciones de operación: Soportar condiciones extremas de polvo, humedad y polución ambiental.
- Herrajes de instalación: Todos los herrajes utilizados tienen acabado tropicalizado a fin de protegerse contra la corrosión. Algunos de estos herrajes son: abrazaderas, tornillos, tuercas, mástil, base de antena, mecanismo de posicionamiento, etc.
- Patrón de radiación: Conforme a la recomendación del CCIR – 580.

Las especificaciones de un transmisor son:

- Tipo de amplificador: Definido por InterDirec.
- Configuración: 1+1 con conmutación automática.
- Rango de frecuencia: 14 a 14.5 GHz.
- Rango de nivel de entrada de frecuencia intermedia: Definido por InterDirec.

- Potencia de salida: La necesaria para soportar un tráfico de 3,200 Estaciones Terrenas Terminales, de acuerdo al cálculo de enlace y tráfico para el correcto funcionamiento de la red.
- Ajuste de ganancia automático: El requerido por las normas de telecomunicaciones.
- Estabilidad:  $\pm 1$  dB.
- Pendiente:  $\pm 1.5$  dB.
- Variación:  $\pm 2$  dB máx.
- Armónicas: 60 dBc máx.
- Ancho de banda: Conforme al cálculo para las 3,200 Estaciones Terrenas Terminales.

El convertidor de subida se caracterizo de la siguiente manera:

- Rango de frecuencia: 14.0 a 14.5 GHz.
- Estabilidad de frecuencia a la tx:  $\pm 1e-08$ .
- Potencia de salida: +29 dBm.
- Ganancia de potencia: En pasos de 0.1 dB.
- Estabilidad de frecuencia: 1e-08.
- Rango de frecuencia de entrada: 52 a 88 MHz.
- Nivel de entrada: -5 dBm.
- Configuración: 1+1 con conmutación automática.
- Tensión de alimentación:  $127 \pm 10\%$  vca, a 60 Hz  $\pm 5\%$ .

El convertidor de bajada requerido posee las siguientes especificaciones:

- Rango de frecuencia de entrada: 11.7 a 12.2 GHz.
- Pasos de frecuencia: 125 KHz.
- Pérdida de retorno: 20 dB.
- Figura de ruido: 13 dB.
- Tensión de alimentación:  $127 \pm 10\%$  vca, a 60 Hz  $\pm 5\%$ .

El combinador de RF tiene los siguientes parámetros:

- Rango de frecuencia: 14.0 a 14.5 GHz.
- Conector: Definido por InterDirec.
- Configuración: 4:1.
- Pérdidas por inserción: 2 dB.
- Aislamiento puerto - puerto: 30 dB.
- Cargas: De 50 ohms.
- Impedancia: La que se sugiera.

Las especificaciones del divisor de RF son:

- Rango de frecuencia: 11.7 a 12.2 GHz.
- Conector: Definido por InterDirec.
- Configuración: 1:4.
- Pérdidas por inserción: 2.0 dB.
- Aislamiento puerto - puerto: 30 dB.
- Cargas: De 50 ohms.
- Impedancia: Definido por InterDirec.

Se determino que las especificaciones del MODEM fueran:

- Técnica de acceso al satélite: Que optimice el segmento satelital en ancho de banda y potencia para la comunicación entre estaciones.
- Tipo de modulación: QPSK preferentemente.
- Factor de corrección de error:  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ .
- Frecuencia de la interfaz de frecuencia intermedia: Definido por InterDirec.
- Pasos de frecuencia: 125 KHz.
- Interfaces de frecuencia Intermedia: Definido por InterDirec.
- Tensión de alimentación:  $127 \pm 10\%$  vca, 60 Hz  $\pm 5\%$ .
- Temperatura:  $0^\circ$  a  $40^\circ$  C.
- Humedad relativa: 95% sin condensación.

La unidad de control de la antena se especifica a continuación:

- Frecuencia de beacon: Deferminadas al menos 4.
- Tipo: Escalonado.
- Característica de motores:
  - Tensión de entrada: 127 VCA Monofásico o 220 VCA Bifásico.
  - Potencia: Menor a 8 AMps.
  - Corriente: 60 Hz.
  - Frecuencia: De 1440 - 1720 o la equivalente en grados por minuto.
  - Factor de potencia: Mejor de 0.8.

Las especificaciones técnicas del canal ascendente del sistema son:

- Banda de Operación: Ku.
- Encapsulación: DVB.
- Modulación del canal: QPSK.
- Velocidad de Símbolos: 2, 10, 20 hasta 30 Mbps.
- Codificación FEC: Definido por InterDirec.
- Codificación: Definido por InterDirec.
- Velocidades de Transmisión: Combinación de diferentes velocidades de codificación hasta 45 Mbps.
- Tasa de errores:  $1 \times 10^{-10}$ .

El canal de comunicaciones de las Estaciones Terrenas de comunicaciones poseen las siguientes especificaciones:

- Banda de Operación: Ku.
- Encapsulamiento (recepción): DVB.
- Modulación (recepción): QPSK para optimizar el segmento espacial.
- Modulación (transmisión): QPSK para optimizar el segmento espacial.
- Velocidad típica de Información (recepción): Hasta 45 Mbps.
- Velocidad típica de símbolo (recepción): Hasta 30 Msps.
- Rangos de velocidades típicas de información (transmisión): 256 Kbps a 50 Kbps.
- Tasa de error (recepción):  $1 \times 10^{-9}$  o mejor.
- Tasa de error (transmisión):  $1 \times 10^{-6}$  o mejor.
- Codificación (recepción): Reed-Solomon de 188/204 bytes (DVB) con FEC a 7/8, 5/6,  $\frac{3}{4}$ , 2/3 ó  $\frac{1}{2}$ ; DBV-S.

### 6.13 Especificaciones técnicas de las Estaciones Terrenas Terminales

Las Estaciones Terrenas Terminales de la red incluyen las siguientes especificaciones.

Para la antena:

- Frecuencias de operación: Banda Ku 14.0 a 14.5 GHz para la transmisión y 11.7 a 12.2 GHz para la recepción.
- Diámetro: 1.2 metros.
- Tipo de montaje: Azimut / Elevación. Con libertad de movimiento de  $\pm 10^\circ$ , el cual cuenta con escala graduada.
- Envolvente: Definida por la norma UIT-580-5 (29-25 log e).
- Polarización: Lineal.
- Aislamiento: Mínimo de 30 dB en la polaridad que estén trabajando.
- Soporte para la antena: Mástil robusto tropicalizado, que permite la instalación en piso y/o techo y que garantiza el cumplimiento del numeral 1.8. Velocidad del viento.
- Material de la antena: aquel que garantice la operación con la velocidad de viento que se especifica, sin deformarse ni perder el apuntamiento con el satélite o causar problemas en la comunicación. Es importante considerar que la antena esta expuesta a polvo, humedad y agentes ambientales corrosivos comunes.
- Velocidad del viento: Soporta al menos 80 Km/hr en operación, esta condición es sustentada por el cálculo y el detalle gráfico de la base de antena y/o tipo de cimentación a utilizada.
- Hielo: No se requiere sistema de deshielo.
- Facilidades de instalación: La antena y su base son de fácil instalación, sin necesidad de trabajos de obra civil complicada y sin dificultades en la transportación hasta el sitio de instalación.
- Condiciones de operación: Soporta condiciones extremas de polvo, humedad y polución ambiental.
- Herrajes de instalación: Todos los herrajes empleados tienen acabado tropicalizado a fin de protegerse contra la corrosión. Algunos son: abrazaderas, tornillos, tuercas, mástil, base de antena, mecanismo de posicionamiento, etc.
- Patrón de radiación: Conforme a la recomendación del CCIR.

La descripción de los parámetros de un transreceptor es:

- Potencia de transmisión: La que considere un margen de atenuación por lluvia para una disponibilidad del enlace satelital de 99.5%. Controlada por software desde la estación terrena maestra y/o por software configurable en la ETT.
- Frecuencias de operación: Cualquier frecuencia dentro del rango asignado a los transpondedores de Banda Ku del satélite utilizado.
- Estabilidad en frecuencia:  $\pm 3 \times 10^{-7}$ . (0.3 ppm) por año dentro del rango de temperatura de 0 a 40°C.
- Pasos de sintonía: Definidos por InterDirec.
- Estabilidad en potencia: En portadora analógica de  $\pm 1$  dB y portadora digital  $\pm 1.5$  dB.
- Temperatura de operación: Rango entre -5 a 55°C.
- Dimensiones: Las menores posibles.
- Peso: El menor posible.
- Condiciones de operación: Soporta condiciones extremas de polvo y humedad.
- Humedad relativa: 100%.
- Altitud sobre el nivel del mar: Hasta 3,300 metros.

La descripción de los parámetros de la Unidad Interna es:

- Puertos de comunicación: RJ45 para datos y BNC para RF.
- Técnica de acceso al satélite: Definida por InterDirec.
- Dimensiones: Las menores posibles.
- Peso: El menor posible.
- Temperatura de operación: Rango entre 0 a 40° C.
- Condiciones de operación: Soporta condiciones extremas de polvo, humedad y polución ambiental.
- Tipo de modulación: La que optimice el ancho de banda y potencia del segmento satelital asignado al proyecto.
- Velocidad de transmisión de la portadora: La necesaria para optimizar el ancho de banda asignado al proyecto.
- Voltaje de operación: De 100 a 140 VCA.
- Consumo de corriente: El menor posible.

- Frecuencia de entrada: De 60 Hz, +/- 5%.
- Enfriamiento: Por convección.
- Protección contra sobre-corriente: Mediante fusible montado en chasis y de fácil acceso.
- Cordón de energía: Mínimo de 2 metros.
- Software de operación del equipo terminal: La terminal cuenta con capacidad para actualizar el software de operación vía remota desde la Estación Terrena Maestra y puede conservar su programación en caso de falla prolongada de la energía eléctrica.

La instalación y comisionamiento del equipo cumple con las siguientes especificaciones:

- Antena: Incluye todo el material de instalación correspondiente.
- Unidad Interna: La longitud del cable entre el transreceptor y la unidad Interna, es de 30 metros.
- Manuales: Para cada ETT se cuenta con un juego de manuales de operación e instalación de la antena, transreceptor, unidad interna, en idioma español.

A continuación se denotan las especificaciones técnicas de instalación, además de detallar algunas recomendaciones:

- Instalación de la antena: Se eligió un lugar apropiado a fin de que el mástil que soporta la antena se sujete firmemente, adicionalmente la antena se fija adecuadamente al mástil para no permitir que se desajuste su apuntamiento hacia el satélite, por lo que se tiene absoluta línea de vista hacia la posición del satélite, teniendo en cuenta además, que no existe, en las cercanías, algún objeto que al caer o moverse pudiera obstruir la línea de vista o golpear y dañar el alimentador del equipo mencionado.
- Instalación del cableado proveniente de la antena: Se eligió una trayectoria, la más segura posible, que permite proteger el cable de posibles daños ocasionados por doblez excesivo, torceduras innecesarias, exposición al fuego, golpes o tracción. Se ocultó en un ducto y se fija firmemente sobre la pared, para evitar que se pudiera desprender de su lugar de instalación. El exceso de cable es de 1 m, en cada extremo, el cual fue enrollado en circunferencias lo suficientemente amplias en el exterior y en la parte superior del mástil.
- Instalación de la unidad transreceptora: Se seleccionó un lugar que permite la circulación del aire, a efecto de que el equipo se mantenga dentro de los límites de temperatura de operación. Dicho equipo esta sólo al alcance del responsable del servicio.
- Conectores: Todos los correspondientes a cables de radiofrecuencia y control, fueron aislados y sellados a fin de protegerlos contra la humedad.
- Requerimientos de energía: Se incluyó un toma corriente de 127 VCA polarizado, a fin de garantizar el óptimo funcionamiento, tanto del equipo transreceptor, como

del acondicionador de línea. La toma de energía utilizada para alimentar estos equipos, esta conectada a la salida de un interruptor termomagnético; por lo que se evita al máximo, conectarla a la línea directa proporcionada por la CFE. En todo caso, también se esta tomando en cuenta la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994, relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

- Instalación del cableado de energía: Además de las consideraciones adoptadas para el cableado proveniente de la antena, se considero la trayectoria más corta a fin de evitar caídas de voltaje que pudieran afectar el funcionamiento de todo el sistema.
- Sistema de tierra física: La varilla Copperweld, fue enterrada en un terreno húmedo, de tal manera que permite un mejor contacto con el material adyacente. El conector fue conectado adecuadamente a fin de garantizar el mejor contacto entre el cable y la varilla.

En casos de interferencia terrestre, InterDirec y la SCT colaborarán para resolverlos en el menor tiempo y costo posibles.

#### 6.14 Conectividad al hub central

El presente diagrama no es más que la representación gráfica de cómo se efectuaría la conectividad entre el satélite y la Estación Terrena (en operación) a través del hub central.

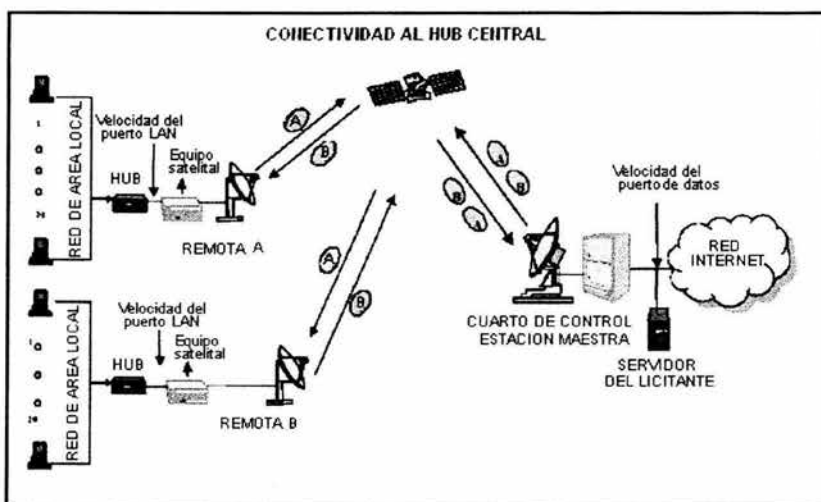


Figura 6.1 Diagrama de conectividad al hub central.

Se puede observar como la Estación Terrena Maestra recibe las señales de subida de todas las Estaciones Terrenas Terminales y a su vez, su propia señal de subida va dirigida a



todas las Estaciones Terrenas Terminales de las cuales recibió alguna señal. Es decir, básicamente la idea es que la Estación Terrena Maestra, administre la información transmitida dentro de cierta región y pueda procesarla de la manera más apropiada, a demás de funcionar como la puerta hacia la red de Internet.

Por su parte las Estaciones Terrenas Terminales se encargarán de repartir la información a cada una de las terminales conectadas a su red local.

### 6.15 Pruebas de servicios y protocolos

Para poder llevar a cabo la conectividad entre los diferentes elementos electrónicos que conforman al Sistema Nacional e-México; es necesario establecer protocolos de comunicación y un conjunto de servicios que cada uno de ellos va a proporcionar al sistema, con el fin de asegurar el entendimiento entre dispositivos.

De esta forma, fue necesaria una prueba a través de la cual se pudo cualificar el funcionamiento del enlace. Para ello, se consideraron los parámetros mostrados dentro del siguiente diagrama.

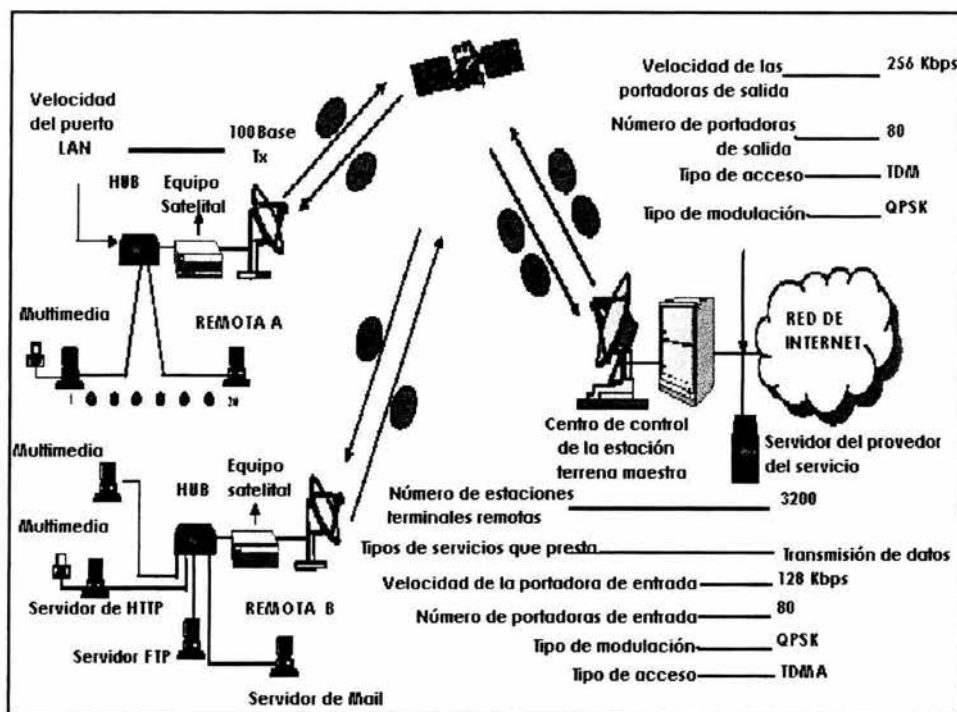


Figura 6.2 Diagrama de los parámetros de operabilidad de la red satelital e-México.

### 6.16 Verificación de parámetros de instalación y configuración

En el siguiente diagrama se describen los parámetros de instalación y configuración de una Estación Terrena.

Los datos aquí proporcionados corresponden a los valores arrojados por las pruebas efectuadas a cada uno de los dispositivos; a través de una simulación de su operación.

La ventaja de ello, es conocer si el sistema estaría trabajando dentro de los límites propuestos; ya que estos representan sólo algunos de los requerimientos de construcción.

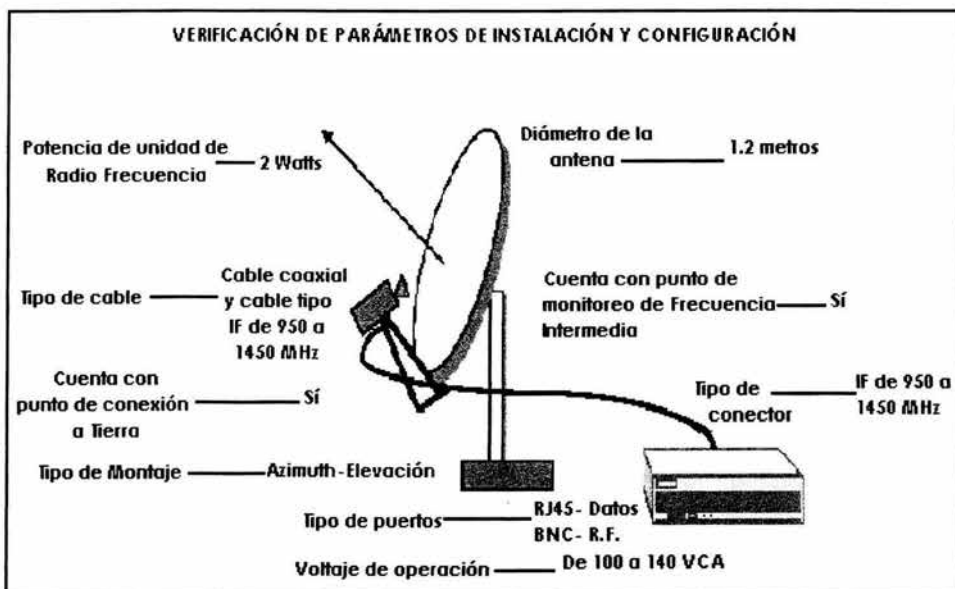


Figura 6.3 Diagrama de la instalación y configuración de una VSAT, dentro de la red satelital e-México.

---

## Capítulo 7

# Análisis y diagnóstico de la red satelital e-México

---

### 7.1 Descripción y configuración de las VSATs en e-México

Debemos recordar que se han desarrollado varios sistemas de comunicación que manejan la tecnología Vsat para la transmisión de datos vía satélite; pero para este caso en particular, resulta indispensable describir el sistema LinkStar, ya que éste es empleado en la red del Sistema Nacional e-México.

LinkStar es un nuevo sistema de comunicación satelital de banda ancha, que ofrece Internet a través del protocolo TCP/IP. LinkStar consiste en los elementos siguientes:

- Uno o más estaciones terrenas maestras (Hub).
- Un conjunto de terminales Vsat (RCST)<sup>41</sup>.
- Un Sistema de Administración y Control (NMS).
- Un Centro de Control de la Red (NCC).
- Uno o más Centros de Control de la Red Regionales (RNCC).
- Un segmento espacial.

Linkstar es el sistema Vsat con más soporte para proveer servicios ISPs<sup>42</sup> a redes corporativas que buscan un sistema basado en el estándar DVB<sup>43</sup>.

Las estaciones terminales remotas Vsats llamadas RCST, son de bajo costo y están diseñadas para mantener conectividad con muchos nodos dentro de la red.

---

41 RCST: Return Channel Satellite Terminal.

42 ISP: Internet Service Provide.

43 DVB: Digital Video Broadcasting.

Las terminales pueden transmitir datos hacia el hub de la red a velocidades de hasta 1.15 Mbps, con downloads desde 2 Mbps hasta 60 Mbps y de esta forma, satisfacer todas las aplicaciones de alto rendimiento y ancho de banda en aplicaciones IP.

LinkStar puede operar en bandas C, Ku, Ka o incluso a frecuencias más altas; aunque la banda Ku es con la que comúnmente opera.

LinkStar es escalable desde pequeñas a grandes redes, pudiendo manejar hasta 10,000 nodos por Centro de Control de Red (NCC) y hasta 100,000 nodos en total. Una red LinkStar puede tener uno o más RNCCs, ya que a cada portadora de salida, podría corresponderle un RNCC. Este concepto es nuevo y se refiere al centro responsable de administrar todos los RCSTs dentro de una misma región.

El tamaño de la antena maestra es mucho más grande respecto al tamaño de las antenas terminales; lo que le dará al hub central mayor sensibilidad y ganancia. Debido a que sólo se transmiten 80 portadoras, éstas serán repartidas entre todos los nodos terminales dentro de la red, repercutiendo así en el tamaño de la huella de cobertura; puesto que ésta tenderá a ser más pequeña.

Para que el sistema opere de forma adecuada el transpondedor del satélite tiene que tener alta ganancia. Esta característica técnica es fácil de satisfacer; pero se debe especificar antes de elegir el satélite que fungirá como elemento dentro del segmento espacial.

### 7.1.1 Arquitectura y topología de la red LinkStar

La arquitectura de la red LinkStar, está estructurada de tal manera que permite garantizar un enlace satelital que satisface la transmisión de los datos e información involucrados en sus servicios. Una de las razones por las cuales se emplea un sistema LinkStar, es la facilidad de manejar dinámicamente el ancho de banda combinando una calidad de servicio garantizada (QoS) y una aceleración TCP. Lo que hace del LinkStar, el más eficiente y rápido sistema en TDMA.

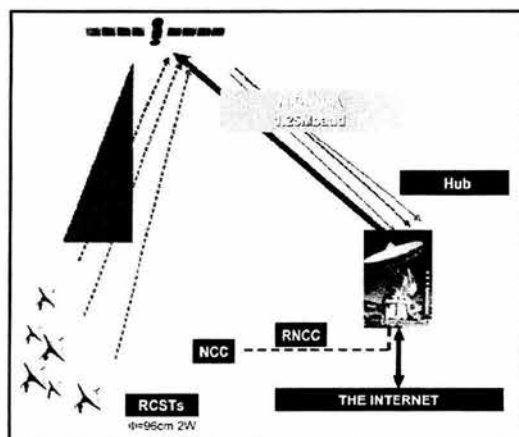


Figura 7.1 Arquitectura de una red para un sistema LinkStar.

Por su parte, la topología estrella involucra una arquitectura muy sencilla pero no por eso deja de ser confiable; ya que cuenta con una infraestructura bastante sólida que le permite administrar la señal transmitida y recibida, con gran velocidad y eficiencia.

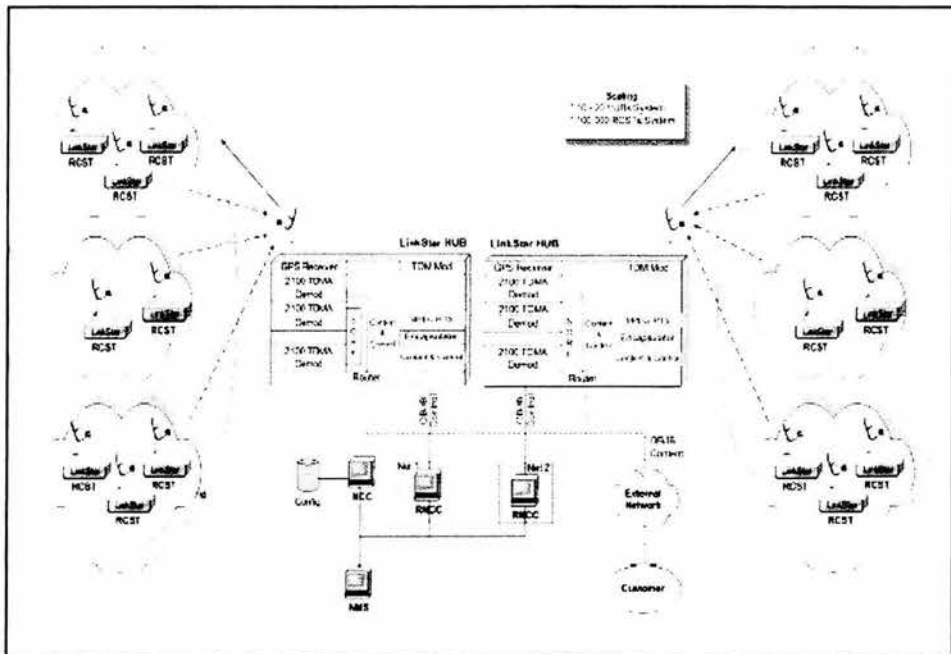


Figura 7.2 Topología de una red para un sistema LinkStar.

### 7.1.2 Estación Terrena Maestra

A grandes rasgos, la estación central consiste en una antena de gran tamaño (para este caso, la antena tiene un diámetro de 9 metros), un transmisor integrado con un router con interfaz para una red ISP externa, encapsulador DVB-IP (encargado de encapsular los datos en formato IP para convertirlos a un formato MPEG-2), multiplexor DVB, amplificador de alta potencia, convertidor de subida y un receptor de radio frecuencia conformado de un amplificador de bajo ruido, convertidor de bajada, modulador y demodulador.

El número de demoduladores depende del número de links inbound que se tengan; por lo que se puede afirmar que la red satelital e – México posee 80 demoduladores.

Cada uno de los elementos dentro de la red cumplen con una función específica y al igual que en otro tipo de redes, el hub o estación terrena maestra de la red LinkStar es la encargada de administrar la información entre todas las estaciones terrenas terminales.

La operación conjunta de todos los elementos, puede resumirse y visualizarse en el siguiente diagrama.

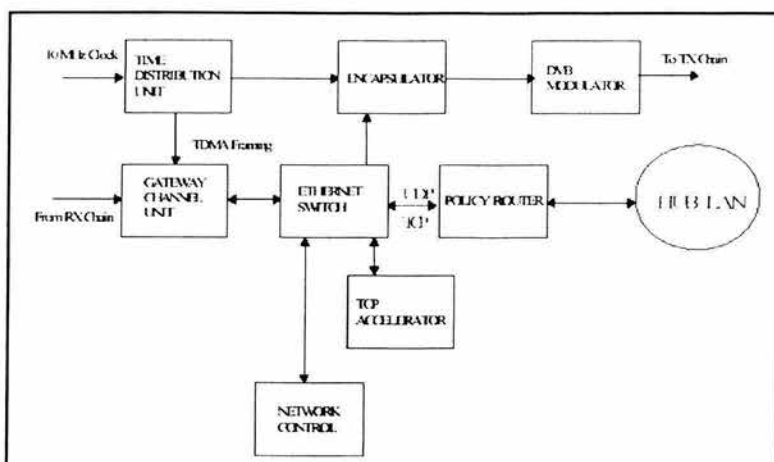


Figura 7.3 Diagrama de bloques del funcionamiento del hub de una red LinkStar.

### 7.1.3 Sistema de Administración y Control (NMS)

Además de realizar los procesos comunes de administración, control, rendimiento y administración de alarmas; también ofrece la posibilidad de proporcionar una interfase de software de download desde el hub hacia las RCST.

El sistema de gestión NMS, se encuentra basado en Web haciendo a la red simple de operar y configurar. A diferencia del resto de los NMS, el sistema NMS LinkStar resulta ser muy amigable con el usuario por su flexibilidad.

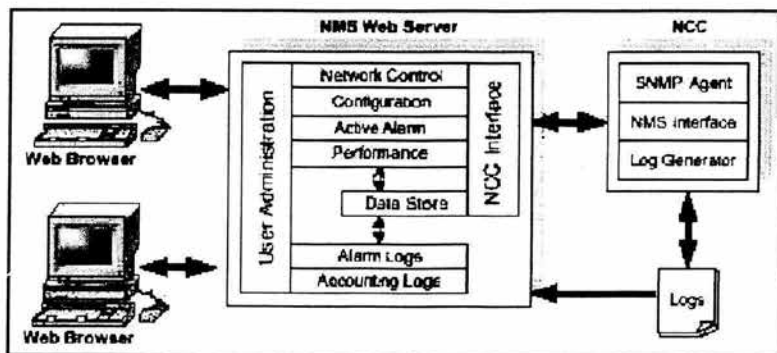


Figura 7.4 Sistema de Administración y Control de un sistema LinkStar.

### 7.1.4 Estaciones Terminales Remotas

De la misma forma, una estación terminal remota cumple con especificas funciones, para ello debe contar con una estructura básica que integre dispositivos electrónicos y de

telecomunicaciones, tales como una unidad IDU (integrada por un demodulador DVB y un demultiplexor) y una unidad ODU (que consiste en una antena, un amplificador de potencia de RF y un receptor de bajo ruido).

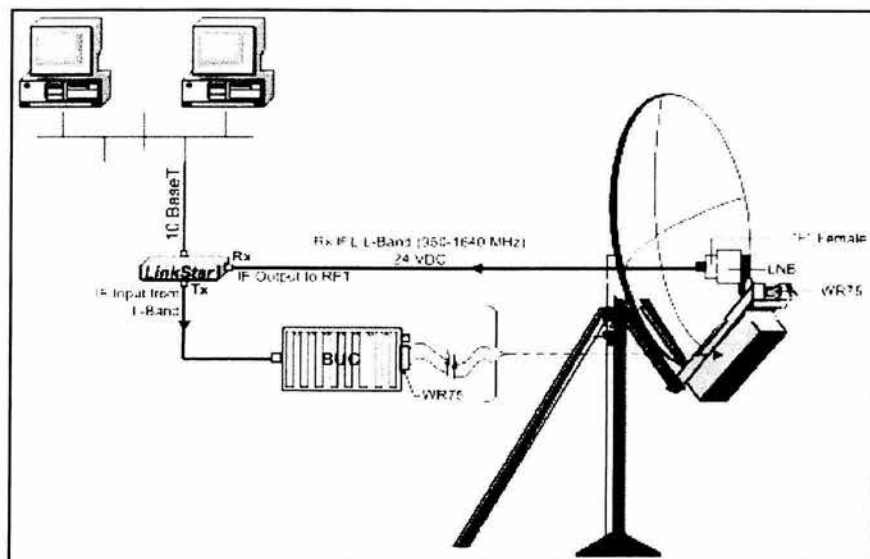


Figura 7.5 Descripción de una Estación Terrena Terminal de una red LinkStar.

Entre más grandes sean los diámetros de los platos, mejor será la recepción de la señal proveniente del satélite. A continuación se muestra una tabla en la que se puede observar como varían ciertos parámetros de acuerdo al tamaño del diámetro de las antenas.

Diámetro del plato (m)	Ganancia para Banda Ku (Rx / Tx dBi)	Temperatura de Ruido para Banda Ku (el=20deg, °K)
0.96	39.7 / 41.2	39
1.2	42 / 43.5	36
1.8	45.3 / 46.8	36
2.4	47.6 / 49.3	34

Tabla 7.1 Parámetros de ganancia y temperatura de ruido para antenas en Banda Ku.

El alimentador de la antena distribuye la potencia a través del área del plato y el OMT se encarga de separar a las señales de acuerdo al tipo de polarización que poseen. Se emplean dos tipos de polarización; uno para la transmisión y otro para la recepción.

### 7.1.5 Aspectos técnicos generales de LinkStar en e-México

Por seguridad del sistema algunos datos no se especifican con exactitud, estos son: la frecuencia de subida, la frecuencia de bajada, polarización empleada y la especificación de cómo se administra el segmento espacial reservado de acuerdo a la

técnica de acceso. Sin embargo, la información con la que se dispone, es suficiente para efectuar el análisis de tráfico y cálculo de enlace que se realizará más adelante.

Los aspectos técnicos generales del sistema LinkStar en e-México están desglosados a continuación, mediante la siguiente tabla de clasificación.

GENERALIDADES	DESCRIPCIÓN
Características de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema Bidireccional de banda ancha por acceso satelital</li> <li>• Topología estrella</li> <li>• Capacidad de asignación modular</li> <li>• Operación en diferentes puntos con la misma cobertura</li> <li>• Técnica de acceso TDMA</li> <li>• Banda Ku</li> </ul>
Hub	<p>Outbound Channel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolo de Internet: Encapsulado en MPGE-2 y DVB-MPGE formato para IP</li> <li>• Máxima tasa de transmisión: 60 Mbits/s</li> <li>• FEC: Compilación DVB (2/3)</li> <li>• Tasa de transmisión de símbolos: 2.5 – 42.5 (MSym/s)</li> <li>• Modulación: QPSK</li> </ul> <p>Return Channel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiplexaje: TDM</li> <li>• Técnica de acceso: TDMA</li> <li>• Tasa de transmisión de símbolos: 156, 312, 625, 1250 (KSym/s)</li> <li>• Modulación: QPSK</li> </ul>
VSAT	<p>Inbound Channel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multifrecuencia TDMA</li> <li>• Modulación QPSK</li> <li>• Máxima tasa de transmisión por portadora: 1.15 Mbits/s (FEC +2/3)</li> <li>• Tasa de transmisión para la confirmación de la información: <math>(n \cdot 9.2 \text{ Kbits/s})</math>, donde n es el número de VSATs</li> <li>• Tasa de transmisión de símbolos: 156, 312, 625, 1250 (KSym/s)</li> <li>• Frecuencia Intermedia: 950 – 1450 MHz</li> <li>• Protocolo de Internet: Encapsulado en MPGE-2 y DVB-MPGE formato para IP</li> <li>• Señal Intermedia de transmisión: -15 a -30 dBm</li> </ul> <p>Return Channel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolo de Internet: Encapsulado en MPGE-2 y DVB-MPGE formato para IP</li> <li>• Máxima tasa de transmisión: 60 Mbits/s</li> <li>• FEC: Compilación DVB (2/3)</li> <li>• Tasa de transmisión de símbolos: 2.5 – 42.5 (MSym/s)</li> <li>• Modulación: QPSK</li> <li>• Uso de BER para el enlace de entrada a la VSAT</li> <li>• Frecuencia Intermedia de recepción: 950 – 2150 MHz</li> <li>• Rango de entrada de potencia: -60 a -20 dBm</li> </ul>
Frecuencias de operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda Ku : 14.0 a 14.5 GHz para la transmisión, 11.7 a 12.2 GHz a la recepción.</li> </ul>
Segmento espacial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Galaxy III C: Transpondedores 19 K y 23 K</li> <li>• Segmento espacial de 44 MHz</li> </ul>
Elementos Funcionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCSTs: Estaciones terrenas terminales con tráfico generalmente asimétrico y en dos vías</li> <li>• Gateways: Receptor de los RCSTs</li> <li>• Alimentadores: Transmisores hacia las terminales</li> <li>• RNCCs: Centros de Control de la Red Regional</li> <li>• NCC: Centros de control de la Red</li> </ul>
Interfases Físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisor y receptor en banda L: (2) Tipo F, 75 ohm</li> <li>• Red: (1) 10/100BaseT Ethernet (RJ-45)</li> </ul>
Dispositivos de Radiofrecuencia (RF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de la antena: 1.2 m (VSATs,) y 9 m (Hub)</li> <li>• Potencia del ODU: 1, 2, 4, 5 watts</li> <li>• Temperatura de operación del ODU: -40° C - 55° c</li> </ul>
Características del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: 0° C - 40° C</li> <li>• Humedad: 90% - 95% de humedad relativa</li> </ul>
Perfil del Sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escalabilidad: 10,000 nodos con un solo hub y 100,000 nodos si se emplean múltiples Hubs</li> <li>• Protocolos: TCP/IP, UDP/IP, IGMP, RIP 1&amp;2, IP QoS Support</li> </ul>
Red de Administración y Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Administración de Red (NMS): Java Web-based, estándar PC</li> <li>• Centro de Control de la Red (NCC): SUN Solares Workstation; SNMP agent</li> </ul>

Tabla 7.2 Características del sistema LinkStar.



### 7.1.6 Ventajas del sistema LinkStar

- Alta tasa de transmisión en el canal de regreso
- Tasa base de transmisión que incrementa la tasa de servicio de datos
- Garantiza tasas de información en cada nodo de la red
- Bajo costo en algunos componentes de hardware de las terminales
- Estándares DVB para compatibilidad con otras plataformas

### 7.1.7 Aplicaciones del sistema LinkStar

- En dispositivos SOHOs
- Transmisión de multimedia
- Servicios de Internet
- Redes privadas corporativas
- Redes virtuales privadas
- Telemedicina
- Educación a distancia
- Voz sobre IP

## 7.2 Análisis de las VSATs en el Sistema Nacional e-México

La red del Sistema Nacional e-México corresponde a un sistema de servicio fijo, puesto que tanto el satélite Galaxy III-C como todas las estaciones terrenas, que fungen como nodos, permanecen sobre la Tierra en un mismo punto. Esta es una modalidad que con el paso del tiempo, se ha hecho cada vez más presente en redes de comunicación nacionales, regionales o internacionales.

Como unos de los nuevos servicios con gran demanda en la actualidad son el Internet, transmisión de datos, voz y video en tiempo real; hoy en día se requiere de un mayor ancho de banda en el espacio radioeléctrico. Ese soporte lo puede proporcionar la Banda Ka; pero como es una tecnología aún en desarrollo, se ha optado por seguir manejando la Banda Ku, en donde todos los dispositivos que trabajan para tales rangos de frecuencias ya están elaborados, probados, distribuidos y comercializados de manera más conveniente para los desarrolladores de los sistemas de comunicación satelital.

Una cualidad dentro de los sistemas en banda Ku, es la de poseer baja temperatura de ruido. Este aspecto beneficia al sistema Nacional e-México, pero además a éste se le pueden encontrar algunas ventajas adicionales debido al diámetro de 1.2 metros asignados a la antena de una Vsat. Así, se puede calificar esta elección como acertada puesto que la temperatura de ruido tiende a ser menor para tamaños menores de diámetro y de esta manera, podemos atribuirle al sistema bajos niveles de atenuación por ruido.

Otro tipo de atenuación presente en la banda Ku, que afortunadamente puede considerarse despreciable, es la atenuación por absorción de señales debido a los ángulos de elevación elevados. En cuanto a la atenuación por lluvia, se puede concluir que para el tipo de banda empleada, el valor es significativo y obviamente más crítico en regiones de lluvia constante.

Por ejemplo, en la siguiente tabla podemos observar los niveles de atenuación por lluvia en banda Ku, comparados con los de la banda Ka y la banda C en el satélite Satmex 5.

CIUDAD	Banda C		Banda Ku		Banda Ka	
	4 GHz $\gamma$ (dB/Km)	6 GHz $\gamma$ (dB/Km)	12 GHz $\gamma$ (dB/Km)	14 GHz $\gamma$ (dB/Km)	20 GHz $\gamma$ (dB/Km)	30 GHz $\gamma$ (dB/Km)
México D.F.	0.088	0.540	3.892	5.293	9.271	16.401
Guadalajara	0.064	0.371	2.743	3.775	6.758	12.227
Monterrey	0.064	0.371	2.743	3.775	6.758	12.227
Mérida	0.113	0.723	5.107	6.880	11.848	20.599
Puerto de Veracruz	0.101	0.630	4.492	6.079	10.552	18.498
Hermosillo	0.019	0.088	0.720	1.038	2.021	3.983
Acapulco	0.088	0.540	3.892	5.293	9.271	16.402
Tapachula	0.113	0.723	5.107	6.880	11.848	20.598

Tabla 7.3 Atenuación por lluvia para Satmex 5 en banda C, Ku y Ka en algunos estados de la República Mexicana.

Los efectos de lluvia dentro de un enlace, son la introducción de mucho ruido y la despolarización del enlace (efecto Faraday). Por ello, al diseñar toda red se necesita calcular la atenuación por lluvia correspondiente a cada ciudad o región; para así poder establecer un buen margen de operación que permita que la señal portadora no se degrade a niveles insatisfactorios.

Este hecho representa un problema crítico dentro de las redes Vsat; ya que al contar con antenas de dimensiones pequeñas no pueden tener integrados amplificadores transmisores de mayor potencia para reducir estos efectos. De esta manera la señal se atenúa en casos de lluvia intensa y de acuerdo a la investigación realizada en algunos CCDs, ha habido ocasiones en las que el enlace se ha tenido que suspender por largos periodos de tiempo.

La capacidad de tráfico de un satélite está limitada tanto por el ancho de banda como por la potencia de los amplificadores. Para este caso en particular, el ancho de banda manejado es de 44 MHz con una potencia en los amplificadores, de las Vsats, de 1 hasta 5 watts.

Sin embargo, hay que recordar que un ancho de banda extenso, representa velocidades de transmisión más grandes; mientras que niveles altos de potencia en los amplificadores, permiten recibir las señales de regreso con buena calidad y por tanto, mejores grados de confiabilidad en la información. No se debe olvidar que en este tipo de redes; en las que se involucra una gran cantidad de enlaces con los miles de nodos existentes; el funcionamiento correcto también está en función de la cantidad de servicios simultáneos a tratar de satisfacer. Por ello, el correcto dimensionamiento no sólo de una red satelital, representa un procedimiento indispensable en el diseño de todo sistema de comunicación.

Por otro lado, en las redes Vsats, existen varias opciones para acceder al satélite; tal es el caso de la técnica TDMA, FDMA y/o el uso de la combinación de ambas, lo que les da mayor flexibilidad y aprovechamiento del ancho de banda.

Para la corrección de errores, la justificación del uso de la codificación FEC, se debe al hecho de que con este tipo de codificación, no es necesario retransmitir la señal que contiene errores; ya que éste permite corregirlos haciendo más eficiente la transmisión y recepción de la señal.

### 7.3 Procesos de enlace en la red satelital e-México

La operación básica de una VSAT se describe a través de los siguientes pasos:

1. Después de encender el IDU, la VSAT lleva a cabo una rutina de auto test.
2. Una vez concluido el auto análisis, la VSAT esta lista para operar.
3. La VSAT comienza a escanear su entrada de RF, buscando una señal de outbound válida. Si no se encuentra una señal con frecuencia dentro del rango esperado, el proceso de escaneo se repite.
4. Una vez que la VSAT detecta una señal, como resultado de su escaneo, el receptor establece el enlace con la señal de outbound.
5. La VSAT se encarga de buscar un identificador (ID) en la señal de outbound. Si no lo encuentra el proceso se repite hasta encontrar un identificador correcto.
6. La VSAT procede a transmitir la petición puesta en línea; pero para ello la VSAT tiene que tener habilitada la opción "Link Stablish". Si la petición es recibida correctamente en la estación maestra (por medio del evento "VSAT Backbone Link up"), el permiso es transmitido en la señal de outbound; pero si no se recibe una respuesta, la VSAT continua transmitiendo este mensaje en intervalos aleatorios de tiempo.
7. Después de que la VSAT se pone en línea, ésta hace una petición de descarga de software al hub. A este evento se le llama "Version Accept".
8. Al concluir exitosamente la descarga de software, la VSAT se resetea para poder repetir el escaneo y la secuencia de adquisición de la señal de outbound.
9. La VSAT transmite nuevamente una petición para ponerse en línea. Este evento recibe el nombre de "VSAT Link Connected".

La portadora transmitida está formada de una serie de símbolos que tienen cuatro posibles estados (debido a la modulación QPSK que se emplea). Cada uno de estos símbolos se convierte en dos o tres símbolos binarios.

El haz de datos formado, tiene un formato MPEG-2 encapsulado en un multiprotocolo de formato de datos DVB.

Las tasas de transmisión de las portadoras de regreso, están relacionadas con las tasas de transmisión de la manera siguiente:

Return link carrier rate (Ksímbolos/sec)	Min throuput (Kbit/s)	Nominal throuput (Kbit/s)	Max throuput (Kbit/s)	Transmission rate (Kbit/s)
156.25	95	128	146	208
312.5	215	256	310	416
625	439	512	689	832
1250	870	1024	1404	1664

Tabla 7.4 Tasas de transmisión en la portadora de ida y la de retorno.

De acuerdo a los datos mostrados anteriormente, se puede observar que para trabajar con las portadoras de 128 y 256 (Kbits/s), el sistema LinkStar tendrá que configurarse de acuerdo a las tasas de transmisión de 156.25 y 312.5 (Ksym/s) respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{(Symbol Rate)} &= \text{(Bit Rate)} / ((\text{FEC}) (\text{QPSK Factor})) \\ 156.25 &= (208.33) / ((2/3) (2)) \\ 312.5 &= (416.67) / ((2/3) (2)) \end{aligned}$$

## 7.4 Dimensionamiento de la red satelital

El dimensionamiento de la red satelital, se refiere al estudio técnico, a través del cual, se puede determinar el tamaño necesario de las portadoras, de inbound y outbound, para soportar las tasas de transferencia requeridas. Dicho estudio se efectúa mediante el análisis de tráfico de la red.

Para el caso de la red e-México, se tienen 80 clusters<sup>44</sup> atendiendo a 40 VSATs (cada uno). Este dato, es una de las especificaciones técnicas.

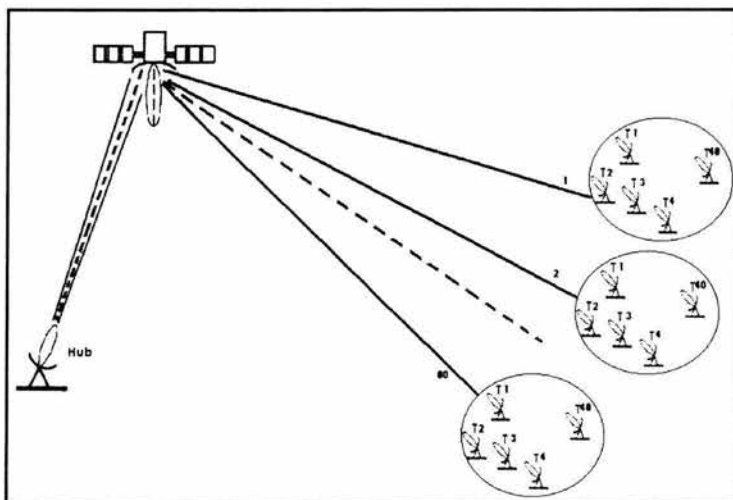


Figura 7.6 Distribución de VSATs y asignación de portadoras.

44 Conjunto de VSATs que accesan al satélite por medio de una misma portadora.

El tráfico para la transmisión de datos entre las computadoras centrales y los equipos terminales, se lleva a cabo mediante el protocolo TCP/IP.

La red de datos comprende 3,200 estaciones terminales VSAT, funcionando en configuración estrella con la estación maestra. El presente análisis de tráfico, está basado en las consideraciones de tráfico siguientes:

PARÁMETRO	VALOR
Transacciones por segundo	0.03
Longitud media de transacción hacia la central	20 caracteres/transacción
Longitud media de la transacción hacia la remota	21,800 caracteres/transacción

Tabla 7.5 Valores del tráfico de datos en la red satelital e-México.

Los cálculos para los canales de datos de Inbound son:

$$(0.03 \text{ transacciones/s}) \times (20 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/carácter}) = 4.8 \text{ bps}$$

Este dato corresponde al tráfico por PC; por lo tanto, el tráfico para una estación terrena terminal, que tiene en promedio 11 computadoras, es de:

$$(11 \text{ PC}) \times (4.8 \text{ bps /PC}) = 52.8 \text{ bps}$$

A este valor se le añade un tráfico agregado por VSAT de 100 bps, obteniendo un tráfico total de 152.8 bps.

Entonces, el tráfico de datos para un cluster es:

$$(40 \text{ VSATs}) \times (152.8 \text{ bps /VSAT}) = 6,112 \text{ bps}$$

En el análisis de tráfico se consideró, el uso de ALOHA ranurado ya que de acuerdo a las investigaciones realizadas, en lo referente al software del equipo LinkStar, sabemos que la técnica de acceso empleada es ALOHA y aunque no se especifica la modalidad del ALOHA utilizado (ALOHA puro o ALOHA ranurado); para obtener un incremento en el aprovechamiento del ancho de banda en el satélite, como resultado de la sincronización de las estaciones transmisoras, se asume el uso del ALOHA ranurado en donde se obtiene un aprovechamiento del 36%.

El valor anterior, corresponde a un 10% de utilización en TDMA (ALOHA ranurado), pero para realizar el análisis se requiere emplear el 100%, o sea, 61.12 Kbps.

La velocidad total de transmisión para la portadora de inbound TDMA es:

Datos	61.12 Kbps
Overhead	15 Kbps
Margen	<u>51.88 Kbps</u>
Portadora	128 Kbps

Por lo que 3,200 VSATs, distribuidas en 80 clusters, requieren 80 portadoras de 128 Kbps.

Los cálculos para los canales de datos de Outbound son:

$$(0.03 \text{ transacciones/seg}) \times (21,800 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/caracter}) = 5.232 \text{ Kbps}$$

Este dato corresponde a una sola estación terrena terminal, por lo que para 40 estaciones el valor es de:

$$(40 \text{ estaciones}) \times (5.232 \text{ Kbps/estación}) = 209.28 \text{ Kbps}$$

La velocidad total de transmisión para la portadora es:

Datos	209.28 Kbps
Margen	46.72 Kbps
Portadora	256.00 Kbps

Para el caso FDM/MF-TDMA:

	Outbound	Inbound
40 Estaciones	1 X 256 Kbps	1X 128 Kbps
3200 Estaciones	80 X 256 Kbps	80 X 128 Kbps

Los resultados anteriores corresponden exclusivamente a un tráfico de acceso a Internet y difusión de contenidos. Si adicionalmente se requiere la transmisión de telemedicina, teleeducación y telecapacitación; la tabla 7.24 se modifica de la siguiente forma:

PARÁMETRO	VALOR
Transacciones por segundo	0.03
Longitud media de la transacción hacia la central	20 caracteres
Longitud media de la transacción hacia la remota	5E6 caracteres
Tráfico por PC	48 bits/seg

Tabla 7.6 Valores del tráfico de teleservicios en la red satelital e-México.

Los cálculos para los canales de datos de Inbound son los mismos; pero los de Outbound se modifican tal como se muestra a continuación:

$$(0.03 \text{ transacciones/seg}) \times (5\,000\,000 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/caracter}) = 1.2 \text{ Mbps}$$

Este dato corresponde a una sola estación terrena terminal, por lo que para 40 estaciones el valor correspondiente es de:

$$(40 \text{ estaciones}) \times (1.2 \text{ Mbps /estación}) = 48 \text{ Mbps}$$

La velocidad total de transmisión para la portadora, por cluster, es de 48 Mbps.

Para el caso FDM/MF-TDMA:

	Outbound	Inbound
40 Estaciones	1 X 48 Mbps	1X 128 Kbps
3200 Estaciones	80 X 48 Mbps	80 X 128 Kbps

### 7.5 Cálculos de atenuación por lluvia en la red satelital e-México

Como en el capítulo cinco se explicaron los conceptos involucrados en un cálculo de atenuación por lluvia, a continuación se procederá a hacer éste análisis para el Sistema Nacional e-México, por medio del método CCIR; puesto que actualmente éste es el método más preciso de cálculo de atenuación por lluvia para la Banda Ku.

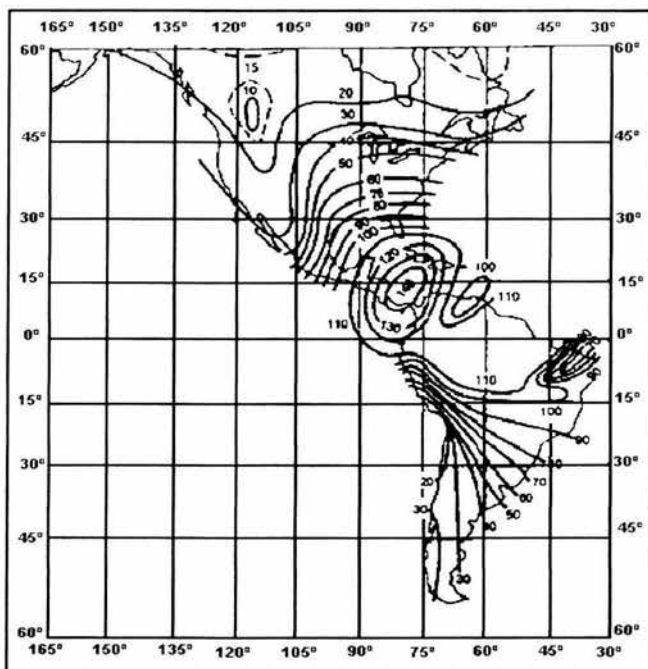


Figura 7.7 Regiones de América designadas por la CCIR, según la intensidad de lluvia.

Antes de iniciar con los pasos contemplados en el método CCIR, se mostrará una figura en donde se ilustra, a que se refieren ciertos parámetros calculados dentro del método.

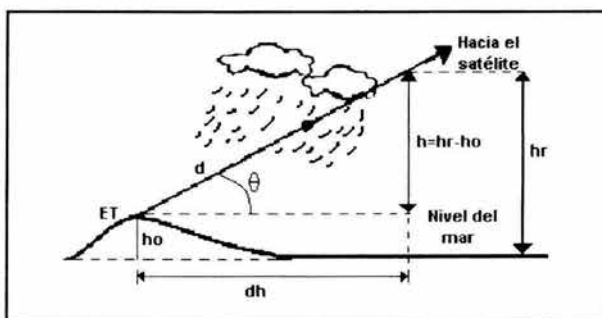


Figura 7.8 Orientación de una estación terrena sobre la superficie terrestre de acuerdo al método CCIR.

- Primer Paso: Cálculo de  $h_r$  (altura)

$$h_r = 3 + 0.028 l \text{ [Km]} \quad (0^\circ \leq l \leq 36^\circ)$$

$$h_r = 4 - 0.075 (l-36) \text{ [Km]} \quad (l \geq 36^\circ)$$

Donde:

$l$  es la latitud de la estación terrena.

- Segundo Paso: Cálculo de  $d$  (longitud física del trayecto oblicuo de la señal)

$$d = 2(h_r - h_o) / \sqrt{(\text{sen}^2 \theta + (2(h_r - h_o)/R_e) + \text{sen} \theta)} \text{ [Km]} \quad (\theta < 10^\circ)$$

$$d = (h_r - h_o) / \text{sen} \theta \text{ [Km]} \quad (\theta \geq 10^\circ)$$

Donde:

$h_o$  es la altitud de la estación terrena.

$\theta$  es su ángulo de elevación, calculado de la siguiente expresión:

$$\theta = \text{angtan} [( \text{cos} \text{cos} \Delta L - (R_e/h) ) / \text{sen} ( \text{angcos} ( \text{cos} \text{cos} \Delta L ) )] [^\circ]$$

Donde:

$l$  es la latitud de la estación terrena.

$\Delta L$  es la diferencia entre la longitud del satélite y la longitud de la estación terrena.

La longitud del Galaxy III C, es de  $95^\circ$  W.

$R_e$  es el radio de la Tierra = 8500 [Km].

$h$  es el radio de la órbita = 42 164 [Km].

- Tercer Paso: Cálculo del factor  $\Gamma_{0.01}$  (disponibilidad del 99.99% del enlace)

$$\Gamma_{0.01} = 1 / (1 + (d / 35 E^{-0.0,15 R_{0.01}}) \text{cos} \theta)$$

Donde:

$R_{0.01}$  (si suponemos una disponibilidad del enlace equivalente a 99.99% por año) toma el valor indicado por el contorno de intensidad de lluvia que le corresponde a cada ciudad. Estos fueron mostrados en la figura 7.6.

- Cuarto Paso: Cálculo de  $\gamma$  (coeficiente de atenuación específica)

$$\gamma = a R^{b_{0.01}} \text{ [dB/Km]}$$



Donde:

a y b son parámetros que se calculan como se expresa a continuación:

$$a = 4.21 * 10^{-15} f^{2.42}$$

$$b = 1.41 f^{-0.0779}$$

- Quinto Paso: Cálculo de  $L_{\text{lluvia}}$  (atenuación por lluvia)

$$L_{\text{lluvia}} = \gamma dr_{0.01} \quad [\text{dB}]$$

Los resultados de cada uno de los pasos, se muestran en la tabla siguiente. Cabe aclarar que para facilitar el análisis, los cálculos no se hicieron para cada CCD; si no más bien se eligieron como muestra nueve ciudades que están distribuidas dentro de toda la geografía mexicana; las cuales representan los casos más comunes de precipitación pluvial.

Ciudad	$l$ (°)	Longitud (°O)	$h_a$ (m)	$\Delta L$ (°)	$\theta$ (°)	$h_r$ (Km)	$d$ (Km)	$R_{0.01}$ (mm/h)	$r_{0.01}$
Toluca	19.36	99.22	2600	-4.22	65.386	3.5420	1.036	80	0.9962
México, D.F.	19.433	99.133	2240	-4.133	65.320	3.5441	1.435	80	0.9948
Guadalajara	20.67	103.38	1567	-8.38	62.406	3.5788	2.269	60	0.9879
Monterrey	25.67	100.307	538	-5.307	57.626	3.7188	3.766	60	0.9771
Mérida	20.966	89.622	10	5.378	63.163	3.587	4.008	100	0.9885
Veracruz	19.2	96.137	14	-1.137	66.078	3.5376	3.854	90	0.9885
Hermosillo	29.07	110.96	210	-15.96	49.680	3.814	4.726	20	0.9391
Acapulco	16.85	99.89	10	-4.89	68.176	3.4718	3.729	80	0.9882
Tapachula	14.54	92.17	50	2.83	71.531	3.4071	3.539	100	0.9929

Tabla 7.7 Parámetros para la atenuación por lluvia del Sistema Nacional e-México.

Ciudad	Enlace de subida (14.25 GHz)		Enlace de bajada (11.95 GHz)	
	$\gamma$ (dB/Km)	$L_{\text{lluvia}}$ (dB)	$\gamma$ (dB/Km)	$L_{\text{lluvia}}$ (dB)
Toluca	3.9647904	4.093260166	2.77549894	2.8654325
México, D.F.	3.9647904	5.661054512	2.77549894	3.96294614
Guadalajara	2.850954037	6.393536467	1.9867055	4.45537665
Monterrey	2.850954037	10.49130935	1.9867055	7.31093582
Mérida	5.12056715	20.2929055	3.59726812	14.2560423
Veracruz	4.537969652	17.29232473	3.18267338	12.1278514
Hermosillo	0.80912842	3.592107919	0.5541263	2.46003161
Acapulco	3.9647904	14.61058146	2.77549894	10.2279438
Tapachula	5.12056715	17.99503925	3.59726812	12.64176

Tabla 7.8 Resultados de atenuación por lluvia del Sistema Nacional e-México.

## 7.6 Cálculos de enlace en la red satelital e-México

Los datos del Sistema Nacional e-México, para el cálculo de enlace, son los siguientes.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Frecuencias de operación:</b>			
Subida	f	14.25	GHz
Bajada		11.95	GHz
<b>Satélite geoestacionario Galaxy III C:</b>			
Potencia del amplificador	$P_r$ <sup>45</sup>	20	Watts
Diámetro de la antena	$D$ <sup>46</sup>	2	m
Ancho de banda	B	500	MHz
Temperatura de ruido	$T_A$ satélite <sup>47</sup>	290	°K
<b>Hub:</b>			
Potencia del transmisor (9 m) <sup>48</sup>		100	Watts
Diámetro de la antena	D	9	m
<b>VSAT:</b>			
Potencia del transmisor (1.2m) <sup>49</sup>		2	Watts
Diámetro de la antena	D	1.2	m
<b>Pérdidas:</b>			
En los conectores	$L$ <sup>50</sup>	0.4	dB
Entre el amplificador y la antena del satélite <sup>51</sup>	$L_i$	1	dB
Entre el amplificador y la antena de la estación terrena <sup>52</sup>		0.5	dB
Atenuación por absorción atmosférica en dirección al Cenit en el enlace de subida	$L_{cenit}$ <sup>53</sup>	0.08	dB
Atenuación por absorción atmosférica en dirección al Cenit en el enlace de bajada		0.07	dB
<b>Constantes:</b>			
Eficiencia	$\eta$	0.6	
De Boltzman	K	$1.3 \cdot 10^{-23}$	J/°K
Temperatura ambiente	$T_o$	290	°K
Constante V para Banda Ku	V	23	
Temperatura de ruido del amplificador	$T_e$ <sup>54</sup>	125	°K
Temperatura del medio ambiente sin lluvia	$T_r$	290	°K
Temperatura del medio ambiente con lluvia		280	
Back off de salida	$BO_s$ <sup>55</sup>	6	dB
Back off de entrada	$BO_e$ <sup>56</sup>	3	dB
Roll Off <sup>57</sup>		0.14	
Relación portadora a ruido	$E_b/No$ <sup>58</sup>	6.5	dB

Tabla 7.9 Datos para el cálculo de enlace del Sistema Nacional e-México.

45 Ver tabla C.

46 Valor típico para las antenas de los satélites.

47 Valor propuesto.

48 Valor típico para el transmisor de un hub con diámetro de antena grande.

49 Valor típico para un transmisor.

50 Valor común un conector.

51 Valor típico.

52 Valor típico.

53 Ver figura 5.7.

54 Ver tabla E.

55 Valor típico de back off de salida.

56 Valor típico de back off de entrada.

57 Valor típico del factor de ensanchamiento para los modems.

58 Ver tabla 3.4.

Algunos datos, se tomaron de los requerimientos técnicos del Sistema Nacional e-México y sus valores, se podrán corroborar en el contenido de la tesis. El resto de ellos son valores estándares extraídos de diversas tablas (también incluidas en la presente) elaboradas a través de los datos proporcionados por diversas compañías o investigadores expertos en la materia, como resultado de sus trabajos.

### 7.6.1 Cálculos de atenuación por propagación

La atenuación por propagación en el espacio libre se define como:

$$L_{e.l.} [\text{dB}] = 20 \log(\text{altura de la órbita del satélite [Km]}) + 20 \log(f [\text{GHz}]) + 92.44 [\text{dB}]$$

Sustituyendo los datos para el enlace de subida:

$$L_{e.l.} = 20 \log(36000) + 92.44 + 20 \log(14.25) = 206.64 \text{ dB}$$

Sustituyendo los datos para el enlace de bajada:

$$L_{e.l.} = 20 \log(36000) + 92.44 + 20 \log(11.95) = 205.11 \text{ dB}$$

La atenuación por absorción se expresa de la siguiente forma:

$$L_{a.a.} [\text{dB}] = L_{\text{cenit}} [\text{dB}] \operatorname{cosec} \theta$$

Sustituyendo los datos para el enlace de subida y para el enlace de bajada, se obtiene la tabla siguiente:

Ciudad	$\theta$ (°)	L a.a. de subida (dB)	L a.a. de bajada (dB)
Toluca	65.38	0.1920	0.1680
México, D.F.	65.32	0.1915	0.1676
Guadalajara	62.406	0.1727	0.1511
Monterrey	57.626	0.1494	0.1307
Mérida	63.163	0.1772	0.1550
Veracruz	66.078	0.1972	0.1726
Hermosillo	49.68	0.1236	0.1081
Acapulco	68.176	0.2151	0.1882
Tapachula	71.531	0.2525	0.2209

Tabla 7.10 Atenuación por absorción atmosférica para el Sistema Nacional e-México.

La atenuación total por propagación en el medio, se calcula con la siguiente expresión:

$$L_{\text{propagación}} [\text{dB}] = L_{e.l.} [\text{dB}] + L_{a.a.} [\text{dB}] + L_{\text{lluvia}} [\text{dB}]$$

Sustituyendo los datos correspondientes, tanto para el enlace de subida como para el de bajada, tenemos:

Ciudad	L lluvia de subida (dB)	L lluvia de bajada (dB)	L a.a. de subida (dB)	L a.a. de bajada (dB)	Considerando cielo despejado		Considerando cielo con lluvia	
					Lpropagación de subida (dB)	Lpropagación de bajada (dB)	Lpropagación de subida (dB)	Lpropagación de bajada (dB)
Toluca	4.0932	2.8654	0.1920	0.1680	206.8320	205.2780	210.9252	208.1434
México, D.F.	5.6610	3.9629	0.1915	0.1676	206.8315	205.2776	212.4925	209.2405
Guadalajara	6.3935	4.4553	0.1727	0.1511	206.8127	205.2611	213.2062	209.7164
Monterrey	10.4913	7.3109	0.1494	0.1307	206.7894	205.2407	217.2807	212.5516
Mérida	20.2929	14.2560	0.1772	0.155	206.8172	205.265	227.1101	219.5210
Veracruz	17.2923	12.1278	0.1972	0.1726	206.8372	205.2826	224.1295	217.4104
Hermosillo	3.5921	2.4600	0.1236	0.1081	206.7636	205.2181	210.3557	207.6781
Acapulco	14.6105	10.2279	0.2151	0.1882	206.8551	205.2982	221.4656	215.5261
Tapachula	17.9950	12.6417	0.2525	0.2209	206.8925	205.3309	224.8875	217.9726

Tabla 7.11 Atenuación por propagación total para el Sistema Nacional e-México.

### 7.6.2 Ganancias y figura de ruido

La ganancia máxima de la antena, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$G_{\text{antena}} [\text{dBi}] = \eta (\pi D / \lambda)^2$$

Sustituyendo los datos correspondientes para cada caso, obtenemos la tabla siguiente:

Antena	$G_{\text{antena}} (\text{dBi})$	
	$\lambda_{\text{subida}} (0.02105 \text{ m})$	$\lambda_{\text{bajada}} (0.0251 \text{ m})$
Satélite	47.2800882	45.7516558
Hub <sup>59</sup>	60.3443385	58.815906
Terminal (VSAT)	42.8431132	41.3146808

Tabla 7.12 Ganancias máximas de las antenas del Sistema Nacional e-México.

Para calcular la figura de ruido del equipo amplificador, contamos con la ecuación:

$$F [\text{dB}] = 10 \log (T_e + T_o) / T_o$$

Sustituyendo los valores conocidos, tenemos que:

$$F = 10 \log ((125+290) / 290) = 1.556 [\text{dB}]$$

<sup>59</sup> Los parámetros obtenidos para el hub; tienen como dato las coordenadas geográficas, la atenuación por lluvia y la absorción atmosférica, correspondientes a la ciudad de Toluca; ya que es ahí donde está instalada la estación maestra.

### 7.6.3 Temperatura de ruido

La temperatura de ruido sin lluvia de la antena, se calcula a través de la siguiente expresión:

$$T_A [^{\circ}\text{K}] = 15 + 30/D + 180/\theta$$

Sustituyendo los datos de la antena del hub:

$$T_A = 15 + 30/(9) + 180/(65.386) = 21.0862 [^{\circ}\text{K}]$$

Sustituyendo los datos correspondientes a las antenas de las estaciones VSATs, se pueden obtener los resultados siguientes:

Ciudad	$\theta$ (°)	$T_A$ (°K)
Toluca	65.386	42.7528
México, D.F.	65.320	42.7556
Guadalajara	62.406	42.8843
Monterrey	57.626	43.1235
Mérida	63.163	42.8497
Veracruz	66.078	42.7240
Hermosillo	49.68	43.6231
Acapulco	68.176	42.6402
Tapachula	71.531	42.5163

Tabla 7.13 Temperatura de ruido de una antena VSAT dentro del Sistema Nacional e-México.

La temperatura de ruido de la antena, si se considera el efecto de lluvia, se calcula a través de la siguiente expresión:

$$T_{A \text{ lluvia subida}} [^{\circ}\text{K}] = (T_A / L \text{ lluvia subida}) + 280(1 - (1/L \text{ lluvia subida}))$$

$$T_{A \text{ lluvia bajada}} [^{\circ}\text{K}] = (T_A / L \text{ lluvia bajada}) + 280(1 - (1/L \text{ lluvia bajada}))$$

Para el enlace de subida, la temperatura de ruido con lluvia de la antena del hub es:

$$T_{A \text{ lluvia subida}} = (21.08621621/\text{antilog}(2.8654/10)) + 280(1 - (1/\text{antilog}(2.8654/10))) = 146.1519 [^{\circ}\text{K}]$$

Para el enlace de bajada, los resultados correspondientes a la antena del hub son:

$$T_{A \text{ lluvia bajada}} = (21.08621621/\text{antilog}(4.0932/10)) + 280(1 - (1/\text{antilog}(4.0932/10))) = 179.1130 [^{\circ}\text{K}]$$

Con los datos de las antenas de las VSATs, los resultados que se obtienen son:

Ciudad	TA (°K)	L lluvia subida (dB)	L lluvia bajada (dB)	TA lluvia subida (°K)	TA lluvia bajada (°K)
Toluca	42.7528	4.0932	2.8654	187.5568	157.3527
México, D.F.	42.7556	5.6610	3.9629	215.5696	184.7420
Guadalajara	42.8843	6.3935	4.4553	225.5990	194.9992
Monterrey	43.1235	10.4913	7.3109	258.8460	236.0024
Mérida	42.8497	20.2929	14.2560	277.7831	271.0993
Veracruz	42.7240	17.2923	12.1278	275.5738	265.4632
Hermosillo	43.6231	3.5921	2.4600	176.6301	145.8465
Acapulco	42.6402	14.6105	10.2279	271.7898	257.4777
Tapachula	42.5163	17.9950	12.6417	276.2318	267.0741

Tabla 7.14 Temperatura de ruido, con efectos de lluvia, de una antena VSAT dentro del Sistema Nacional e-México.

La temperatura de ruido en el enlace de bajada de un equipo receptor es:

$$T_{s \text{ bajada}} [\text{°K}] = (T_A \text{ Estación terrena} / L) + T_f (1 - (1/L)) + T_o(F - 1)$$

Para la antena del hub, la temperatura de ruido en el enlace de bajada del equipo receptor sin lluvia, es de:

$$T_{s \text{ bajada}} = (21.0862 / \text{antilog}(0.4/10)) + 290(1 - (1/\text{antilog}(0.4/10))) + 290(\text{antilog}(1.556/10) - 1)$$

$$T_{s \text{ bajada}} = 169.6998 \text{ [°K]}$$

Ahora considerando la lluvia:

$$T_{s \text{ lluvia bajada}} = (146.1519 / \text{antilog}(0.4/10)) + 280(1 - (1/\text{antilog}(0.4/10))) + 290(\text{antilog}(1.556/10) - 1)$$

$$T_{s \text{ lluvia bajada}} = 282.8812 \text{ [°K]}$$

Sustituyendo los datos correspondientes a las antenas de las estaciones VSATs, los cálculos permiten obtener los resultados siguientes:

Ciudad	TA (°K)	TA lluvia bajada (°K)	Ts bajada (°K)	Ts lluvia bajada (°K)
Toluca	42.7528	157.3527	189.4600	293.0964
México, D.F.	42.7556	184.7420	189.4625	318.0758
Guadalajara	42.8843	194.9992	189.5799	327.4304
Monterrey	43.1235	236.0024	189.7980	364.8258
Mérida	42.8497	271.0993	189.5483	396.8345
Veracruz	42.724	265.4632	189.4337	391.6944
Hermosillo	43.6231	145.8465	190.2537	282.6026
Acapulco	42.6402	257.4777	189.3573	384.4115
Tapachula	42.5163	267.0741	189.2443	393.1635

Tabla 7.15 Temperatura de ruido en el enlace de bajada de un equipo receptor.

La temperatura de ruido en el enlace de subida de un equipo receptor es:

$$T_{S \text{ subida}} [^{\circ}\text{K}] = (T_A \text{ Satélite} / L) + T_f (1 - (1/L)) + T_o(F - 1)$$

Considerando cielo despejado, la expresión queda de la siguiente forma:

$$T_{S \text{ subida}} = (290/\text{antilog}(0.4/10)) + 290(1 - (1/\text{antilog}(0.4/10))) + 290(\text{antilog}(1.556/10) - 1)$$

$$T_{S \text{ subida}} = 414.95 [^{\circ}\text{K}]$$

Con la presencia del efecto de lluvia, podemos sustituir los datos de la siguiente manera:

$$T_{S \text{ lluvia subida}} = (290/\text{antilog}(0.4/10)) + 280(1 - (1/\text{antilog}(0.4/10))) + 290(\text{antilog}(1.556/10) - 1)$$

$$T_{S \text{ lluvia subida}} = 467.56 [^{\circ}\text{K}]$$

### 7.6.4 Pérdidas por desapuntamiento

Las pérdidas por desapuntamiento, están en función de la localización de la estación terrena; ya que dependen del ángulo formado entre el haz emitido o recibido por la estación terrena y el haz con potencia máxima emitido por la antena del satélite.

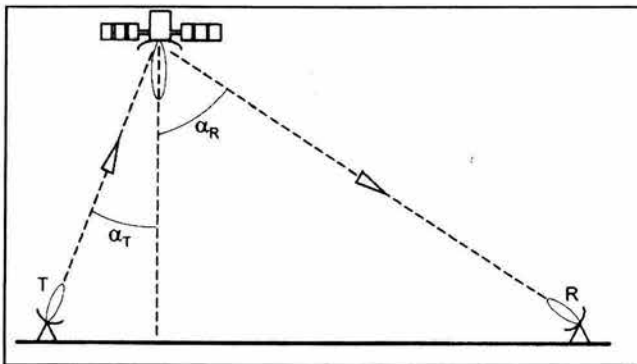


Figura 7.9 Pérdidas por desapuntamiento.

Las pérdidas por desapuntamiento se definen como:

$$\text{Extremo transmisor} = L_T [\text{dB}] = 12 (\alpha_T / \theta_{-3\text{dB} T})^2$$

$$\text{Extremo receptor} = L_R [\text{dB}] = 12 (\alpha_R / \theta_{-3\text{dB} R})^2$$

Donde:

$\theta_{-3\text{dB}}$  es el ángulo entre los puntos de media potencia. Su expresión es:

$$\theta_{-3\text{dB T}} [^\circ] = 75 \lambda_{\text{subida}} / D$$

$$\theta_{-3\text{dB R}} [^\circ] = 75 \lambda_{\text{bajada}} / D$$

Si sustituimos los datos conocidos para la estación terrena maestra, obtenemos los resultados siguientes para el enlace de subida:

$$\theta_{-3\text{dB T}} = 75(0.02105) / 9 = 0.1754 [^\circ]$$

Para el enlace de bajada:

$$\theta_{-3\text{dB R}} = 75(0.0251) / 9 = 0.2091 [^\circ]$$

Para las estaciones terrenas terminales tenemos que, para el enlace de subida:

$$\theta_{-3\text{dB T}} = 75(0.02105) / 1.2 = 1.315625 [^\circ]$$

Para el enlace de bajada:

$$\theta_{-3\text{dB R}} = 75(0.0251) / 1.2 = 1.56875 [^\circ]$$

En realidad no conocemos el ángulo  $\alpha$ : sin embargo sabemos que sus valores se encuentran dentro del intervalo ( $0^\circ \leq \alpha \leq (\theta_{-3\text{dB}} / 2)^\circ$ ). Si elegimos el valor de  $\alpha = 0.1^\circ$  para el hub y  $\alpha = 0.4^\circ$  para las estaciones VSATs, los resultados son:

Tipo de enlace	Tipo de estación transmisora	$\theta_{-3\text{dB T}} [^\circ]$	$\theta_{-3\text{dB R}} [^\circ]$	LT máximo (dB)	LR máximo (dB)
Outbound	Hub	0.1754	1.5687	3.8997	0.7801
Inbound	VSAT	1.315625	0.2091	1.1092	2.7428

Tabla 7.16 Pérdidas por desapuntamiento en el Sistema Nacional e-México.

### 7.6.5 Figura de mérito

Para continuar con el cálculo de enlace, a través de las expresiones siguientes, se obtiene el valor del factor de calidad o figura de mérito (G/T):

$$(G/T)_{\text{Satélite}} = G_{\text{T Satélite}} - 10 \log (T_{\text{s subida}}) - L$$

$$(G/T)_{\text{Estación terrena}} = G_{\text{T antena Estación terrena}} - 10 \log (T_{\text{s bajada}}) - L$$

El término  $(G/T)_{\text{satélite}}$ , corresponde a la figura de mérito del enlace de subida, en donde las estaciones terrenas (hub o Vsats) transmiten hacia el satélite; mientras que el término  $(G/T)_{\text{Estación terrena}}$ , representa la figura de mérito del enlace de bajada, que va desde el satélite hacia las estaciones terrenas.



Haciendo cálculos, para cada uno de los casos, tenemos que el factor de calidad es de:

T <sub>S</sub> subida (°K)		(G/T) Satélite	
Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
414.95	467.56	20.1817	20.7001

Tabla 7.17 Factor de calidad del satélite del Sistema Nacional e-México.

T <sub>S</sub> bajada (°K)		(G/T) Estación maestra	
Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
169.6998	282.8812	36.1190	33.8998

Tabla 7.18 Factor de calidad de la Estación Terrena Maestra del Sistema Nacional e-México.

Estación VSAT situada en	T <sub>S</sub> bajada (°K)		(G/T) VSAT	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	189.4600	293.0964	18.1395	16.2445
México, D.F.	189.4625	318.0758	18.1394	15.8893
Guadalajara	189.5799	327.4304	18.1367	15.7634
Monterrey	189.7980	364.8258	18.1317	15.2938
Mérida	189.5483	396.8345	18.1374	14.9285
Veracruz	189.4337	391.6944	18.1401	14.9852
Hermosillo	190.2537	282.6026	18.1213	16.4029
Acapulco	189.3573	384.4115	18.1418	15.0667
Tapachula	189.2443	393.1635	18.1444	14.9689

Tabla 7.19 Factor de calidad de las Estaciones Terrenas Terminales del Sistema Nacional e-México.

### 7.6.6 Enlace de Inbound

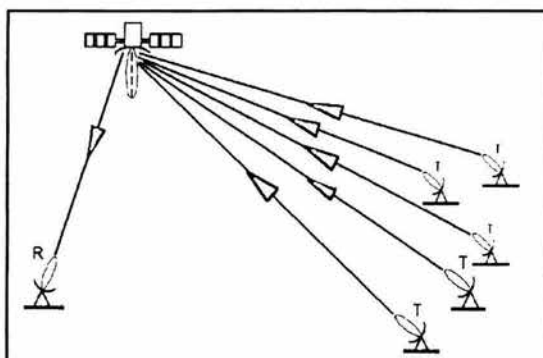


Figura 7.10 Enlace de Inbound.

El PIRE correspondiente está constituido por:

$$\text{PIRE VSAT [dBW]} = P_{\text{t amplificador [dBW]}} + G_{\text{t VSAT Subida [dBi]}} - (L_{\text{f VSAT}} + L_{\text{t}}) [\text{dB}]$$

$$\text{PIRE satélite [dBW]} = P_{\text{t amplificador [dBW]}} + G_{\text{t Satélite Bajada [dBi]}} - (L_{\text{f Satélite}} + L_{\text{R}} + \text{BO}_0) [\text{dB}]$$

Sustituyendo los datos correspondientes para cada una de las ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$\text{PIRE VSAT} = 10 \log (2) + 42.8431 - (0.5 + 1.1092) = 44.2441 [\text{dBW}]$$

$$\text{PIRE satélite} = 10 \log (20) + 45.7516 - (1 + 2.7428 + 6) = 49.0190 [\text{dBW}]$$

La relación señal a ruido del enlace de subida es:

$$(C/N_0)_{\text{subida [dBHz]}} = \text{PIRE VSAT} - L_{\text{propagación}} + (G/T)_{\text{satélite}} + 228.6$$

De manera que se obtiene esta tabla de resultados:

Estación VSAT transmisora	L propagación (dB)		(C/N <sub>0</sub> ) Subida (dBHz)	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	206.8320	210.9252	86.1938	82.619
México, D.F.	206.8315	212.4925	86.1943	81.0517
Guadalajara	206.8127	213.2062	86.2131	80.338
Monterrey	206.7894	217.2807	86.2364	76.2635
Mérida	206.8172	227.1101	86.2086	66.4341
Veracruz	206.8372	224.1295	86.1886	69.4147
Hermosillo	206.7636	210.3557	86.2622	83.1885
Acapulco	206.8551	221.4656	86.1707	72.0786
Tapachula	206.8925	224.8875	86.1333	68.6567

Tabla 7.20 (C/N<sub>0</sub>) de subida del enlace de Inbound del Sistema Nacional e-México.

La relación señal a ruido del enlace de bajada se puede obtener a través de:

$$(C/N_0)_{\text{Bajada [dBHz]}} = \text{PIRE satélite} - L_{\text{propagación}} + (G/T)_{\text{Hub}} + 228.6$$

La tabla que se muestra a continuación, contiene los resultados obtenidos:

Estación receptora	(G/T) Estación terrena		L propagación (dB)		(C/N <sub>0</sub> ) bajada (dBHz)	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Hub	36.1190	33.8998	205.2780	208.1434	108.6311	103.5465

Tabla 7.21 (C/N<sub>0</sub>) de bajada del enlace de Inbound del Sistema Nacional e-México.

La (C/N<sub>0</sub>) Intermodulación es un parámetro que está relacionado con la característica no lineal de los amplificadores. Dicho parámetro indica que al introducir simultáneamente más de una señal, el amplificador genera ondas espurias que interfieren con las señales útiles; ya que actúan como ruido.

Para obtener su valor, se tiene que tomar en cuenta el número de portadoras que pasan a través del dispositivo no lineal; mediante la expresión:

$$(C/N) \text{ Intermodulación [dB]} = K_n + 0.82 \text{ BO}_i \quad (2 \leq \text{BO}_i \leq 12)$$

Donde:

$K_n$  toma los valores de 10, 9.5 y 8.6 para  $n$  igual a 6, 12 y 500 portadoras respectivamente. Considerando que se tienen 80 portadoras, los valores de  $K_n$  y  $\text{BO}_i$  son:

$$K_n = 8.6 \quad \text{BO}_i = 3$$

La relación de potencias de intermodulación es de:

$$(C/N) \text{ Intermodulación} = (8.6) + 0.82 (3) = 11.06 \text{ dB}$$

Este parámetro se requiere en dBHz.

$$(C/N_o)_{\text{Intermodulación}} [\text{dBHz}] = (C/N) \text{ Intermodulación [dB]} + 10 \log (AB [\text{Hz}])$$

Donde:

AB representa el ancho de banda ocupado por la señal portadora de 128 Kbps y se define como:

$$AB = (V_{\text{inf}}) \times (\text{FEC})^{-1} \times (\text{FM}) \times (1 + \text{roll off})$$

Donde:

$V_{\text{inf}}$  es Velocidad de información.

FEC es el factor debido al código de corrección de errores por adelantado.

FM, para QPSK, es igual a 0.5.

Roll off es una característica del MODEM.

$$\therefore AB = (128 \text{ Kbps}) \times (2/3)^{-1} \times (0.5) \times (1 + 0.14) = 109.44 \text{ KHz}$$

El ancho de banda asignado (AB), se define como:

$$AB_{\text{asignado}} = AB \times F_{\text{asignada}}$$

Donde:

$F_{\text{asignada}}$  es la frecuencia asignada.

$$AB_{\text{asignado}} = 109.44 \times 1.2 = 131.33 \text{ KHz}$$

Efectuando la conversión:

$$(C/N_o)_{\text{Intermodulación}} = (11.06) + 10 \log (109440) = 61.4517 \text{ dBHz}$$

El  $(C/N_o)_{\text{Interferencia}}$  es un parámetro cuya existencia se debe a la presencia de enlaces de microondas terrestres o satelitales y en función de que es bastante impreciso calcular su valor, se optará por considerarlo como nulo.

Finalmente, para calcular la relación total de potencias, se empleará la ecuación:

$$(1/(C/N_o)_{\text{Total}}) = (1/(C/N_o)_{\text{Subida}}) + (1/(C/N_o)_{\text{Bajada}}) + (1/(C/N_o)_{\text{Intermod.}}) + (1/(C/N_o)_{\text{Interfer.}})$$

Sustituyendo cada una de las cantidades involucradas en la expresión anterior, recordando cambiarlas a cantidades absolutas cuando sea necesario, la relación total de potencias obtenida es:

Ciudad	$(C/N_o)_{\text{Total}} [\text{dBHz}] = 10 \text{ Log}((C/N_o)_{\text{Total}})$	
	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	61.43706768	61.41836655
México, D.F.	61.43706935	61.40407454
Guadalajara	61.43713209	61.39567015
Monterrey	61.43720946	61.31033945
Mérida	61.43711709	60.25395106
Veracruz	61.43705028	60.80746800
Hermosillo	61.43729466	61.42241668
Acapulco	61.43699022	61.09092190
Tapachula	61.43686393	60.69481257

Tabla 7.22 Relación de potencias totales en el enlace Inbound del Sistema Nacional e-México.

Para determinar la capacidad digital del transpondedor, es necesario obtener la eficiencia espectral, por lo tanto tenemos:

$$\eta_e = ((R \text{ bits}) / (\text{FEC})^{-1} / \text{AB asignado}) = ((128 \text{ Kbps}) / (2/3)^{-1} / (131.33 \text{ KHz}))$$

$$\therefore \eta_e = 1.46$$

Para la capacidad del transpondedor tenemos:

$$\text{Capacidad} = (\text{AB transpondedor}) (\eta_e)$$

$$\therefore \text{Capacidad} = (44 \text{ MHz}) (1.46) = 64.24 \text{ Mbps}$$

7.6.7 Enlace de Outbound

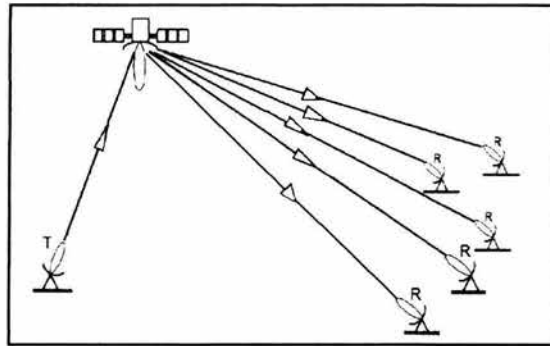


Figura 7.11 Enlace de Outbound.

El PIRE correspondiente está definido por:

$$PIRE_{Hub} [dBW] = P_{T \text{ amplificador}} [dBW] + G_{T \text{ Hub Subida}} [dBi] - (L_f \text{ Hub} + L_t) [dB]$$

$$PIRE_{Satélite} [dBW] = P_{T \text{ amplificador}} [dBW] + G_{T \text{ Satélite Bajada}} [dBi] - (L_f \text{ Satélite} + L_r + BO_o) [dB]$$

Para cada una de las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$PIRE_{Hub} = 10 \log (100) + 60.3443 - (0.5 + 3.8997) = 75.9448 [dBW]$$

$$PIRE_{Satélite} = 10 \log (20) + 45.7516 - (1 + 0.7801 + 6) = 50.9817 [dBW]$$

La relación señal a ruido del enlace de subida, se expresa como:

$$(C/N_o)_{subida} [dBHz] = PIRE_{Hub} - L_{propagación} + (G/T)_{Satélite} + 228.6$$

Entonces, se obtiene la siguiente tabla:

Estación transmisora	(G/T) satélite		L propagación (dB)		(C/N <sub>o</sub> ) subida (dBHz)	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Hub	20.1817	20.7001	206.8320	210.9252	117.8943	114.3195

Tabla 7.23 (C/N<sub>o</sub>) de subida del enlace de Outbound del Sistema Nacional e-México.

La relación señal a ruido del enlace de bajada se puede obtener a través de:

$$(C/N_o)_{bajada} [dBHz] = PIRE_{satélite} - L_{propagación} + (G/T)_{VSAT} + 228.6$$

Los datos de esta tabla, corresponden a los cálculos de enlace de bajada para cada VSAT:

Estación VSAT receptora	(G/T) Satélite		L propagación (dB)		(C/N <sub>0</sub> ) Bajada (dBHz)	
	Sin lluvia	Sin lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	18.1395	16.2445	205.2780	208.1434	92.4432	87.6828
México, D.F.	18.1394	15.8893	205.2776	209.2405	92.4435	86.2305
Guadalajara	18.1367	15.7634	205.2611	209.7164	92.4573	85.6287
217.2807	18.1317	15.2938	205.2407	212.5516	92.4727	82.3239
227.1101	18.1374	14.9285	205.2650	219.5210	92.4541	74.9892
Veracruz	18.1401	14.9852	205.2826	217.4104	92.4392	77.1565
Hermosillo	18.1213	16.4029	205.2181	207.6781	92.4849	88.3065
Acapulco	18.1418	15.0667	205.2982	215.5261	92.4253	79.1223
Tapachula	18.1444	14.9689	205.3309	217.9726	92.3952	76.578

Tabla 7.24 (C/N<sub>0</sub>) de bajada del enlace de Outbound del Sistema Nacional e-México.

El valor del (C/N<sub>0</sub>) Intermodulación, es el mismo que para el caso del enlace de Inbound; sin embargo, su equivalente en dBHz, se modifica debido a que el tamaño de la portadora ahora es de 256 Kbps.

Efectuando la conversión, el AB es:

$$AB = (256 \text{ Kbps}) \times (2/3)^{-1} \times (0.5) \times (1 + 0.14) = 218.88 \text{ KHz}$$

$$AB \text{ asignado} = 218.88 \times 1.2 = 262.656 \text{ KHz}$$

$$(C/N_0)_{\text{Intermodulación}} = 13.52 + 10 \log (218880) = 66.92 \text{ dBHz}$$

El (C/N<sub>0</sub>) Interferencia, al igual que en el enlace de Inbound, es considerado como un parámetro despreciable.

Para concluir, la relación total de potencias es:

Ciudad	(C/N <sub>0</sub> ) Total [dBHz] = 10 Log((C/N <sub>0</sub> ) Total)	
	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	66.90780756	66.88363981
México, D.F.	66.90780840	66.86931593
Guadalajara	66.90784691	66.86184461
Monterrey	66.90788975	66.79655272
Mérida	66.90783799	66.29041347
Veracruz	66.90779637	66.52697660
Hermosillo	66.90792358	66.88847585
Acapulco	66.90775742	66.66594891
Tapachula	66.90767263	66.47377384

Tabla 7.25 Relación de potencias totales en el enlace Outbound del Sistema Nacional e-México.

## 7.7 Margen del enlace

En este punto, se calcula la relación  $(C/N)_{requerida}$  (parámetro que depende de las características del modem) a través de la siguiente expresión:

$$(C/N)_{requerida} = E_b/N_0 + 10 \log(V_{inf}) - 10 \log(AB)$$

Donde:

$E_b/N_0$  es la relación portadora a ruido del enlace.

$V_{inf}$  es la velocidad de transmisión de la información.

$AB$  es el ancho de banda ocupado.

Al comparar la  $(C/N)_{total}$  con la  $(C/N)_{requerida}$ , obtenemos el valor del margen del enlace que nos indicará finalmente, si nuestro enlace tiene o no la calidad deseada. Por lo tanto, el margen del enlace está definido como:

$$ME = (C/N)_{total} - (C/N)_{requerida}$$

El margen del enlace debe ser mayor a cuando menos igual a cero. En caso de que el margen sea negativo, quiere decir, que el enlace no corresponde a la tasa de bits erróneos planteada como condición inicial de diseño. Si el margen es inferior al esperado, se debe incrementar el PIRE correspondiente a la  $V_{sat}$  y recalcularse el margen del enlace, hasta lograr el margen impuesto como condición inicial de diseño.

### 7.7.1 Margen del enlace de Inbound

Evaluando la  $(C/N)_{requerida}$ , tenemos:

$$(C/N)_{requerida} = 6.5 + 10 \log(128000) - 10 \log(109440) = 6.8803 \text{ dB}$$

Los valores obtenidos para el margen del enlace, se muestran en la tabla siguiente:

Ciudad	$(C/N)_{total}$ [dB]		Margen del enlace (ME)	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	11.04530684	11.02660571	4.164967984	4.146266853
México, D.F.	11.04530851	11.01231370	4.164969656	4.131974847
Guadalajara	11.04537124	11.00390931	4.165032389	4.123570453
Monterrey	11.04544862	10.91857861	4.165109764	4.038239755
Mérida	11.04535625	9.862190219	4.165017398	2.981851366
Veracruz	11.04528943	10.41570716	4.164950582	3.535368307
Hermosillo	11.04553381	11.03065584	4.165194959	4.150316983
Acapulco	11.04522937	10.69916106	4.164890522	3.818822207
Tapachula	11.04510309	10.30305172	4.164764233	3.422712869

Tabla 7.26 Margen del enlace Inbound del Sistema Nacional e-México.

### 7.7.2 Margen del enlace de Outbound

La relación señal a ruido requerida es:

$$(C/N)_{\text{requerida}} = 6.5 + 10 \log (256000) - 10 \log (218880) = 6.8978 \text{ dB}$$

Los valores del margen del enlace son:

Ciudad	(C/N) <sub>Total</sub> [dB]		Margen de enlace (ME)	
	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia
Toluca	13.50574676	13.48157901	6.607912042	6.583744292
México, D.F.	13.50574760	13.46725513	6.60791288	6.569420414
Guadalajara	13.50578611	13.45978381	6.607951395	6.561949090
Monterrey	13.50582895	13.39449192	6.607994231	6.496657199
Mérida	13.50577719	12.88835267	6.607942475	5.990517952
Veracruz	13.50573557	13.12491580	6.607900855	6.227081084
Hermosillo	13.50586278	13.48641505	6.608028058	6.588580329
Acapulco	13.50569662	13.26388811	6.607861899	6.366053396
Tapachula	13.50561183	13.07171304	6.607777115	6.173878319

Tabla 7.27 Margen del enlace Outbound del Sistema Nacional e-México.



---

## Capítulo 8

# Análisis Económico

---

Uno de los pasos fundamentales en el desarrollo preliminar de cualquier proyecto, es el análisis económico que se hace de él; ya que a través de dicho estudio se determina que tan rentable será a largo plazo.

Las consideraciones a tomar en cuenta, generalmente pueden catalogarse en un estudio de mercado, a través del cual se evalúa la demanda y oferta del servicio a proporcionar; mientras que por otro lado, se estima la inversión inicial que se tendrá que aportar, además de considerar los aspectos sociales, culturales y económicos que tendrán impacto entorno a la comunidad.

En el capítulo uno, se ha profundizado en algunos de estos aspectos; puesto que se ha explicado la necesidad de dicho servicio en la comunidad mexicana a lo largo y ancho de la república, además de enfatizar la situación actual de las tecnologías de información en nuestro país.

Sin embargo, el aspecto que hasta el momento se ha venido dejando de lado, es el económico y por lo tanto, es el que compete desarrollar en el presente capítulo.

### 8.1 Panorama económico

El estudio económico del Sistema Nacional e-México es un caso particular, por lo que desde el punto de vista presupuestal, es importante tomar en consideración que las implicaciones financieras del sistema son de tal magnitud, que para su desarrollo se requirió del apoyo de organismos internacionales, empresas, instituciones educativas y donantes individuales cuyas aportaciones garantizaron no sólo la instalación de los CCDs, sino también su operación y mantenimiento.

Un ejemplo de ello, es el hecho de que el segmento espacial reservado para el Sistema Nacional e-México no tiene costo alguno, ya que corresponde a la SCT y ésta a su vez, lo otorga gratuitamente para que se le pueda dar servicio a la red satelital.

Así como esta aportación invaluable (ya que la renta mensual de un transpondedor en banda Ku está cotizada en varios miles de dólares), ha habido otras por parte de las instituciones patrocinadoras, tales como la donación de los espacios en donde se instalaron los CCDs, entre otros.

Concretamente, en lo relativo a la infraestructura de telecomunicaciones necesaria para conectar los CCDs de la primera fase, se hizo indispensable la participación de los operadores de redes públicas concesionadas, como patrocinadores del Sistema Nacional e-México.

Es así como el verdadero reto estuvo en organizar y coordinar los esfuerzos de todas las entidades, dependencias y organismos del gobierno federal; para ofrecer información, contenidos y demás servicios, de manera que existiera una mejora en la prestación de los mismos.

Todo ello, con la única justificación (de acuerdo con los objetivos de carácter eminentemente social) de favorecer en especial a las familias cuyo nivel de ingreso es insuficiente para sufragar el costo de una línea telefónica y más aún, para tener acceso a una línea con capacidad para transmitir contenidos digitales (datos, sonidos e imágenes) a través de Internet.

Con el fin de mostrar las oportunidades de acceso a la información con las que cuentan los mexicanos; en la siguiente figura, se puede visualizar el número promedio de computadoras por cada 1,000 habitantes en función al PIB (Producto Interno Bruto) del país en el que viven.

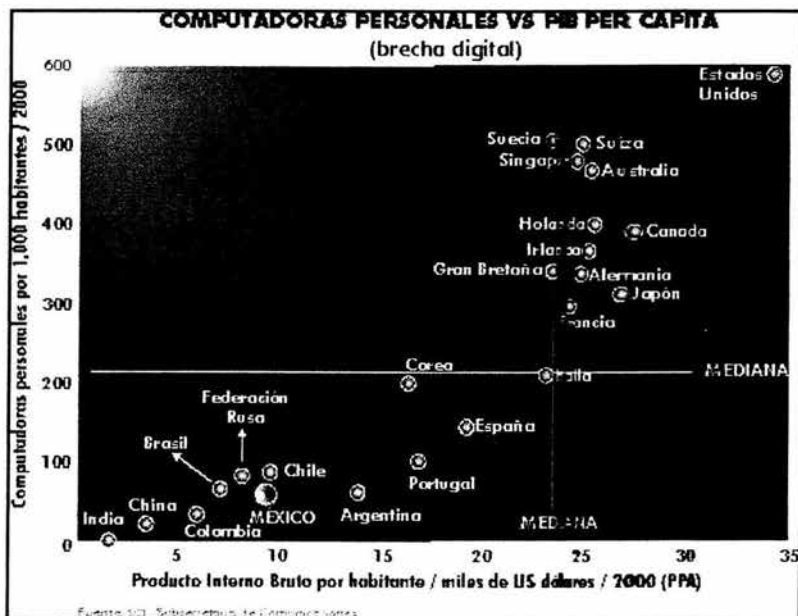


Figura 8.1 Número de computadoras personales por cada 1,000 habitantes.

## 8.2 Análisis financiero

### 8.2.1 Coordinación General del Sistema Nacional e-México

De acuerdo a los informes dados a conocer por el gobierno de la República Mexicana, el presupuesto para el desarrollo de todas las etapas del Sistema Nacional e-México, es de 670 millones de pesos.

En la primera fase y con una inversión de 96 millones de pesos, se enlazaron 2,443 municipios que se comunican simultáneamente a través de 3,200 centros digitales instalados en escuelas, clínicas, bibliotecas públicas, oficinas de gobierno y de correo; para ofrecer a la ciudadanía, un total de 420 trámites.



Figura 8.2 Panorama de crecimiento de la instalación de CCDs.

Para cada uno de los 3,200 centros digitales, se invirtieron 30,000 pesos; cantidad que únicamente contempla el costo del equipo de conectividad satelital e instalación del mismo; de manera que el monto total asciende a los 96 millones de pesos referidos anteriormente.

Como se ha mencionando, el costo del desarrollo del Sistema Nacional e-México, se ha reducido debido a las aportaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; sin embargo, como complemento a este análisis se especificará una cotización general de la renta mensual de un transpondedor en banda Ku.

La fijación del precio del segmento espacial, se basa en fórmulas complejas que abarcan muchos parámetros; lo que a su vez dificulta una generalización de los costos fijos del acceso a Internet por satélite en dos sentidos.

La cotización, aquí mencionada, corresponde a las tarifas fijadas por la Controladora Satelital de México S. de R.L. de C.V. publicadas en mayo del 2002. Se consideró la prestación de servicio de conducción de señales por satélite, con base permanente y no interrumpida, mediante el uso de un transpondedor de 54 MHz del satélite Satmex 5.

CONTRATO ANUAL	COSTO POR MES (PESOS)
Transpondedor de 54 MHz	\$ 2,293,224.00
Velocidad de transmisión de 256 Kbps	\$ 27,831.28
80 portadoras de 256 Kbps	\$ 2,226,502.40
Velocidad de transmisión de 128 Kbps	\$ 15,057.30
80 portadoras de 128 Kbps	\$ 1,204,584.00
Total aproximado	\$ 5,724,310.40

Tabla 8.1 Presupuesto del servicio de un enlace satelital.

El presupuesto anterior, corresponde sólo a un mes de servicio; por lo tanto si consideramos 54 meses, el costo total de un transpondedor en banda Ku es de:

$$(54)(5,724,310.4) = 309,112,761.60 \text{ pesos}$$

En la actualidad existen varios proveedores de acceso a Internet por satélite en dos sentidos que ofrecen servicios en América del Norte, Europa y América Latina. Algunos son: Tachyon, Hughes (DirectTV), EchoStar (red DISH).

### 8.2.2 Proveedor del servicio de conectividad

La empresa ganadora de la licitación para la primera fase del Sistema Nacional e-México, fue Internet Directo S.A. de C.V. (InterDirec).

Dentro de sus ingresos, se contempla la aportación hecha por la Coordinación Nacional e-México para la instalación del equipo de conectividad y la renta del servicio de conexión satelital, acordada entre el concesionario y los patrocinadores, en 500 pesos por cada CCD. Por lo tanto la renta total es de:

$$(500)(3,200) = 1,600,000 \text{ pesos}$$

Los egresos a considerar son la inversión en la infraestructura y el mantenimiento de la red. Este último representa el 10% del costo total de la infraestructura (con I.V.A.) del sistema y asciende a:

$$(96,000,000)(0.1) = 9,600,000 \text{ pesos}$$

Con la información económica, anteriormente mencionada, se puede elaborar la siguiente tabla.

ELEMENTO FINANCIERO	DESGLOSE	MONTO (PESOS)
Ingreso	Aportación de la Coordinación Nacional e-México	\$ 96,000,000.00
	Mensualidad por conectividad de 3 200 CCDs	\$ 1,600,000.00
Egreso	Inversión en la infraestructura	\$ 96,000,000.00
	Mantenimiento de la red	\$ 9,600,000.00

Tabla 8.2 Ingresos y egresos del Sistema Nacional e-México.

La expresión matemática, que representa los ingresos iniciales y la inversión total, pueden formularse de la siguiente manera:

$$\text{INVERSIÓN A RECUPERAR} = \text{INVERSIÓN TOTAL} - \text{INGRESOS}_{\text{iniciales}}$$

$$\text{INVERSIÓN A RECUPERAR} = (\text{Infraestructura} + \text{Mantenimiento}) - (\text{Aportación de la Coordinación})$$

Sustituyendo los valores correspondientes:

$$\text{INVERSIÓN A RECUPERAR} = (96,000,000 + 9,600,000) - (96,000,000) = 9.6 \text{ millones de pesos}$$

Dicho monto tiene que redituarse en un plazo de 54 meses (ya que es el tiempo de vigencia del contrato elaborado entre el proveedor del servicio y los patrocinadores); por lo que las operaciones siguientes tienen como objeto determinar si esto será posible o no.

$$\text{INGRESOS A LARGO PLAZO} = (\text{Renta mensual por conectividad})(\text{Número de meses})$$

$$\therefore \text{INGRESOS A LARGO PLAZO} = (1,600,000)(54) = 86.4 \text{ millones de pesos}$$

Comparando la inversión a recuperar con los ingresos a largo plazo, podemos concluir que la cantidad a redituarse es satisfactoriamente superada por los ingresos a largo plazo. Esto sugiere, que el proyecto proporciona ganancias para INTERDIREC, ya que éstas son de:

$$\text{GANANCIAS} = \text{INGRESOS A LARGO PLAZO} - \text{INVERSIÓN A RECUPERAR}$$

$$\therefore \text{GANANCIAS} = 86,400,000 - 9,600,000 = 76.8 \text{ millones de pesos}$$

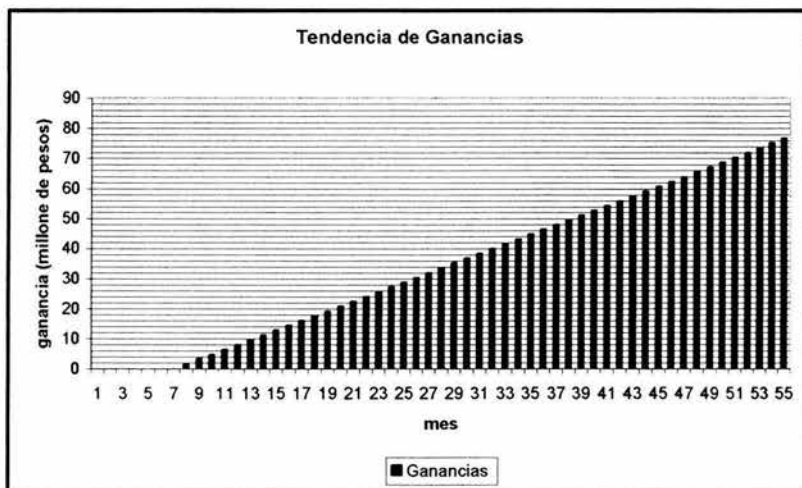


Figura 8.3 Tendencia de ganancias del Sistema Nacional e-México.

Para complementar lo antes dicho, se hará un último análisis por medio del cual, se pueda pronosticar el tiempo en el que se recuperará la inversión. Estos cálculos son sólo

aproximación, debido a que no se consideran los parámetros de inflación; además de que los datos económicos empleados, son sólo cercanos a los verdaderos.

TIEMPO DE RECUPERACIÓN = INVERSIÓN A RECUPERAR/MENSUALIDAD POR CONECTIVIDAD

$$\therefore \text{TIEMPO DE RECUPERACIÓN} = 9,600,000 / 1,600,000 = 6 \text{ meses}$$

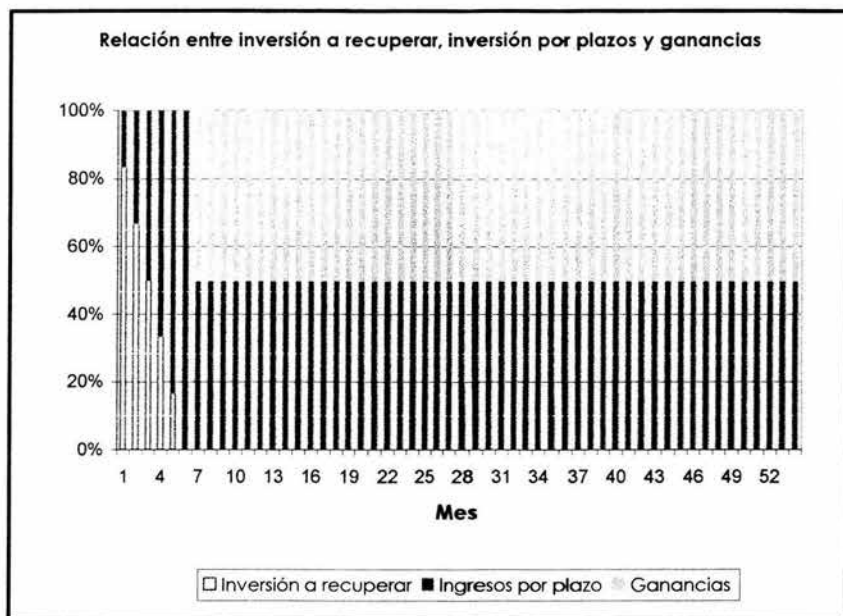


Figura 8.4 Recuperación y ganancias dentro del Sistema Nacional e-México.

Las gráficas anteriores reflejan que el Sistema Nacional e-México es un proyecto rentable, puesto que la inversión se recupera en muy corto tiempo; ya que a partir de la séptima mensualidad, las cantidades recibidas, serán ganancias netas.

### 8.3 Evaluación financiera de la infraestructura

Con la finalidad de justificar las aportaciones de 96 millones de pesos (30,000 pesos por CCD), a continuación se especificará, de forma aproximada, el costo de los dispositivos de conectividad adquiridos para la estación terrena maestra y un CCD.

Estos precios fueron tomados de manuales y catálogos de diferentes compañías que distribuyen equipos de telecomunicación en el mundo.

Su precio se especifica de forma agrupada, ya que resulta más complicado estimar la cotización de cada uno de sus dispositivos por separado.

La estación terrena maestra, para una tecnología VSAT esta compuesta de:

EQUIPO	COSTO EN EL MERCADO (PESOS)
Antena	\$ 5,750,000.00 - \$ 11,500,000.00
Componentes de Banda Base	
Procesador digital en Banda Base	
Modulador de Frecuencia Intermedia	
Equipo de Radio Frecuencia	
Amplificador de Alta Potencia	
Amplificador de bajo nivel de ruido en la banda Ku	
Convertidor de subida en banda Ku	
Convertidor de bajada en banda Ku	
Combinador de la señal de Radio Frecuencia	
Divisor de la señal de Radio Frecuencia	
Panel de parcheo y monitoreo en banda Ku	
Panel de parcheo y monitoreo en frecuencia intermedia	
Rack	

Tabla 8.3 Relación de productos dentro del hub principal.

En general, cualquier centro comunitario debe estar integrado por:

EQUIPO	COSTO EN EL MERCADO (PESOS)
Dispositivos de conectividad satelital VSAT (LinkStar):	
Antena de 1.2 metros de diámetro (polarización lineal)	\$ 34,692.00 <sup>60</sup>
Alimentador	
LBN	
OMT	
Ruteador receptor DVB de banda ancha	
Transmisor de 2 watts	
Interface Ethernet	
Conectores IFL	
Red de área local (LAN):	
Servidor	\$ 56,350.00
Monitor, Teclado y Mouse	
DVD	
Drive	
Hub	\$ 121.00
Router	\$ 143.00
Switch 3COM	\$ 137.00
10 computadoras (en promedio), las cuales incluyen: Monitor, Teclado y Mouse Procesador Diadema Memoria Ram DVD Drive Tarjeta madre, de red y de video	\$ 92,000.00
20 m de cable de alimentación	\$ 196.00
Kit de protección contra sobre corriente	\$ 701.00
Impresora	\$ 598.00
Rack	\$ 3,691.00
Total	\$ 188,584.00

Tabla 8.4 Relación de productos dentro de cada CCD instalado.

60 Precio aproximado en el mercado del equipo LinkStar.

Como se puede notar, la suma es superior a los 30,000 pesos, pero debe aclararse que correrá por cuenta de cada patrocinador, proporcionar los cables de alimentación, el servidor, la impresora y las computadoras instaladas dentro de cada CCD al que represente. Eso sin tomar en cuenta todos los demás aditamentos y aparatos que particularmente se consideren indispensables, debido al tipo de servicio que ahí se promueva.

Así, la cantidad final para instalar el equipo de conectividad de cada CCD es de 34,692 pesos (de acuerdo al presupuesto investigado); cantidad que estaremos tomando en cuenta de aquí en adelante.

La siguiente figura, ilustra las condiciones básicas en las que se debe encontrar cualquier CCD, sin importar el patrocinador al que corresponda ni la región a la que pertenezca.



Figura 8.5 Ilustración de un CCD típico.



Figura 8.6 Sistema LinkStar DVB-RCS de comunicación satelital para topología estrella.

### 8.3.1 Nivel Distrito Federal

Dentro del Distrito Federal, se han instalado 48 CCDs entre las diferentes delegaciones y municipios que lo integran; representando así el 1.5 % de los 3,200 CCDs instalados hasta el momento. Esta es la región de la república con mayor densidad de población y por ende, es una zona indispensable de satisfacer y tomar en cuenta.

La aportación económica dentro del Distrito Federal es de:

$$(48)(34,392) = 1,650,816 \text{ pesos}$$



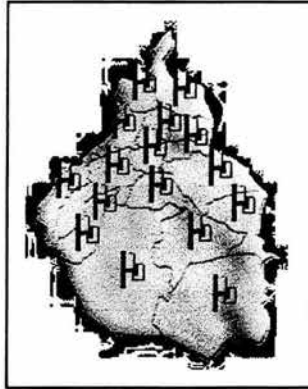


Figura 8.7 Participación del Distrito Federal en el Sistema Nacional e-México.

### 8.3.2 Nivel República

Considerando por completo el territorio de la República Mexicana, la inversión para establecer la conectividad entre el número total de CCDs es de:

$$(3,200)(34,692) = 111.0144 \text{ millones de pesos}$$



Figura 8.8 Panorama geográfico que abarca el Sistema Nacional e-México.

ESTADO	NÚMERO DE CCDs	PORCENTAJE (%)
Oaxaca	328	10.25
Puebla	241	7.53125
Veracruz	203	6.34375
Guerrero	177	5.53125
Michoacán	170	5.3125
Jalisco	164	5.125
Chiapas	161	5.03125
Estado de México	157	4.90625
Yucatán	133	4.15625
Hidalgo	111	3.46875
Nuevo León	108	3.375
San Luis Potosí	94	2.9375
Zacatecas	89	2.78125
Guanajuato	85	2.65625
Sinaloa	84	2.625
Sonora	82	2.5625
Tlaxcala	76	2.375
Chihuahua	75	2.34375
Tabasco	74	2.3125
Morelos	63	1.96875
Tamaulipas	63	1.96875
Durango	62	1.9375
Coahuila	58	1.8125
faltantes	52	1.625
Distrito Federal	48	1.5
Aguascalientes	45	1.40625
Campeche	36	1.125
Querétaro	36	1.125
Nayarit	35	1.09375
Baja California	30	0.9375
Quintana Roo	30	0.9375
Baja California Sur	17	0.53125
Colima	13	0.40625

Tabla 8.5 Porcentajes de cobertura del Sistema Nacional e-México en cada estado de la República.

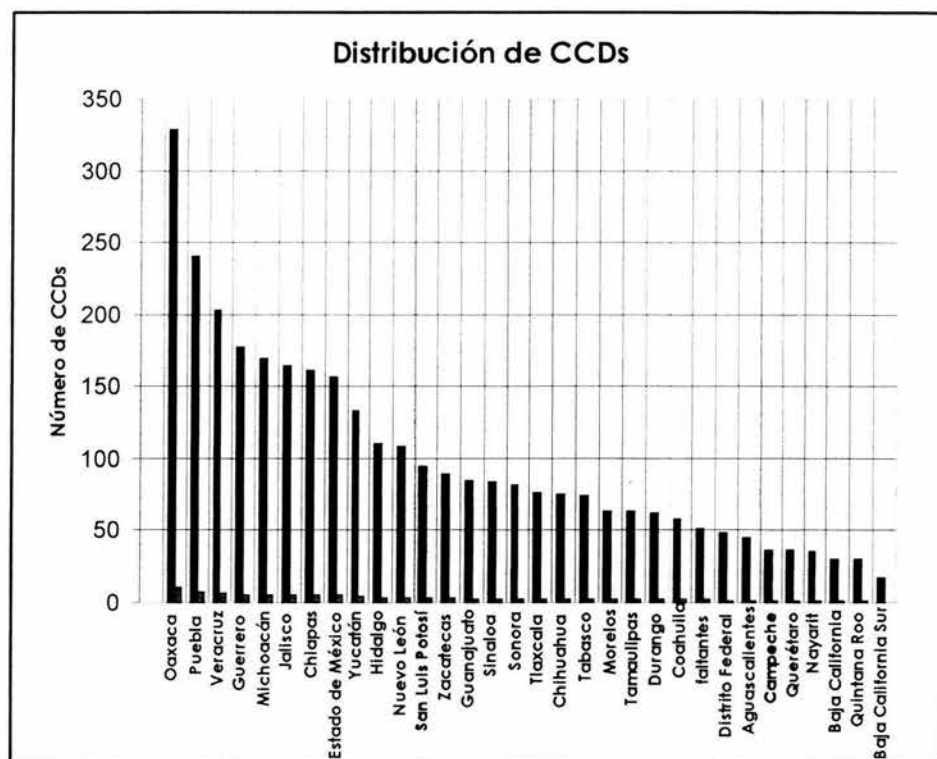


Figura 8.9 Distribución de CCDs en la fase uno del Sistema Nacional e-México.

Con estos datos, ahora sí se está en condiciones de comparar la inversión total para la infraestructura del proyecto del Sistema Nacional e-México con el presupuesto investigado.

De acuerdo a los datos obtenidos y a las cotizaciones propuestas en el punto 8.3, el presupuesto de 96 millones de pesos; empleados en la infraestructura de la primera fase del Sistema Nacional e-México; representa una inversión coherente.

---

## *Conclusiones y Recomendaciones*

---

Se han analizado a profundidad las características y elementos más importantes del Sistema Nacional e-México, gracias a esto se ha generado información valiosa que sirve para plantear un diagnóstico verídico en los siguientes aspectos:

La red del Sistema Nacional e-México es una red tipo estrella, por lo que las funciones más complejas se concentran en la estación maestra (Hub), ya que el Hub tiene un mayor diámetro en la antena y potencia hacia las Vsats; en consecuencia las Vsats tienen un menor diámetro requerido para la antena, esta característica hace que sean relativamente sencillas y con costos más accesibles.

Con respecto a la modulación empleada para la red satelital e-México, se utiliza una modulación QPSK, la cual tiene una eficiencia teórica de 2 bits/Hz. En la práctica, esta eficiencia es menor, porque se toma en cuenta que el tipo de FEC usado es de 2/3, además del aumento del ancho de banda para evitar interferencia entre símbolos; ésta se produce al usar filtros no ideales al limitar la banda de los trenes de pulsos; por lo tanto, para este caso la modulación QPSK tiene una eficiencia espectral de 1.46 bps/Hz, entonces la capacidad digital del transpondedor para un ancho de banda de 44MHz es de aproximadamente 64.24 Mbps.

La técnica de acceso empleada para la comunicación de los equipos satelitales VSAT a hub en la red satelital, es MF-TDMA, combinación de FDMA y TDMA, técnica que organiza las VSATs en grupos (cluster).

Las VSATs de un mismo grupo, comparten la misma frecuencia y acceden al transpondedor en modo TDMA; mientras que los diferentes grupos usan una frecuencia distinta, lo que permite organizar a las 3200 VSATs en 80 clusters de 40 VSATs cada uno. El acceso MF-TDMA tiene la característica de dividir la velocidad de transmisión de Inbound de un sistema TDMA puro, entre el número de clusters, por lo tanto la potencia de transmisión es reducida.

En el enlace de Outbound se considera multiplexaje TDM de todos los canales del Hub hacia las VSATs, del mismo grupo, en una portadora MCPC. Las portadoras MCPC de los diferentes grupos acceden al transpondedor en un modo FDMA. Esta técnica es conocida como FDMA-MCPC.

Continuando con el diagnóstico, se elaboró un estudio técnico para el dimensionamiento de la red, tomando en cuenta que en este momento solo se tiene servicio de Internet y difusión de contenidos, por medio de la página de e-México, servicio que se satisface con un mínimo de transmisión de 14.4 Kbps en banda base.

En el dimensionamiento de la red, se obtuvieron portadoras compartidas por cluster de 128 Kbps en Inbound y 256 Kbps en Outbound, con anchos de banda asignado en radiofrecuencia de 131.33 y 262.656 KHz respectivamente, ocupando un ancho de banda total aproximado de 21.04 MHz por todas las portadoras de Inbound y Outbound. Sabemos que para la primera etapa del proyecto e-México el ancho de banda asignado es de 44MHz, por lo tanto concluimos que para el servicio de Internet y difusión de contenidos, estas velocidades en las portadoras satisfacen el servicio, teniendo sin uso 22.96 MHz en el transpondedor.

Esta red de datos satelital hace posible el acceso a Internet principalmente y de acuerdo a su capacidad, permitirá además aplicaciones tales como: difusión de contenidos, telemedicina, tele-educación y tele-capacitación, servicios que se satisfacen con tasas de transmisión de 2, 20, 64 Mbps (video bajo demanda y tele-educación) hasta 120 Mbps (video conferencia y telemedicina).

Se hizo el dimensionamiento para cubrir las necesidades mínimas para este tipo de servicio y se encontró que se necesitan 80 portadoras de Outbound de 48 Mbps. Trabajando con la técnica de acceso FDMA-MCPC, estas tasas de transmisión son posibles para el hub, el cual tiene una capacidad límite de transmisión de portadoras de aproximadamente 60 Mbps; pero este tipo de servicio no contempla servicios como video conferencia y telemedicina, servicios que necesitan hasta portadoras de 120 Mbps y si se quisiera implementarlos, el hub actual no soportaría tal tráfico.

Con respecto al ancho de banda en el transpondedor, se necesitan 32.87 MHz para soportar la capacidad de una portadora de Outbound, pero como se emplean 80 de estas, la capacidad de la red satelital e-México es superada, ya que su ancho de banda es de tan sólo 44 MHz.

Por otra parte, en las portadoras de Inbound al manejar este tipo de servicios se necesitan mayores tasas de transmisión, viéndose limitadas las VSATs, ya que la máxima portadora de transmisión equivale a 1.5 Mbps.

Entonces para servicios de telemedicina, tele-educación y tele-capacitación se tiene un ancho de banda e infraestructura restringida.

Se considera que la banda de frecuencias elegida fue la banda Ku, por que para estos intervalos de frecuencias es menos probable que se reciban señales no deseadas gracias a que las antenas que trabajan con estas condiciones poseen alta directividad. Sin embargo los enlaces presentan incrementos en la atenuación por factores atmosféricos, tal como se verá posteriormente.

En función de que no se cuenta con las frecuencias exactas de uplink y downlink empleadas en la red satelital e-México, se optó por definir un valor próximo a los verdaderos a partir de los rangos proporcionados. En este caso, los valores que se tomaron en cuenta fueron de 14.25 GHz y 11.95 GHz para el uplink y downlink respectivamente. Ambos parámetros son aceptables, ya que se conoce que la diferencia entre ellos debe ser o estar cercana a los 2.23 GHz.

En cuanto a la atenuación por lluvia, se puede corroborar que este factor afecta más a la señal transmitida que a la señal recibida, por lo que se deduce que los amplificadores de potencia integrados dentro de las estaciones terrenas (hub y VSATs) tienen que contar con la posibilidad de incrementar sus niveles de potencia, sin que esto ocasione problemas o retardos en la operabilidad de la red satelital.

Tras haber comparado los resultados obtenidos para cada ciudad, considerando los datos como correctos por proporcionar información lógica (datos que corresponden a las características de humedad de cada localidad); se hace referencia al hecho de que en ciertos casos, el nivel de atenuación por lluvia estipulado en 12dB (marcado como límite aceptable dentro de la licitación) es rebasado hasta por 6 dB. Tal es el caso de ciudades como Tapachula, Mérida y Veracruz, las cuales sobrepasan el límite tanto en la fase de transmisión como en la de recepción y Acapulco, que únicamente se encuentra fuera del límite en la transmisión de sus datos.

Aunque más adelante se comentarán las repercusiones de tales hechos, se consideró necesario puntualizar, desde este momento, el valor de un parámetro tan importante en todo desarrollo de enlace satelital.

Adentrándonos en los cálculos de enlace para la red satelital e-México, el primer punto ha comentar corresponde a los valores de las pérdidas por propagación en el medio, mismos que muestran incrementos desde 4 hasta 18 dB, respecto a consideraciones de cielo despejado y con lluvia para los enlaces de uplink y variaciones de 3 a 15dB en los enlaces de downlink haciendo, de igual manera, diferenciación entre condiciones sin y con lluvia.

De acuerdo a las características propias del Sistema Nacional e-México, la relación total de potencias para el enlace de Inbound, prácticamente no muestra diferencias considerables entre los valores relacionados con las condiciones de cielo despejado y las condiciones de cielo con lluvia. Esta observación, también es válida para el enlace de Outbound, ya que la relación total de potencias, considerando el factor de lluvia, únicamente decrece décimas de decibeles.

Así, se puede concluir que a pesar de que en ciertos lugares el límite de atenuación por lluvia (definido en 12 dB) ha sido rebasado, éste teóricamente no repercute en el funcionamiento de la transmisión satelital. Sin embargo, tal aseveración no trasciende al ámbito práctico, ya que las investigaciones efectuadas en varios CCDs, enfatizan que la señal se pierde en casos de lluvia intensa.

Como hemos visto, el margen del enlace tiene la posibilidad de caer dentro de tres casos, adoptando valores negativos, positivos o nulos. Para el caso de la red satelital e-México, el FEC empleado fue el correcto, ya que en los cálculos el margen tiene un valor positivo.

Por otro lado, como en las especificaciones técnicas no se indica cual es el margen del enlace aceptable, se ha optado por considerar como apropiados los márgenes obtenidos; por lo que no se puede justificar algún incremento en el PIRE de las señales.

Haciendo referencia al aspecto económico, el estudio financiero efectuado para el desarrollo del Sistema Nacional e-México, tomó en cuenta tanto al proveedor como a los patrocinadores de cada CCD, ya que InterDirec obtiene ganancias a partir del séptimo mes y los patrocinadores pagan cuotas accesibles para tener acceso a Internet.

Con respecto a las estaciones VSAT, ésta es una tecnología que se explota, generalmente, en el marco de sistemas y redes de comunicación autónomos, con aplicaciones que van desde las comunicaciones de datos, la conexión directa a computadoras distantes con computadoras centrales a, posiblemente, telefonía, videoconferencia, etc.

Son una alternativa acertada para interconectar comunidades rurales, donde por su orografía, es difícil o imposible la instalación de redes alámbricas. Sin embargo, el Sistema Nacional e-México, no sólo busca instalar computadoras u otros accesorios en todo el país para contar con una importante infraestructura que permita enlazar a estas comunidades a Internet; sino que en un futuro se ocupará, también, del uso que se les dé a éstas a través de la incorporación de programas y prácticas específicas que agreguen valor a las actividades educativas, culturales, económicas, políticas y sociales de la nación.

Se pretende que cada proyecto y cada programa del Sistema respondan a las necesidades de las regiones y comunidades del país; para ello se han planteado las siguientes acciones inmediatas:

- Interconexión de 10 mil localidades con distintas redes públicas de telecomunicaciones.
- Intercomunicar los tres niveles de gobierno: municipal, estatal y federal.
- Aprovechar la infraestructura de telecomunicaciones e informática de las oficinas públicas.
- Facilitar el acceso al Sistema por medio de escuelas e instituciones académicas, centros de salud, centros comunitarios digitales y kioscos públicos.
- Incorporar al Sistema contenidos, servicios y prácticas a cerca de educación, salud, economía, gobierno, ciencia, tecnología e industria, de uso ágil, sencillo y transparente.
- Presentar los contenidos y servicios en distintas lenguas indígenas, mediante un portal amigable e inteligente, para garantizar el acceso a la mayor parte de la población.

Además el Sistema Nacional e-México, pretende desarrollar más centros comunitarios con la finalidad, de que en un futuro, se cuente con 1,200 bibliotecas enlazadas, exista la elaboración de acervos digitales, se lleve a cabo el equipamiento de 80 mil escuelas, entre otros.

Por su parte el subsistema e-Economía, en conjunto con el subsistema e-Gobierno, han planteado varias estrategias para alcanzar la modernización tecnológica.

La primera de ellas, es la de fomentar una cultura empresarial de uso de los medios electrónicos en los sistemas administrativos. La segunda estrategia es la de transformar en cadenas digitales de proveeduría las cadenas de suministro de las empresas públicas como: Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Luz y Fuerza del Centro (LFC), entre otras y como uno de las dificultades es la de encontrar información

empresarial, se buscará crear un portal, especializado, que integre toda esa documentación.

También, como estrategia, se planea impulsar una mejora que incluya la digitalización de los trámites y servicios relacionados con la actividad empresarial; para que estos trámites gubernamentales puedan efectuarse por Internet. Se prevé que la provisión de la información, llenado de formatos, envió, recepción, procesamiento y respuesta sean por esta vía.

Por otro lado, se pretende integrar al portal servicios y trámites electrónicos (mediante un proceso llamado Tramitanet), para que todo ciudadano pueda efectuar trámites, las veinticuatro horas del día, con el fin de incrementar su satisfacción y comodidad.

Se estima que para el 2005, el 10 por ciento de los servicios y trámites gubernamentales, de alto impacto, estarán listos para ser realizados y entregados en forma electrónica, de manera que para el 2006, todos los mexicanos podrán acceder, de alguna forma, a los servicios gubernamentales en línea. Para ello, se rediseñarán los procesos en las dependencias del gobierno federal, se desarrollarán estándares tecnológicos y se construirá una plataforma que integre toda la información, servicios y trámites.

El subsistema e-Salud, facilitará la intercomunicación eficiente entre todas las unidades del sector salud, comprendiendo los servicios públicos, sociales y privados. Tendrá como aplicaciones la capacitación y educación del personal de salud, la modernización de todos los procesos de gestión y administración de los servicios de salud mediante sistemas y opciones telemáticas y automatizadas.

Pero todo ello no podrá llevarse a cabo sin la reestructuración necesaria de la red; por tal motivo algunas de las propuestas para resolver los problemas planteados anteriormente, son:

Para que la red pueda operar con las tasas de transmisión requeridas para los teleservicios, se puede usar un multiplexaje TDM para el enlace de Outbound, entonces las 80 portadoras en FDMA-MCPC que dan servicio de Internet y contenidos a los CCDs, son remplazadas por una, con capacidad 80 veces mayor; es decir 20.48 Mbps, en consecuencia podemos mandar la portadora con la potencia máxima de saturación del amplificador.

Como los recursos que determinan la capacidad de los satélites son el ancho de banda y la potencia de radiación de los repetidores en la zona de cobertura de cada haz; para optimizar una red, es posible un intercambio de entre ancho de banda y potencia; por ejemplo, especificando un tipo de modulación que permita utilizar menos ancho de banda. Sin embargo, en tal caso se emplearía más potencia para ofrecer la misma calidad de servicio.

También se puede utilizar una modulación 8QPSK, en la que se manden 3 bits por cada hertz, haciendo que se incremente la capacidad del transpondedor al operar con portadoras más grandes.

Al analizar el dimensionamiento de la red para el servicio de Internet y contenidos, se concluyó que dentro del transpondedor todavía se cuenta con un espacio de 22.96 MHz de ancho de banda libre. Una propuesta es aprovechar este segmento para cubrir principalmente los servicios de telemedicina, ya que los servicios de tele-educación



actualmente son distribuidos satisfactoriamente por la red satelital EDUSAT y los servicios de teleconferencia y telecapacitación, se satisfacen con el servicio actual de Internet con capacidad moderada.

Sin embargo, se considera que tal ancho de banda, aún es pequeño para satisfacer la demanda nacional de los servicios antes mencionados. La calidad del servicio debe estar basada en un esquema de priorización del tráfico para manejar, de manera efectiva y simultánea, comunicaciones de acceso a Internet, datos y video. La capacidad requerida para la red, depende del tipo de las señales a transmitir y de las características de los niveles de tráfico previstos para cada cluster.

En el área de telemedicina, el Sistema Nacional e-México da servicios de información, trámites, normativa interna, programas y políticas de salud preventivas; por lo que debe contar de la infraestructura necesaria para poder dar los servicios de capacitación a médicos, interacción en interconsultas médicas con especialistas, transmitir y recibir estudios radiográficos y de laboratorio.

Para cumplir de manera eficiente con estos servicios, proponemos proveer de estos recursos tecnológicos a los CCDs bajo demanda, siendo factible regionalizar la atención médica a través del CCD seleccionado en donde se llevará a cabo la atención médica de alta transmisión de datos.

Para cubrir todo el país, se debe hacer un truco al módem satelital, que permita modificar la condición de cada uno de los CCDs cuando se requiere y eliminar momentáneamente todas las portadoras, excepto la de transmisión. De esta manera, todas las estaciones reciben, pero sólo una recibe y transmite, y en el momento que haya preguntas, se le asigna a esta última la capacidad de transmitir, sin agregar absolutamente nada de tecnología, permitiendo un mayor ahorro en el ancho de banda.

Como resultado, el paciente puede trasladarse al hospital más cercano que cuente con la conectividad seleccionada a la red e-México y sin necesidad de ir a un lugar lejano, podrá ser evaluado por medio de un especialista que está conectado al hub a través del Punto Neutral de Acceso a Redes de tipo Privado (NAP Privado).

Para un mejor servicio de telemedicina, se consultó que en las unidades remotas se requiere de una antena de 2.4 metros con una potencia de 5 Watts, además de una conexión hacia una red de Internet satelital de 128 kbps como mínimo.

Para estar bien equipado, mínimo se debe contar con una computadora Pentium 4, una webcam, 20 GB de memoria, escáner, impresora y 128 Kbps de velocidad. El costo de toda la plataforma es de aproximadamente \$10,000 pesos y como no utiliza paquetería especial, puesto que la idea es que exista conexión desde cualquier sitio, se evita la obsolescencia.

En lo que respecta al área médica, cada CCD deberá contar con un maletín básico, que incluya estetoscopio y electrocardiógrafo, entre otros dispositivos que se conectan directamente a la computadora por medio de un USB.

Para un nivel de atención que contenga videoconferencia a 523 kbps (aunque también puede ser a 356) y su correspondiente software, es necesario un multiplexor para utilizar equipos periféricos, cámara de documentos y videograbadora. Aquí no se utiliza escáner ni electrocardiógrafo, por que los médicos utilizan el electrocardiograma en vivo

con el paciente y después, incorporan la radiografía en la cámara de documentos para funcionar como megatoscopio.

Para disminuir la atenuación de las señales debido al efecto de lluvia, se sugiere seguir la propuesta planteada como requerimiento técnico, en la que se había dividido al territorio nacional en tres regiones representativas de precipitación pluvial.

Se sabe que dentro del territorio nacional, los valores de la intensidad de la lluvia ( $R_{0,01}$ ) van desde 20 a 110 mm/hr; recorriendo su geografía en dirección Norte – Sur. De esta manera, se plantea que la primera región (caso óptimo), la segunda (caso aceptable) y la tercera (peor caso), estén integradas por los estados asociados con los valores de  $R_{0,01}$  entre 20 a 50, 60 a 80 y 90 a 110 mm/hr, respectivamente.

Estas nuevas medidas, proponen que para cada una de las zonas antes mencionadas, se utilice un tamaño de antena en particular; por ejemplo, los CCDs instalados en los estados que integran la primera y segunda región, contarán con una antena de 0.96 y 1.2 m de diámetro respectivamente, mientras que los CCDs de la tercera zona, tendrán una estación terminal compuesta por una antena de 1.8 m.

Si se observa la ecuación de potencia efectiva isotrópica radiada, se puede notar que depende de la ganancia y esta a su vez del diámetro de la antena; de esta forma al aumentar el diámetro de la antena, aumenta la ganancia y por lo tanto el PIRE se incrementa, siendo la atenuación por lluvia menos perjudicial para el enlace. De esta forma, se busca compensar las atenuaciones por lluvia entre los estados del país, para así poder uniformizar y hacer más eficientes los enlaces satelitales dentro de la red.

Antes de terminar con el desarrollo de la tesis, nos gustaría concluir haciendo una última observación de carácter social, ya que aunque ésta no forma parte del objetivo, es un aspecto de trascendencia e interés común.

Anteriormente, se enfatizaron las problemáticas presentes en el Sistema Nacional e-México y con ayuda de la localización de sus puntos débiles, sugerimos probables soluciones. Sin embargo, es necesario resaltar que a pesar de que la red satelital e-México funcionara de forma óptima y mantuviera al máximo la calidad de la información; pueda darse el caso de que los servicios del sistema, no sean aprovechados en su totalidad, puesto que es cuestión de los ciudadanos el explotar al máximo tales recursos.

La principal incertidumbre del uso apropiado de la red, se debe a que las personas con dificultades económicas, no experimentan un acercamiento a Internet ya que al estar inmersos en precarias condiciones económicas, es casi imposible que le presten atención a otras cosas que no sea el trabajo o la lucha contra la marginación. De manera que la educación, es un aspecto que requiere de especial atención en especial con estos grupos marginados.

Finalmente después de haber expuesto nuestras opiniones deseamos que la presente tesis halla sido lo más clara posible al lector tratando los temas aquí expuestos de una manera clara y directa al tema en cuestión, recordando que mucha de la información manejada e investigada es de uso exclusivo de la SCT es por esto que, queremos extender un agradecimiento a todas las personas, organismos e instituciones que colaboraron con nosotros, ya que gracias a su interés y a sus aportaciones, permitieron que la presente tesis cumpliera, antes que nada, con los objetivos de aprendizaje y de incursión al área profesional y de investigación.

*Anexo*

*Glosario*

---

**ACK (Acknowledgement):** Conocimientos.

**ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line):** Método de transmisión de datos a través de líneas telefónicas de cobre, que permiten altas velocidades de transferencia de datos.

**ALOHA:** Técnica de acceso al satélite en la que las estaciones terrenas transmiten, aleatoriamente, en base a una división de tiempo (en una frecuencia compartida).

**Altitud:** Distancia entre un satélite y la superficie del planeta alrededor del cual orbita. De acuerdo a la altitud hay órbitas bajas, medias y altas.

**AM (Amplitude Modulation):** Modulación de Amplitud.

**Ancho de banda (bandwidth):** Término técnico que determina el volumen de información que puede circular por un medio físico de comunicación de datos, es decir, la capacidad de una conexión. A mayor ancho de banda, mejor velocidad de acceso y mayor tráfico o cantidad de personas que pueden utilizar el mismo medio simultáneamente. Se mide en hertz o bps (bits por segundo), por ejemplo 32 Kbps, 64 Kbps, 1 Mbps.

**Antena:** Dispositivo fijo, interno o móvil que intensifica la señal de radio recibida por el teléfono. El diseño físico de la antena determina el margen de frecuencias de la transmisión/recepción.

**Apogeo:** Punto en el que el cuerpo celeste o satélite artificial, alcanza su distancia máxima al cuerpo alrededor del cual orbita.

**ARQ (Automatic Repeat Request):** Repetidor automático.

**Asíncrono:** Dos señales son asíncronas o no están sincronizadas, cuando sus correspondientes instantes significativos no coinciden. También es un término referido a una transmisión no sincronizada, en la cual el sincronismo entre emisor y receptor, se establece de nuevo en el terminal para cada carácter transmitido mediante la recepción de un bit de arranque. Se finaliza con un bit de parada. Es el modo típico para transmisiones en telegrafía, minicomputadoras y ordenadores personales.

**ASK (Amplitude Shift Keying):** Modulación de amplitud

**Atenuación:** Disminución del valor eléctrico u óptico recibido de una señal, con respecto a su valor original de emisión. Se expresa en decibelios "dB".

**Azmut:** Ángulo de apuntamiento horizontal de una antena parabólica. Su valor se establece de acuerdo a las coordenadas geográficas de la estación terrena y a la ubicación del satélite.

**Backbone (columna vertebral):** Conexión de alta velocidad que conecta a computadoras encargadas de circular grandes volúmenes de información. Los backbones conectan ciudades, o países, y constituyen la estructura fundamental de las redes de comunicación. Las Redes WAN y los ISPs utilizan backbones para interconectarse.

**Back off:** Nivel de reducción de potencia, a la entrada de un amplificador, para asegurar su operación en la región lineal; logrando así, el mínimo ruido posible causado por la modulación.

**Banda:** Margen de frecuencias comprendidas entre dos límites definidos.

**Banda C:** Rango de frecuencias entre 3.4 y 7.0 GHz.

**Banda Ka:** Rango de frecuencias entre 17.3 y 31.0 GHz.

**Banda Ku:** Rango de frecuencias entre 10.7 y 14.5 GHz.

**Banda L :** Rango de frecuencias entre 1 y 2 GHz.

**Baudío:** En la transmisión de datos, un baudío es el número de veces por segundo que se modifica el "estado" del medio de transmisión.

**BER (Bit Error Rate):** Tasa de Error de Bit.

**Bidireccional:** Transmisión de información que tiene lugar en los dos sentidos dentro de una misma dirección.

**Bit:** Unidad mínima de información de la memoria, equivalente a un "sí" (0) o un "no" (1) binarios. La unión de 8 bits da lugar a un byte.

**Bps:** Bits por segundo. Unidad de transmisión de datos, empleada principalmente en referencia a módems o comunicaciones de red.

**BPSK (Binary Phase Shift Keying):** Modulación de fase en dos estados.

**Broadcast:** Tipo de comunicación basada en que todo posible receptor, es alcanzado por una sola transmisión.

**Buffer:** Área de memoria utilizada por un módem o por una computadora, para almacenar la información a enviar o recibir hasta que pueda ser procesada o enviada.

**Bus:** Grupo de cables utilizados para transmitir un conjunto de señales de información entre dispositivos de una computadora.

**Byte:** Unidad de información, compuesta de 8 bits consecutivos. Cada byte puede representar, por ejemplo, una letra.

**Canal:** Ruta de transmisión de comunicaciones a través de cualquier clase de medio de transmisión, tal como un cable conductor, radio, fibra óptica o de cualquier otro tipo.

**Canal de espaciamento:** En radiocomunicaciones, es el canal de separación entre la banda de frecuencias y las señales portadoras adyacentes.

**Canal de señalización:** En telefonía móvil, es el canal de intercambio de información entre la estación base y los móviles. La señalización opera a diferentes velocidades y tiene funciones individuales.

**Canal de sincronía:** En el sistema GSM de telefonía móvil, es el canal que transmite la información para la sincronización de la trama (número de la trama asignado a la estación móvil) y la identificación de la estación base transreceptora (BTS). En inglés se expresa de forma abreviada como "SCH".

**Canal de tráfico:** Canal que, en telefonía móvil, se utiliza normalmente para realizar las conversaciones aunque algunas veces se pueden enviar datos durante la conversación para la supervisión de llamadas.

**Canal de velocidad máxima:** En el sistema GSM de telefonía móvil, es un canal que transmite la información a una velocidad de aproximadamente 23 Kbit/s.

**Canal de voz:** Canal con un margen de frecuencias de 300 a 3.400 Hz, indicado para transmisión de voz, datos, fax o servicio telegráfico.

**Cassegrain:** Sistema de doble reflector para una antena que trabaja con el principio del telescopio óptico Cassegrain. Emplea un contorno parabólico para el reflector principal y un contorno hiperbólico para el secundario.

**CCD:** Centro Comunitario Digital.

**CCIR (Consultative Committee for International Radiocommunications):** Comité Consultivo para Radio-Telecomunicaciones Internacionales.

**CDM (Code Division Multiplex):** Multiplexaje por división de código.

**CDMA (Division Multiple Accses):** Acceso múltiple por división de código.

**CDR:** Registro Detallado de Transmisores.

**CLE:** Equipo Lógico Común de una terminal de acceso múltiple por división de tiempo.

**Cliente/Servidor (Client/Server):** Sistema de organización de interconexión de computadoras que sirve para el funcionamiento de Internet, así como otros tantos sistemas de redes. Se basa en la separación de las computadoras miembros en dos categorías; las que actúan como servidores (oferentes de información), y las que lo hacen como clientes (receptores de información).

**Coaxial:** Un tipo de cable formado por un alambre de cobre rodeado por un material aislante, cubierto a su vez por una malla o blindaje metálico y finalmente por una capa de plástico protector. Este arreglo impide que la señal radie al espacio, protege del ruido, mejora la transmisión a alta frecuencia y permite mayores velocidades de transmisión.

**Cobertura:** Extensión del haz de la señal emitida, por antenas de telefonía móvil, que habilita la realización de llamadas sin interrupción pasando de una célula a otra.

**Codificación:** Operación de aplicar un conjunto de símbolos y reglas a datos elementales para su transmisión.

**COM (Communications):** Comunicaciones.

**CPU (Central Processing Unit):** UCP Unidad Central de Procesos.

**CSMA (Carrier Sense Multiple Access):** Acceso Múltiple por Detección de Portadora.

**DAMA (Demand Assigned Multiple Access):** Técnica de acceso al satélite, en la que se asigna cualquiera de las subdivisiones de frecuencia, en las que se divide el ancho de banda, a las estaciones terrenas que lo requieran y durante el tiempo necesario.

**DB:** Unidad acústica empleada para medir la intensidad relativa de un sonido. Es la décima parte de un belio. Equivale aproximadamente a la mínima intensidad de sonido capaz de ser percibida por el oído humano.

**DCE (Data Communications Equipment):** Dispositivo cuya función es adaptar la señal que viene de un equipo terminal de datos al medio de transmisión.

**DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications):** Norma armonizadora de comunicaciones por medio de terminales sin cables y que mejora la calidad de transmisión de voz.

**Downconverter:** Dispositivo que forma parte de la unidad externa de una estación terrena. El convertidor de bajada se encarga de hacer el cambio de frecuencia de las señales recibidas.

**Download:** Es el proceso de bajar (traer) un archivo desde algún lugar en la red a la computadora de un usuario. Vea Upload, el proceso inverso.

**Drive:** Unidad de Disco.

**DTE (Data Terminal Equipment):** Equipo Terminal de Datos.

**DVB (Digital Video Broadcast):** Vídeo Digital para Emisión.

**ECS (European Communication Satellite):** Sistema europeo de satélites de comunicaciones.

**Ecuación:** Proceso, llevado a cabo por un MODEM, de compensar hasta cierto punto las distorsiones que ocurren en las líneas de comunicación. Los circuitos ecualizadores dentro del modem, lo sintonizan para que las distorsiones se puedan dominar. Frecuentemente comprende a la amplificación de la señal por frecuencias diferenciadas (amplificador diferencial).

**Elevación:** Ángulo formado por el eje de una antena parabólica y el plano horizontal. Su valor se fija de acuerdo a las coordenadas geográficas de la estación terrena y a la ubicación del satélite.

**Enlace (link):** Conexiones que posee un documento de la Web (escrito en HTML). Un enlace puede apuntar a referentes puntos en el mismo documento, a otro documento en el mismo sitio, a otro documento en otro sitio, a un gráfico, a un video o a algún sonido.

**Estación terrena:** Estación que está formada por un equipo radiotransmisor/receptor con antena parabólica, que procesa las señales con los satélites de comunicaciones y en su caso, hace de intermediaria con las redes de comunicaciones terrestres.

**Ethernet:** Un estándar para redes de ordenadores muy utilizado por su aceptable velocidad y bajo costo. Admite distintas velocidades según el tipo de hardware utilizado, siendo las más comunes 10 Mbps y 100 Mbps; comúnmente denominadas Ethernet y Fast Ethernet respectivamente.

**ETM:** Estación Terrena Maestra.

**ETT:** Estación Terrena Terminal.

**FCC (Federal Communications Commission):** Comisión Federal Norteamericana de Comunicaciones.

**FDM (Frequency Division Multiplex):** Multiplexaje por división de frecuencia.

**FDMA (Frequency Division Multiple Access):** Sistema que se caracteriza por evitar la mezcla de los flujos de información que se envían de manera simultánea. Para lograrlo, mantiene los flujos independientes uno del otro.

**FEC (Forward Error Connection):** Proceso de codificación de señales digitales en el extremo transmisor, con la finalidad de poder detectar y corregir errores en el receptor.

**Feeder (Feed Horn):** Componente pasivo de la unidad externa de la estación terrena. Se instala en el foco de la antena y se conecta a la electrónica para recepción y transmisión. Se encarga de dirigir las señales provenientes de la antena en donde está instalado. También se le llama trompeta o alimentador.

**FM (Frequency Modulated):** Frecuencia Modulada.

**Frame (cuadro, marco):** Instrucciones en lenguaje HTML, utilizadas para diseñar las páginas Web. Forma de dividir la pantalla del navegante en varias zonas, cada una con autonomía de movimiento. También se refiere al nombre que recibe una trama de información proveniente de una o varias estaciones terrenas, para dirigir la información a otra estación terrena (conocida como punto destino).

**Frame Relay (FR):** Protocolo para intercambio de datos. Protocolo de comunicaciones, basado en el protocolo X.25, que trabaja solamente en los dos primeros niveles del modelo OSI (nivel físico y nivel de enlace).

**FSK (Frequency Shift Keying):** Modulación por frecuencia.

**FSP (File Service Protocol):** Protocolo para servicio de ficheros.

**Full duplex:** Se refiere a la transmisión de información en dos direcciones de manera simultánea. Un teléfono sería un dispositivo full-duplex, mientras que un walkie-talkie sería un half-duplex.

**G/T:** Relación señal a ruido de la antena de recepción y su temperatura de ruido. Permite determinar la calidad de recepción de las señales en una estación terrena.

**Gateway:** Dispositivo de comunicación entre dos o más redes locales (LANs) y remotas, usualmente capaz de convertir distintos protocolos, actuando de traductor para permitir la comunicación.

**GB (Giga byte):** Gigabyte o  $10^9$  bytes.

**GEO (Geostationary Earth Orbit):** Órbita terrestre geoestacionaria.



**GSM (Global System Mobile Communications):** Sistema global de comunicaciones móviles.

**Half duplex:** Transmisión de información en dos sentidos, pero no de manera simultánea.

**Hardware:** La parte física del ordenador (placa, micro, tarjetas, monitor, etc.).

**Haz del lóbulo principal:** Es el producto entre la potencia entregada a la antena y la ganancia de ésta en cierta dirección.

**HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line):** Línea digital de abonado de alta velocidad.

**HEO (Highly Elliptical Orbit):** Órbita extremadamente elíptica.

**Hipermedia:** Multimedia que responde a los intereses del usuario, mediante vínculos entre las diferentes secciones y apartados de audio, video, animación y texto.

**Hipertexto:** Documento electrónico que permite al usuario leer, en forma no lineal, en el ambiente de las hojas web. Tratándose de un texto, es la posibilidad de que algún concepto sea explicado mediante un enlace en otra sección.

**Hop:** Se le llama así al enlace entre dos estaciones terrenas. Se compone de un enlace ascendente y uno descendente.

**HPA (High Power Amplifier):** Amplificador de alta potencia parte de la unidad externa de una estación terrena. Se encarga de incrementar la potencia en las señales transmitidas.

**HPC (High Power up Converter):** Transmisor de estación terrena colocado en el foco de la antena. Está compuesto de un convertidor de salida y un amplificador de potencia. Lleva a cabo el cambio de frecuencia y la amplificación de las señales para su transmisión.

**HPP:** Es el procesador de protocolo de la estación terrena maestra que funciona como interfase con las computadoras host, permitiéndoles comunicarse con las terminales remotas a través de la red VSAT.

**HSP:** Es el procesador digital de la estación maestra que está formado de moduladores, transmisores, conjunto de receptores, divisores de potencia y un CPU.

**HTTP:** Protocolo de transporte de hipertexto.

**Hub:** Estación terrena que controla y monitorea la operación de una red satelital (en configuración estrella) y que generalmente también centraliza la información.

**Huella:** Zona de la superficie terrestre que abarca la cobertura del satélite.

**HVP:** Es el procesador de canales de voz.

**Hz (Hertz):** Hercios, número de ciclos por segundo.

**I/O (Input /Output):** E/S (Entrada/Salida).

**IDU (In Door Unit):** Unidad interna de la estación terrena. Es la encargada de establecer la interfase con los equipos de usuario y de controlar las transmisiones satelitales.

Principalmente lleva a cabo funciones de procesamiento de protocolos, codificación, modulación, demodulación y decodificación.

**IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers):** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Organismo norteamericano, parte del ANSI, que mediante estudios propios promueve normas de estandarización. El IEEE es una organización profesional y una de sus principales actividades es el desarrollo de normas no obligatorias, pero generalmente aceptadas en el área de comunicaciones y electrónica con énfasis en técnicas de medición y definición de términos.

**IF (Intermediate Frequency):** Banda de frecuencias de salida de un convertidor de bajada o de entrada de un convertidor de subida.

**IFL (Inter Facility Link):** Son dos cables coaxiales, de baja pérdida, que conectan al IDU y al ODU proporcionando comunicación full duplex y permitiendo la alimentación de corriente directa para los componentes del ODU.

**SSIF (Sub System Intermediate Frequency):** Subsistema de frecuencia intermedia que, entre otras funciones, modula por fase a la portadora de las señales.

**Inbound:** Se refiere a la información que se transmite de una Estación Terrena Remota hacia una Estación Terrena Maestra, utilizando como medio de transmisión un satélite. En sistemas radiotelefónicos digitales multiacceso, representa la dirección de transmisión hacia la estación central.

**INMARSAT (International Maritime Satellite Communications Organization):** Consorcio Internacional de Comunicaciones Marítimas por Satélite. Es el servicio marítimo internacional de comunicaciones por satélite, dependiente de la Organización Marítima Internacional de la ONU, que brinda comunicaciones móviles marítimas, terrestres y aéreas a nivel mundial, a través de una red de 17 estaciones terrestres costeras ubicadas en 15 países del mundo. La organización fue constituida bajo el nombre inicial de MARISAT como resultado de un convenio intergubernamental que entró en vigor en 1979. Los fines originales de la organización, consistían en ofrecer la facilidad de acceder a servicios satelitales para mejorar las comunicaciones marítimas. En 1985 se enmendó el convenio INMARSAT para dotar a esta organización de un mandato similar, si bien no exclusivo, que permitiera a esta organización facilitar también comunicaciones aeronáuticas. La organización funciona con carácter comercial.

**Instalación:** Colocación de una estación terrena en cierto local, incluyendo su unión a la fuente eléctrica de alimentación.

**Instalación de abonado:** Conjunto de líneas terminales principales y suplementarios, central privada, unidades de control y demás equipo que se encuentre en los locales del abonado.

**Instalación de equipos:** Conjunto de las operaciones de prevención, ajuste, prueba y puesta en marcha o primer funcionamiento de un equipo.

**INTELNET:** Servicio de distribución y recopilación de datos por satélite, llevado a cabo por INTELSAT, que utiliza la técnica de ensanchamiento del espectro para la transmisión de información.

**INTELSAT (International Satellite Organization):** Organización Internacional de Comunicaciones por Satélite, con 114 países socios, propietario y explotador de los sistemas de comunicación comercial por satélite a nivel global. El sistema se utiliza principalmente para las comunicaciones internacionales y muchos países lo utilizan para las comunicaciones nacionales. INTELSAT fue creado en 1964 y a principios de 1988, contaba con más de 700 antenas y con una red de 13 satélites en órbita geosíncrona sobre las regiones de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. INTELSAT enlaza más de 165 países, territorios y dependencias en todo el mundo.

**INTELSAT I:** Primer sistema mundial de comunicaciones por satélite. Inició con la puesta en órbita del satélite llamado "Early Bird" (pájaro madrugador), en 1965, el cual tenía una capacidad de 240 canales telefónicos o un canal de televisión.

**INTELSAT II:** Sistema compuesto por tres satélites de comunicaciones del doble de la capacidad de los de la serie precedente. Fueron lanzados en 1967, uno posicionado sobre el Atlántico y dos sobre el Pacífico.

**INTELSAT III:** Sistema de satélites de mayor capacidad que los de la serie II. Se conformó por 5 satélites colocados en órbita entre 1968 y 1970, cada uno de estos satélites tenía capacidad para 1,200 circuitos de voz. Uno de los satélites fue colocado en el océano Índico, con lo que se completó la cobertura global del sistema INTELSAT.

**INTELSAT IV:** Sistema de satélites de comunicación, conformado por satélites aproximadamente 5 veces más pesados que los de la serie III. Cada uno de estos satélites tenía una capacidad para 4,000 canales telefónicos y dos canales de televisión.

**INTELSAT IV-A:** Satélites similares en diseño a los de la serie IV, pero con una capacidad de 6,000 circuitos de voz y 2 canales de televisión. Contaban con antenas direccionales que les permitían reutilizar frecuencias.

**INTELSAT V:** Sistema de satélites que cuentan con 11,000 o 12,000 circuitos de voz, utilizando técnicas FDMA y reutilización de frecuencias. El primer satélite de ésta serie, fue lanzado en 1981.

**INTELSAT VI:** Satélites, lanzados a finales de los años ochenta, con una capacidad para más de 30,000 circuitos de voz y dos canales de televisión. El incremento en la capacidad se logra mediante la introducción de técnicas TDMA e interpolación digital de voz.

**INTELSAT VII:** Satélites, lanzados a principios de los años noventa, con una capacidad de 18,000 circuitos telefónicos y 3 canales de televisión. La calidad de la transmisión es mejor gracias a que, en la banda C, se emplean amplificadores de estado sólido (SSPA) y amplificadores lineales de tubos de ondas progresivas (TWTA).

**Interfaz (RS-232-1):** Interfase estándar para la transmisión de datos, no síncrona, hacia la unidad central de procesamiento.

**Interfaz de conexión:** Concepto que especifica la interconexión entre dos equipos conectados a funciones distintas. Esta especificación se refiere al tipo, número y papel que desarrollan los circuitos de interconexión; así como al tipo y forma de las señales intercambiadas por esos circuitos.

**Interfaz dependiente del medio:** Interfase mecánica y eléctrica entre el cable o línea principal de conexión y la unidad accesoria al medio.

**Interfaz de red:** Se le llama así al punto de interconexión entre la red telefónica pública y el terminal privado.

**Interfaz de velocidad básica:** Formato de la red digital de servicios integrados compuesto por dos canales portadores que operan a 64 kbps y un canal de señalización que opera a 16 kbps.

**Interfaz dependiente del medio:** Interfase mecánica y eléctrica entre el cable principal, el medio y el MAU.

**Interfaz digital sin interpolación:** Interfase que permite el curso de tráfico digital, en canales satelitales, sin interpolación. Este módulo acepta datos a velocidades de  $n \times 64\text{kbps}$  (siendo  $n=i$  a 128) y preasigna los canales de datos a los canales de satélite.

**Interferencia:** Es la perturbación de señales, útiles o deseadas, por la presencia de señales indeseadas y/o de corrientes o tensiones parásitas, originadas por aparatos eléctricos. Efecto de la superposición a una onda fundamental, de una oscilación a cierta frecuencia relativamente próxima o de una perturbación parásita.

**Interferencia electromagnética:** Interferencia originada por campos eléctricos o electromagnéticos, que pueden afectar, en ocasiones, a equipos informáticos alterando datos o perjudicando el comportamiento de sus circuitos eléctricos y/o sus dispositivos.

**Interferencia por satélite adyacente:** Fenómeno que tiene lugar cuando dos satélites están cercanos entre sí, provocando la interferencia de señales, dentro de un sistema de transmisión o recepción.

**Interferencia terrestre:** Interferencia de radio debido a la proximidad de un enlace terrestre a una estación terrena.

**Internet:** Red de redes con cobertura internacional.

**Interrupción del satélite por tránsito solar:** Irradiación de energía electromagnética que recibe el satélite al pasar directamente frente al sol. Esta irradiación es proporcional a la temperatura y por lo tanto genera un ruido de gran intensidad que llega a bloquear la señal cuando el satélite queda en línea directa con el sol. Esta interferencia que ocurre durante unos cinco días, dos veces al año, causa interrupciones que duran unos 10 minutos, cada una. Para evitar la pérdida de señal, se puede suministrar protección con circuitos terrestres ya que estas cortas interrupciones, pueden predecirse con bastante exactitud.

**Interruptor de conmutación:** Conmutador que controla las operaciones de intervención secuencial. Es un elemento necesario para los sistemas multicanales de conmutación por impulso.

**IP (Internet Protocol):** Protocolo de Internet definido en el RFC 791, el cual confirma la base del estándar de comunicaciones de Internet. El IP provee un método para fragmentar (deshacer en pequeños paquetes) y rutear (llevar desde el origen al destino) la información.

**IRFB (International Frequency Registration Board):** Junta Internacional de Registro de frecuencias. Organismo permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones,

encargado de efectuar la inscripción metódica de las asignaciones de frecuencias hechas por los diferentes países y de las posiciones asignadas por éstos a los satélites geostacionarios, así como de llevar a cabo las funciones complementarias relacionadas con la asignación y utilización de estos recursos, conforme a los procedimientos prescritos en el reglamento de radiocomunicaciones. Junta cuya función principal es decidir si las frecuencias radioeléctricas que los países asignan a sus estaciones de radiocomunicación (y que notifican a la junta), corresponden a lo dispuesto en el convenio y en el reglamento de radiocomunicaciones sin causar interferencia a otras estaciones.

**ISDN (Integrated Services Digital Network):** Red Digital de Servicios Integrados.

**ISO (Internet Standards Organization):** Organización Internacional de Estandarización. Organización Internacional de Normalización.

**ISP:** Empresa encargada de ofrecer la infraestructura de acceso para que los clientes puedan conectarse a Internet, utilizando los medios de acceso estándar (módem, RTC, RDSI y ADSL).

**ITU (International Telecommunications Union):** Sindicato Internacional de Telecomunicaciones.

**JAVA:** Lenguaje de programación creado por Sun Microsystems. Desde su aparición, Java se perfila como un probable revolucionario de la Red. Como lenguaje orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro y neutral con respecto a la arquitectura del sistema, se considera como un lenguaje simple.

**Kb:** Kilo bit.

**KB:** Kilo Byte.

**kbps (KiloBits Per Second):** Kilobits por segundo.

**Klyston:** Amplificador de microondas que consiste en un tubo de modulación de velocidad (compuesto de un resonador de entrada), un espacio de agrupamiento y un resonador de salida.

**KSym/s:** Kilo Símbolos por segundo.

**LAN (Local Area Network):** Red de Área Local.

**Latitud:** Distancia desde el ecuador hacia un punto cualquiera sobre la superficie terrestre. Se mide en grados a lo largo de los meridianos. El ecuador, se considera a 0° de latitud y a 90° de latitud, cada uno de los polos de la Tierra.

**LEO (Low Earth Orbit):** Órbitas bajas.

**LinkStar:** Nuevo sistema de comunicación satelital de banda ancha, que ofrece Internet a través de un protocolo de conectividad. Se emplea en redes VSATs.

**LNA (Low Noise Amplifier):** Dispositivo que forma parte de la unidad externa de una estación terrena y se encarga de incrementar la potencia de las señales recibidas, con un nivel mínimo de ruido.

**Longitud:** Distancia, desde un lugar de la Tierra, respecto al meridiano de Greenwich.

**MAN (Metropolitan Area Network):** Red de Área Metropolitana.

**MAU (Multistation Access Unit):** Unidad de Acceso Multiestación.

**Mb (Mega bit) :** Megabit, un millón de bits.

**MB (Mega byte):** Megabyte, un millón de bytes.

**Mbps (Mega bits per second):** Megabits por segundo.

**MEO (Medium Earth Orbit):** Órbitas medias.

**MHz (MegaHertz):** MegaHercios, un millón de Hercios.

**Microondas:** Ondas electromagnéticas, con frecuencia entre 1 y 100 GHz, utilizadas principalmente en las telecomunicaciones.

**Módem:** Dispositivo hardware, modulador/demodulador, que transforma las señales digitales del ordenador, en señal telefónica analógica y viceversa.

**Modulación:** Modificación de alguno de los parámetros que definen a una onda portadora (amplitud, frecuencia, fase), por una señal moduladora que se quiere transmitir (voz, música, datos).

**Modulación Analógica:** Modulación de una onda portadora mediante una señal analógica moduladora.

**Modulación de amplitud:** Sistema de modulación en el que se modifica el valor de la amplitud de una onda portadora, conforme al valor instantáneo de la señal moduladora que se quiere transmitir. Con frecuencia se expresa como "AM".

**Modulación de amplitud en cuadratura:** Sistema de modulación en el que la modulación de la portadora se hace mediante la variación de su fase y de su amplitud. Es el resultado de combinar la Modulación por Desplazamiento de Fase (DPSK) y la Modulación por Variación de Amplitud (ASK).

**Modulación en banda lateral única:** Tipo de modulación en la que una de las dos bandas laterales generadas por una modulación de amplitud, es filtrada o suprimida. Se expresa frecuentemente como "BLU".

**Modulación de doble banda lateral:** Método de transmisión que incluye las dos bandas laterales resultantes de la modulación de la portadora. Este tipo de modulación se usa en todas las retransmisiones de radio AM.

**Modulación en fase:** Sistema de modulación en el cual la fase de la señal portadora, varía o es modulada, conforme al valor instantáneo de la amplitud de la señal moduladora.

**Modulación de frecuencia:** Sistema de modulación en el que la señal moduladora modifica el valor instantáneo de la frecuencia de la señal portadora. Se expresa normalmente como "FM".

**Modulación de impulsos codificados:** Forma de transmisión digital en la que la información a transmitir se muestra (cuantifica), a intervalos regulares, generándose así una serie de pulsos codificados que representan la amplitud de la señal en cada momento. Normalmente se expresa como "MIC".

**MPEG (Motion Pictures Expert Group):** Grupo de Expertos en Imagen en Movimiento. Formato gráfico de almacenamiento de vídeo que utiliza, como el JPEG, compresión con pérdidas alcanzando ratios muy altos.

**MSym/s:** Mega símbolos por segundo.

**Multicast:** Multidifusión. Se refiere al modo de transmisión de información on line, que permite que ésta sea recibida por múltiples nodos de la red y múltiples usuarios.

**Multimedia:** Tecnología que integran texto, imágenes gráficas, sonido, animación y vídeo, coordinados a través de medios electrónicos, páginas Web o páginas html. Es el equivalente digital de los libros o revistas de material impreso.

**Multiplexor:** Equipo que efectúa la transmisión de varias señales, permitiendo que sean transmitidas por el mismo canal o la misma vía de comunicación de forma simultánea e independiente.

**NAK (Negative Acknowledgement):** Conocimiento o aprendizaje negativo.

**NAP (Network Access Point):** Punto de Acceso a la Red.

**NCC (Network Control Center):** Centro de control de la red VSAT.

**NMS:** Sistema de Administración Monitoreo y Control.

**NOC:** Centro de Operaciones de la Red.

**Norma:** Conjunto de reglas sobre algún producto o servicio, que garantiza uniformidad en todo el mundo y en cualquier sistema en el que se implemente. Existen dos tipos de normas; la estándar, también llamada normada, generada por comités especiales y la de facto, también conocida como de facto.

**Novell:** Sistema operativo de redes LAN basadas en protocolo IPX.

**ODU (Out Door Unit):** Unidad externa de la estación terrena, que consiste en una pequeña antena parabólica y en los componentes necesarios para la transmisión y recepción de la señal.

**OMT (Ortho Mode Transducer):** Guía de onda que forma parte de la unidad externa de una estación terrena y se sitúa en el foco de la antena. Se encarga de separar las señales transmitidas de las recibidas, valiéndose de las diferencias de polarización y frecuencia.

**Outbound:** Se refiere al enlace por medio del cual se llevan a cabo transmisiones desde el hub hasta las estaciones terrenas.

**PanAmSat:** Proveedor líder de servicios de vídeo global y transmisión de datos vía satélite.



**Patrón de radiación:** Diagrama polar o gráfica, que representa las intensidades de los campos o de las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico o de la intensidad de potencia, se llama patrón de radiación absoluto.

**PC (Personal Computer):** Ordenador Personal.

**PDA (Personal Digital Assistant):** Asistente Personal Digital.

**Pentium:** Microprocesador de Intel de 32 bits con arquitectura superescalar, capaz de hacer el procesamiento paralelo de dos instrucciones por ciclo de reloj.

**Perigeo:** Punto en el que un cuerpo celeste o un satélite artificial se encuentra a menor distancia del cuerpo alrededor del cual orbita.

**PIRE:** Es el producto entre la potencia entregada a la antena y la ganancia de ésta en cierta dirección.

**Polarización:** Orientación del campo eléctrico radiado por una antena.

**Portadora:** Señal cuyas propiedades son modificadas para transmitir información.

**POP (Post Office Protocol):** Protocolo de la Oficina de Correos.

**Port:** Puerto. Conexión lógica y/o física de una computadora, que permite comunicarse con otros dispositivos externos, como una impresora, o con otras computadoras. Los servicios de Internet, como el e-mail o la Web, utilizan ports lógicos para establecer comunicación con otras computadoras.

**POS (Point Of Sale):** Punto de Venta.

**POST (Power On Self Test):** Prueba que realiza la BIOS del ordenador a los dispositivos que integran un sistema. Dicha prueba se efectúa en el momento en que el sistema arranca.

**Protocolo:** Dícese del estándar utilizado para transmitir datos, especialmente en el caso de redes de ordenadores.

**PSK (Phase Shift Keying):** Modulación por fase.

**QAM (Quadrature Amplitude Modulation):** Modulación de Amplitud en Cuadratura.

**QoS:** Factor de calidad de la señal transmitida.

**QPSK (Quadrature Phase Shift Keying):** Cuadratura por desplazamiento de fase.

**Rack:** Gabinete que forma parte del inmueble de una estación terrena, en donde se colocan los dispositivos electrónicos y de comunicación.

**RCST (Return Channel Satellite Terminal):** Conjunto de terminales VSAT

**RF:** Radio Frecuencia.

**RJ11:** Conector de 4 o 6 terminales para cable de par trenzado.



**RJ45:** Conector de 8 terminales para cable de para trenzado.

**RNCC:** Centros de control de redes regionales VSAT.

**Roll off:** Factor de ensanchamiento del espectro, cuyo valor típico es 0.14.

**Router:** Ruteador. Dispositivo de conexión y distribución de datos en una red. Es el encargado de guiar a los paquetes de información que viajan por Internet hacia su destino. Ver TCP/IP, LAN.

**RTF (Rich-Text Format):** Formato de Texto Enriquecido.

**RTP:** Protocolo de tiempo real. Protocolo utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una videoconferencia.

**Sala de videoconferencia:** Aula o salón que se encuentra habilitado con el equipo y las conexiones necesarias para la realización de sesiones distantes sincrónicas.

**SAM (Security Account Manager):** Administrador de Seguridad de Cuentas.

**SAP (Service Access Point):** Punto de Acceso al Servicio.

**Satélite de Comunicaciones:** Sistema que orbita en el espacio, cuya finalidad es encargarse de recibir las señales provenientes de estaciones terrenas, para retransmitirlas a otras estaciones terrenas distantes dentro de un área de cobertura.

**SATMEX:** Satélites Mexicanos.

**SCPC (Single Channel Per Carrier):** Canal simple por portadora.

**SDLC (Synchronous Data Link Control):** Control de Enlace de Datos Síncrono.

**SDMA (Space Division Multiple Access):** Técnica de acceso al satélite en la que las estaciones terrenas utilizan polarizaciones, haces o códigos para transmitir simultáneamente en la misma frecuencia.

**Segmento:** Medida de volumen de transmisión de datos compuesta de 64 caracteres, los cuales conforman una línea de datos e información.

**Segmento espacial:** Porción de una red de telecomunicaciones que enlaza las estaciones terrenas con los satélites en un territorio determinado. El segmento espacial lo constituyen los satélites y las instalaciones de telemetría, seguimiento y control, monitoreo y demás equipos afines a la explotación de las comunicaciones vía satélite. Cada segmento corresponde a un satélite en particular.

**Segmento terrestre:** Parte de un sistema de telecomunicaciones por satélite, constituida por las estaciones terrenas que transmiten y reciben, de los satélites, señales de tráfico. Constituye la interfase con las redes terrestres.

**Seguimiento, telemedida, telecontrol y supervisión en sistemas satelitales:** Conjunto de operaciones realizadas desde las estaciones, con la finalidad de medir los datos de seguimiento angular y los datos de distancia, recibir datos de medida procedentes del satélite y transmitir órdenes al satélite. También, puede acumular y formatear datos

seleccionados de telemetría del vehículo espacial y datos del ángulo de seguimiento de la estación terrena, datos a distancia, intensidad de la señal de radiofaro e identificación y frecuencia del radiofaro para la transmisión al SCC (Centro de Control de Satélite). En inglés este conjunto de operaciones es conocido bajo el nombre de TTC.

**Señal:** Por sentido general, ha de entenderse que dentro del campo de las telecomunicaciones; representa el conjunto de ondas propagadas a lo largo de un canal de transmisión, que sirven para actuar sobre un dispositivo receptor. También se define como, fenómeno físico cuyas variaciones en el tiempo representan información.

**Señalización:** Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y a la gestión en una red de telecomunicaciones. Instalación y uso de señales en las vías de comunicación terrestre, marítima y aérea.

**Servicio en línea:** Servicio que se ofrece a través de redes de cómputo, para proporcionar información, principalmente, por Internet.

**Servidor electrónico:** Computadora que proporciona servicios a sus usuarios (correo electrónico, transferencia de archivos, telnet, www, etc.). También se le llama así al software de la computadora del usuario que solicita servicios al Servidor.

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

**Sintonizador:** Dispositivo electrónico que permite seleccionar una porción o una señal, en espacial dentro de una banda de señales.

**Sistema de conmutación:** Conjunto de dispositivos de conmutación y control que permite conectar estación de una red de comunicaciones, con otra estación cuando se desee.

**Sistema de control:** Sistema que incluye un dispositivo sensor de señales, un amplificador y un elemento regulador que tienden a mantener ciertas condiciones en un proceso u operación de una máquina.

**Slot:** O ranura de expansión; cada uno de los conectores donde se enchufan ("pinchan") las tarjetas de expansión. De forma alargada y longitud variable, según la tecnología a la que pertenezcan: ISA, EISA, VESA, PCI, AGP...

**Software:** Los programas de ordenador, la lógica que permite realizar tareas al hardware (la parte física).

**SOHO (Small Office Home Office):** Pequeña oficina y oficina en casa que hacen referencia al nicho de Mercado de la empresas pequeñas.

**SQD (Signal Quality Detect):** Detector de Calidad de Señal.

**SSMA (Spread Spectrum Multiple Access):** Amplificador de microondas que consiste en varias etapas de amplificación en cascada, cada una con una ganancia aproximada de 10 dB.

**Streaming:** Transferencia Continua. Sistema de envío continuo de información que permite ver un video de manera simultánea a su descarga.

**TB (Tera Byte):** Terabyte. Trillón de bytes.

**TCP (Transmission Control Protocol):** Protocolo de control de transmisiones.

**TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol, Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo Internet):** Conjunto de casi 100 programas de comunicación, usados para organizar las computadoras de una red. Norma de comunicación en Internet, compuesto por dos partes; el TCP y el IP.

**TDM (Time Division Multiplex):** Multiplexaje por división de tiempo.

**TDMA (Time Division Multiple Access):** Acceso Múltiple por División de Tiempo. Tecnología que permite llevar servicios inalámbricos digitales, utilizando y manteniendo diversos flujos de información de manera independiente, a través de un mismo canal de comunicación.

**Teleaula:** Salón con equipo de cómputo, especialmente diseñado para realizar sesiones de clases a distancia, empleando servicios telemáticos, como foros de discusión, audioconferencia, videoconferencia, chat, etc..

**TELECOMM:** Telecomunicaciones de México.

**Telecomunicaciones:** Cualquier proceso de comunicación que permite la transmisión de información a distancia por medio de ondas electromagnéticas, utilizando para ello dispositivos electrónicos.

**Teleconferencia:** Enlace con una meta común entre personas separadas geográficamente, a través del teléfono, canales de micro ondas, redes de cómputo o satélites.

**Teleeducación:** Técnica que hace uso de un sistema de micrófonos y bocinas, donde un experto hace la exposición de temáticas a alumnos distantes. También se le llama así a la conferencia transmitida por televisión en canal abierto, canal especializado (señal codificada o restringida) o en circuito cerrado.

**Teleenseñanza:** Proceso de formación que emplea tecnologías de comunicación como soporte y que, por lo general, se apoya en un sistema de aplicaciones multimedia. La principal característica de esta modalidad de enseñanza es que el estudiante y el instructor, se encuentran en distintos ámbitos geográficos. Además, es un sistema de aprendizaje relativamente flexible, que permite al receptor decidir el momento en que se realice el proceso de enseñanza-aprendizaje y pese a la distancia, es una forma interactiva que permite el intercambio de información entre profesores y estudiantes. Este concepto es utilizado en muchas ocasiones como sinónimo de "Teleeducación".

**Teleformación:** Forma de estudio en la que una persona puede aprender alguna profesión, sin importar la distancia geográfica. La teleformación ocurre cuando realmente se desarrolla un proceso de enseñanza y aprendizaje con la participación de estudiantes y profesores y con el desarrollo de una planificación educativa, mediante programas de estudio, guías, materiales didácticos, evaluaciones, objetivos y experiencias de aprendizaje, entre otros.

**Telemetría:** Sistema de monitorización a distancia, que con ayuda de un software especial, para la interpretación de señales vía radio, permite conocer la información exacta sobre cierto evento que sucede en el lugar donde se genera la señal.

**Temperatura de ruido:** Medida del ruido térmico generado por los dispositivos activos y pasivos del receptor de un sistema de comunicaciones. Se define como la temperatura absoluta de una fuente resistiva que produce la misma potencia de ruido. Se mide en grados Kelvin.

**TIC:** Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.

**Time out:** Situación dada en la que un usuario es desconectado de la red, tras haber transcurrido un tiempo por defecto predeterminado.

**Token ring:** Red en anillo. Una red en anillo es un tipo de LAN con nodos cableados en anillo. Cada nodo pasa constantemente un mensaje de control token (prenda, señal) al siguiente, de tal forma que cualquier nodo que tenga un token puede enviar un mensaje.

**Transponder:** Dispositivo encargado del procesamiento de las señales de un satélite de comunicaciones. Su función consiste en recibir las señales de microondas, provenientes de las estaciones terrenas, y de llevar a cabo todos los procesos de traslación de frecuencia y amplificación, para retransmitir posteriormente. Un satélite cuenta con varios transpondedores asociados a distintos anchos de banda.

**TSS (Telecommunications Standards Sector):** Sector de Estándares de Telecomunicaciones.

**TWT (Travelling Wave Tube):** Tubo de vacío especializado usado en comunicaciones inalámbricas, especialmente en sistemas basados en satélites.

**Ultamamilla:** Conexión final de la central hasta el domicilio del usuario central.

**Up converter:** Dispositivo que forma parte de la unidad externa de una estación terrena, y que se encarga de hacer el cambio de frecuencia, de IF a RF, de las señales transmitidas.

**Uplink:** Enlace de transmisiones de una estación terrena hacia el satélite correspondiente.

**URL (Uniform Resource Locator):** Localizador unificado de recursos.

**USB:** Bus serial universal. La característica principal de este bus reside en que los periféricos pueden conectarse y desconectarse con el equipo en marcha, configurándose de forma automática.

**UTP (Unshielded Twisted Pair):** Par trenzado sin apantallar o dicho de otra forma, par trenzado sin blindar.

**VIASAT:** Empresa Norteamericana desarrolladora de tecnología satelital; la cual distribuye sus productos y dispositivos electrónicos para que formen parte de sistemas de enlace satelital.

**Videoconferencia:** Reunión a distancia entre dos o más personas que pueden verse y escucharse entre sí a través de la red, mediante aplicaciones específicas. En Internet, la primera fue CU-SeeMe.

**VOIP:** Voz sobre Protocolo Internet. Conjunto de aplicaciones que permiten la transmisión de voz en vivo a través de Internet utilizando los protocolos TCP/IP. Este tipo de aplicaciones, todavía en una primera etapa de explotación comercial, supondrá un enorme ahorro para los usuarios en llamadas de larga distancia.

**VSAT (Very Small Aperture Terminal):** Una estación terrena con una antena parabólica pequeña, de entre 0.9 y 1.8 m.

**VT (Video Terminal):** Terminal de Vídeo.

**VT (Virtual Terminal):** Terminal Virtual.

**WAN (World Area Network):** Red de Área Amplia. Red de ordenadores conectados entre sí en un área geográfica relativamente extensa. Este tipo de redes suelen ser públicas, es decir, compartidas por muchos usuarios.

**Workstation:** Estación de trabajo o computadora de un usuario, similar al concepto de Cliente. También se llama así a pequeños servidores con gran capacidad gráfica, como los de Silicon Graphics.

**WWW (World Wide Web):** Entorno de edición de documentos hipertexto creado por el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), de utilización generalizada en la actualidad y de fácil acceso mediante los programas navegadores.

**XDSL:** Líneas de Suscripción Digital. Tecnología de transmisión que permite que los hilos telefónicos de cobre convencionales transporten hasta 16 Mbps (megabits por segundo) mediante técnicas de compresión. Hay diversas modalidades de esta tecnología, tales como ADSL, HDSL y RADSL, siendo la ADSL la más utilizada actualmente.

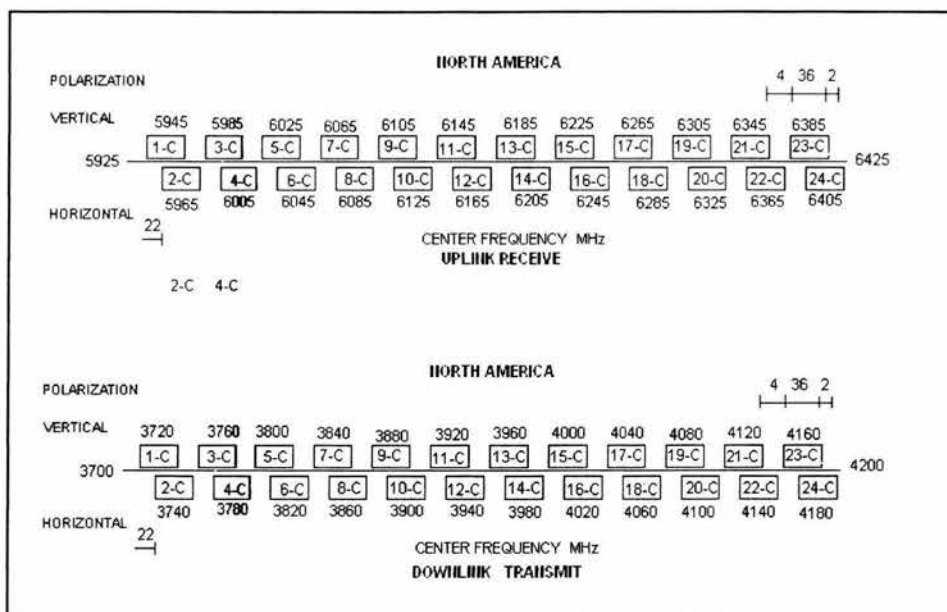
**X25:** Protocolo estandarizado bajo normas internacionales de comunicación, definidas como packet switching. Es un protocolo utilizado ampliamente en redes públicas de comunicaciones.

**Zenit:** Punto del cielo al que le corresponde, verticalmente, otro punto en la Tierra.

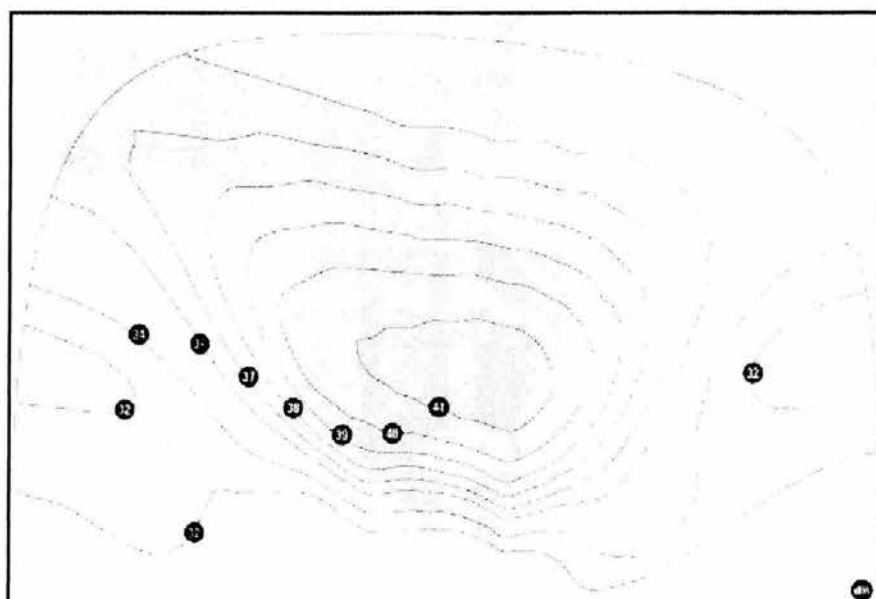
**10 Base T:** Tecnología para redes locales (Ethernet) que emplea cable UTP para transmisores en banda base, a una velocidad máxima de 10 Mbps y con una longitud de hasta 100 m de cable (sin repetidores). Debido a su bajo costo y fácil instalación, este tipo de cableado es muy utilizado.

*Anexo**Huellas y planes de frecuencia  
del satélite Galaxy 3C*

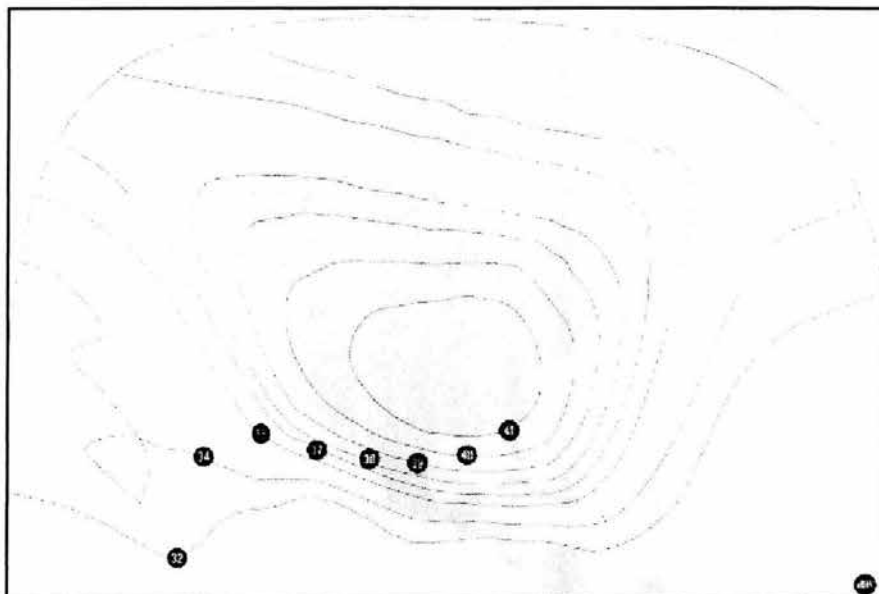
---



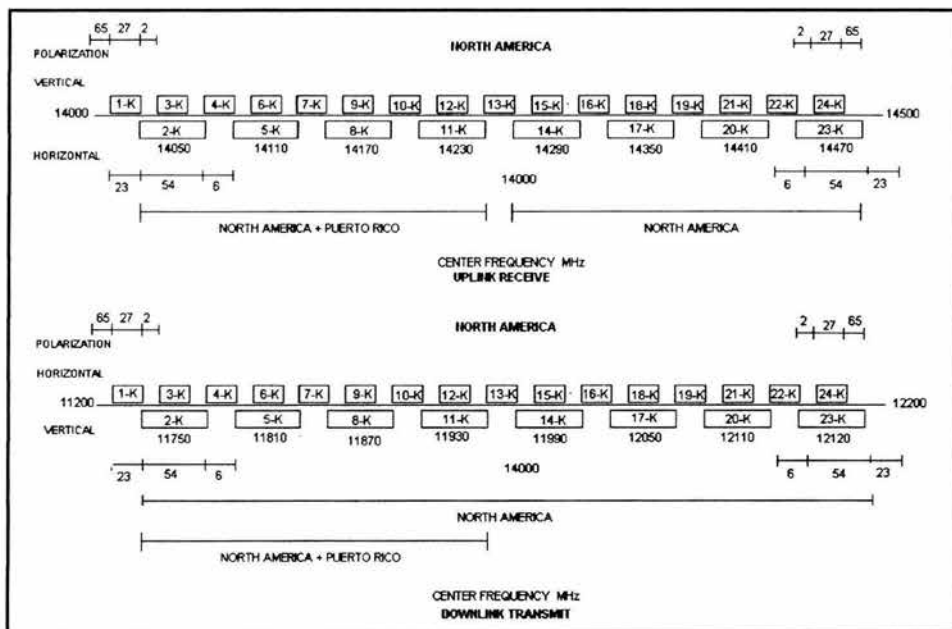
Plan de frecuencias en Banda C



Polarización horizontal en Banda C

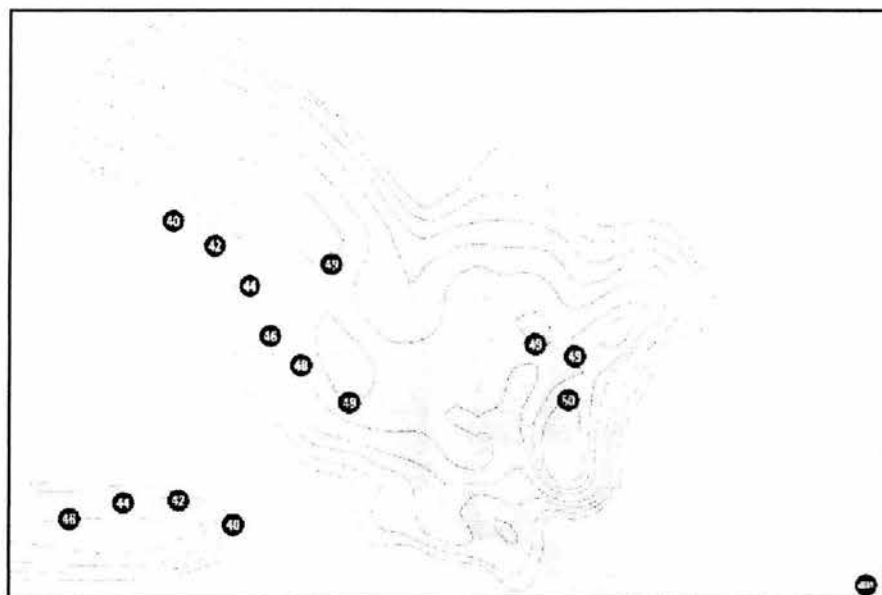


Polarización vertical en Banda C

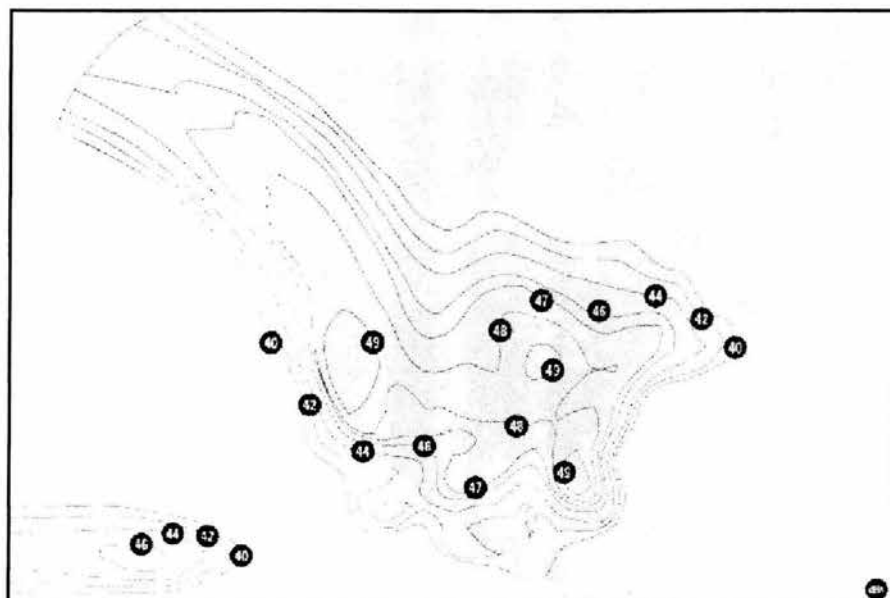


Plan de frecuencias en Banda Ku

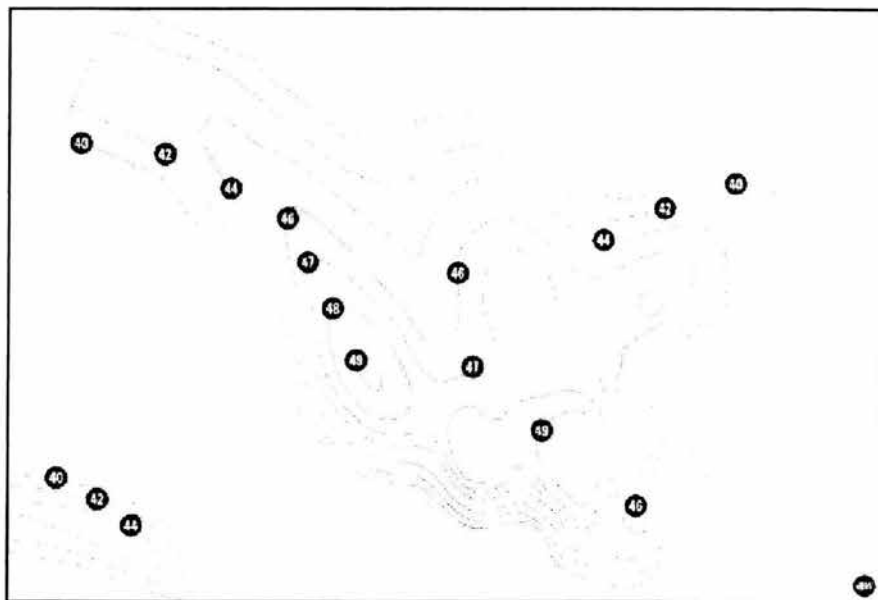




Polarización horizontal en Banda Ku



Polarización vertical en Banda Ku



Cobertura para Norte América y Puerto Rico en Banda Ku

*Anexo*

*Normatividad*

---

Todos los sistemas de comunicación, alámbricos e inalámbricos, están regidos por normas de telecomunicaciones propuestas por diferentes organismos mundiales<sup>61</sup>; a través de las cuales, se coordinan sus operaciones técnicas con la finalidad de asegurar que los materiales, productos, procesos o servicios, sean adecuados para los fines a que se destinan.

Al estandarizar los procesos y equipos empleados, los sistemas de comunicación de un mismo medio, pueden operar de manera más eficiente y confiable.

El otorgamiento de licencias para las redes VSAT, está normado por el "Plan de Acción" establecido en la tercera Cumbre de las Américas realizada en Québec, Canadá, en abril de 2001.

Para difundir apropiadamente la información contenida en este Plan de acción, la CITEL trabaja en la elaboración de un sitio Web, que contendrá los requisitos y formularios de solicitud, de cada país, para obtener licencias que habilite a los proveedores a proporcionar servicios de telecomunicaciones vía satélite.

Por otra parte, el Sistema Nacional e-México debe cumplir satisfactoriamente lo estipulado en el Suplemento No. 3 del Manual sobre Telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo por satélite), elaborado en la ciudad de Ginebra en 1988; ya que éste, es un sistema que hace uso de la tecnología VSAT.

Dicho manual, elaborado por el organismo UIT sector UIT-R<sup>62</sup>, enuncia que el término VSAT responde a un concepto ampliamente reconocido, con el que se designan las estaciones terrenas del satélite muy pequeñas y económicas, que están conectadas directamente a los usuarios.

Además, el Manual sobre Telecomunicaciones por satélite, abarca aspectos de los sistemas y estaciones terrenas VSAT tales como: técnicas básicas, arquitecturas de red, ingeniería de estaciones terrenas, estado actual de aplicaciones, actualización e información general de normas y desarrollos futuros.

Este volumen, tiene como fin servir a la comunidad y a los posibles usuarios, operadores y diseñadores del sistema, en la planificación y diseño del mismo. Tiene un costo de 50 francos suizos y debe ser solicitado bajo el siguiente formato:

---

61 Algunos de los cuales son:

UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)  
IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y en Electrónica)  
ISO (Organización Internacional para la Normalización)  
IEC (Comisión Electrónica Internacional)  
CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrónica)  
CEN (Comité Europeo de Normalización)  
EBU (Unión Europea de Radiodifusión)  
CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones)

62 UIT-R, es el sector de Radiocomunicaciones de la UIT; mientras que el sector UIT-T, es el de normalización de las Telecomunicaciones.



La base normativa que sustenta la posibilidad de contar con conectividad digital para la instalación, operación y desarrollo de los CCDs del Sistema, particularmente en aquellas localidades que no la tienen, es apoyada por el artículo 50 de la actual Ley Federal de Telecomunicaciones<sup>63</sup> que señala, entre otras cuestiones, que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes procurará la adecuada provisión de servicios de telecomunicaciones en todo el territorio nacional; con el propósito de que exista acceso a las redes públicas de telecomunicaciones para la atención de servicios públicos y sociales, de las unidades de producción y de la población en general.

Esta ley regula cuatro áreas principales:

ÁREA	ESPECIFICACIONES
Comunicaciones Satelitales	Los servicios satelitales anteriormente estaban reservados exclusivamente al Estado; pero ahora, con la nueva ley, se abren a la participación de la inversión privada. Las concesiones para ocupar y explotar posiciones orbitales geoestacionarias, órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias y derechos de emisión y recepción de señales, se otorgarán mediante la licitación pública.
Concesiones para el espacio radioeléctrico	Para atender las diferentes necesidades de la comunicación inalámbrica, la Ley ha considerado la clasificación del espectro en varias modalidades: Uso libre para aquellas aplicaciones que no requieren de concesión, Uso determinado para los diferentes servicios públicos y privados que requieren de concesión, Uso oficial para el uso exclusivo de la administración pública federal, gobiernos estatales y municipales, Usos experimentales, definidos como las bandas de frecuencia que se concesionan en forma directa e intransferible para comprobar la viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo; tanto en el país como en el extranjero; para fines científicos o para pruebas temporales de equipo y, por último, Espectro reservado, con bandas de frecuencias no asignadas ni concesionadas, que pueden ser utilizadas para futuras aplicaciones.
Redes Públicas de Telecomunicaciones	La ley elimina las barreras de entrada a la instalación de redes públicas de telecomunicaciones, cableadas en todo el territorio nacional. Para obtener una concesión se requiere exclusivamente, presentar los programas y compromisos de inversión, de cobertura y de calidad para cada uno del servicio que pretende prestar; así como, un plan de negocios y la acreditación de su capacidad jurídica, técnica, financiera y administrativa.
Disposiciones para una competencia efectiva	La Ley incluye una serie de disposiciones que promueven una sana competencia para que ésta, se traduzca en beneficios tangibles para el público usuario.

<sup>63</sup> Ley aprobada por el Congreso de la Unión el 18 de Mayo de 1995; la cual permite la participación de todos los sectores de las telecomunicaciones a la competencia; haciendo transparentes y no discriminatorios los procesos para otorgar concesiones.

El Sistema Nacional e-México, también es regido por los artículos, de la Ley Federal de Telecomunicaciones, citados a continuación:

**Artículo 1.** La presente Ley Federal de Telecomunicaciones es de orden público y tiene por objeto regular el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, de las redes de telecomunicaciones y de la comunicación vía satélite.

**Artículo 2.** Corresponde al Estado, la rectoría en materia de telecomunicaciones, a cuyo efecto protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación. En todo momento el Estado mantendrá el dominio sobre el espectro radioeléctrico y las posiciones orbitales asignadas al país.

**Artículo 3.** Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:

I. Banda de frecuencias: Porción del espectro radioeléctrico que contiene un conjunto de frecuencias determinadas.

II. Espectro radioeléctrico: El espacio que permite la propagación, sin guía artificial, de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3,000 Gigahertz.

III. Estación terrena: La antena y el equipo asociado a ésta, se utilizan para recibir o transmitir señales de comunicación vía satélite.

IV. Frecuencia: Número de ciclos, por segundo, efectuados por una onda del espectro radioeléctrico.

V. Homologación: Acto por el cual, la Secretaría reconoce oficialmente que las especificaciones de un producto destinado a telecomunicaciones, satisfacen las normas y requisitos establecidos; por lo que puede ser conectado a una red pública de telecomunicaciones o hacer uso del espectro radioeléctrico.

VI. Órbita satelital: Trayectoria que recorre un satélite al girar alrededor de la tierra.

VII. Posiciones orbitales geoestacionarias: Ubicaciones, en una órbita circular sobre el Ecuador, que permiten que un satélite gire a la misma velocidad de rotación de la Tierra; logrando que el satélite mantenga, en forma permanente, la misma latitud y longitud.

VIII. Red de telecomunicaciones: Sistema integrado por medios de transmisión, tales como canales o circuitos que utilicen bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, enlaces satelitales, cableados, redes de transmisión eléctrica o cualquier otro medio de transmisión, así como, en su caso, centrales, dispositivos de conmutación o cualquier equipo necesario.

IX. Red privada de telecomunicaciones: Es la red de telecomunicaciones destinada a satisfacer necesidades específicas de servicios de telecomunicaciones, a determinadas personas, que no impliquen explotación comercial de servicios o explotación a la capacidad de dicha red.

X. Red pública de telecomunicaciones: Red de telecomunicaciones a través de la cual se explotan, comercialmente, servicios de telecomunicaciones. La red no comprende los

equipos terminales de telecomunicaciones dirigidos a los usuarios, ni las redes de telecomunicaciones que se encuentran más allá del punto de conexión terminal.

XI. Secretaría: Se refiere a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

XII. Servicios de valor agregado: Son aquellos que emplean una red pública de telecomunicaciones y que tienen efecto en el formato, contenido, código, protocolo, almacenaje o aspectos similares de la información transmitida por algún usuario; además de comercializar información adicional, diferente, reestructurada o información que implique interacción del usuario con la información almacenada.

XIII. Sistema de comunicación vía satélite: Sistema que permite el envío de señales de microondas a través de una estación transmisora a un satélite que las recibe, amplifica y envía de regreso a la Tierra para ser captadas por la estación receptora.

XIV. Telecomunicaciones: Término asociado a toda emisión, transmisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza, que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

**Artículo 11.** Se requiere concesión de la Secretaría para:

I. Usar, aprovechar o explotar una banda de frecuencias en el territorio nacional; salvo el espectro de uso libre y el de uso oficial.

II. Instalar, operar o explotar redes públicas de telecomunicaciones.

III. Ocupar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, para explotar sus respectivas bandas de frecuencia.

IV. Explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional.

**Artículo 12.** Las concesiones a las que se refiere esta Ley, sólo se otorgarán a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana.

La participación de la inversión extranjera, bajo ningún motivo, podrá exceder del 49 por ciento; excepto si trata del servicio de telefonía celular. En este caso, se requerirá resolución favorable de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, para que la inversión extranjera participe en un porcentaje mayor.

**Artículo 29.** Las concesiones para ocupar y explotar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencia, derechos de emisión y recepción de señales, se otorgarán mediante el procedimiento de licitación pública, a cuyo efecto el Gobierno Federal podrá requerir una contraprestación económica por el otorgamiento de dichas concesiones.



Tratándose de dependencias y entidades de la administración pública federal, la Secretaría otorgará, mediante asignación directa, dichas posiciones orbitales geostacionarias y órbitas satelitales.

**Artículo 30.** La Secretaría podrá otorgar concesiones sobre los derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencia asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, siempre y cuando se tengan firmados tratados en la materia con el país de origen de la señal y dichos tratados contemplen reciprocidad para los satélites mexicanos. Estas concesiones, sólo se otorgarán a personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas.

Asimismo, en territorio mexicano podrán operar los satélites internacionales establecidos al amparo de tratados internacionales multilaterales en los que participe el país.

**Artículo 41.** Los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, deberán adoptar diseños de arquitectura abierta de red para permitir la interconexión e interoperabilidad de sus redes. A tal efecto, la Secretaría elaborará y administrará los planes técnicos fundamentales de numeración, conmutación, señalización, transmisión, tarifación y sincronización, entre otros, a los que deberán sujetarse los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones. Dichos planes deberán considerar tanto los intereses de los usuarios, como de los concesionarios y tendrán los siguientes objetivos:

- I. Permitir un amplio desarrollo de nuevos concesionarios y servicios de telecomunicaciones.
- II. Dar un trato no discriminatorio a los concesionarios.
- III. Fomentar una sana competencia entre concesionarios.

**Artículo 44.** Los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones deberán:

- I. Permitir a concesionarios y permisionarios, comercializar los servicios y la capacidad del segmento espacial, adquiridas a través de sus redes públicas de telecomunicaciones.
- II. Abstenerse de interrumpir, sin la previa autorización de la Secretaría, el tráfico de señales de telecomunicaciones entre concesionarios interconectados.
- III. Abstenerse de realizar modificaciones que afecten el funcionamiento de los equipos de los usuarios o de las redes con las que esté interconectada, sin contar con la anuencia de las partes afectadas y sin aprobación previa de la Secretaría.
- IV. Llevar contabilidad separada por servicios y/o atribuirse, a sí mismo y a sus subsidiarias, filiales, tarifas desagregadas y no discriminatorias por los diferentes servicios de interconexión.
- V. Permitir la portabilidad de números cuando, a juicio de la Secretaría, esto sea técnica y económicamente factible.
- VI. Proporcionar de acuerdo a lo que establezcan los títulos de concesión respectivos, los servicios al público de manera no discriminatoria.

VII. Prestar los servicios sobre las bases tarifarias y de calidad contratadas con los usuarios.

VIII. Permitir la conexión de equipos terminales, cableados internos y redes privadas de los usuarios, que cumplan con las normas establecidas.

IX. Abstenerse de establecer barreras contractuales técnicas o barreras de cualquier naturaleza, a la conexión de cableados ubicados dentro del domicilio de un usuario con otros concesionarios de redes públicas.

X. Actuar sobre bases no discriminatorias al proporcionar información de carácter comercial, respecto de sus suscriptores, a filiales, subsidiarias o terceros.

**Artículo 48.** La Secretaría establecerá las medidas conducentes para que los usuarios de todas las redes públicas de telecomunicaciones puedan obtener acceso bajo condiciones equitativas, a servicios de información, de directorio, de emergencia, de cobro revertido y vía operadora, entre otros.

**Artículo 49.** La información que se transmita a través de las redes y servicios de telecomunicaciones será confidencial, salvo aquella que, por su propia naturaleza, sea pública, o cuando medie orden de autoridad competente.

**Artículo 50.** La Secretaría procurará la adecuada provisión de servicios de telecomunicaciones en todo el territorio nacional, con el propósito de que exista acceso a las redes públicas de telecomunicaciones para la atención de servicios públicos y sociales, de las unidades de producción y de la población en general.

Tomando en cuenta las propuestas de los gobiernos de las entidades federativas, de los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones y otras partes interesadas, la Secretaría elaborará los programas de cobertura social y rural correspondientes, los cuales podrán ser ejecutados por cualquier concesionario.

La Secretaría asegurará la disponibilidad de bandas de frecuencia en los casos en que un proyecto de cobertura social así lo requiera, a cuyo efecto podrá negociar con los concesionarios la utilización de las bandas de frecuencia que no estén aprovechando o bien, otorgar nuevas bandas de frecuencia.

**Artículo 51.** En caso de que alguna localidad determinada carezca de un permisionario que proporcione servicios de telecomunicaciones, otro concesionario que promueva servicios similares o el concesionario de redes públicas de telecomunicaciones que dé servicio en dicha localidad (de conformidad con las condiciones que establezca su respectiva concesión), no podrá interrumpir la prestación de dicho servicio, salvo causa de fuerza mayor o bajo la autorización expresa de la Secretaría.

**Artículo 55.** La Secretaría asegurará, en coordinación con las dependencias involucradas, la disponibilidad de capacidad satelital suficiente y adecuada para redes de seguridad nacional y para prestar servicios de carácter social.

**Artículo 57.** Los concesionarios que ocupen posiciones orbitales geoestacionarias asignadas al país, deberán establecer los centros de control y operación de los satélites en territorio nacional. Los centros de control de satélites serán operados preferentemente por mexicanos.

**Artículo 58.** Los concesionarios de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, podrán explotar servicios de comunicación vía satélite en otros países, de acuerdo a la legislación que rija en ellos y a los tratados suscritos por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

**Artículo 59.** Los concesionarios que distribuyan señales en el país, deberán respetar los derechos de propiedad intelectual de los programas que transmitan.

**Artículo 67.** La Secretaría verificará el cumplimiento de esta Ley, sus reglamentos y demás disposiciones aplicables. Para tal efecto, los concesionarios y permisionarios estarán obligados a permitir el acceso a sus instalaciones, a los verificadores de la Secretaría, así como a otorgarles todas las facilidades para que realicen la verificación en términos de la presente Ley.

Los concesionarios y permisionarios que sean sujetos de verificación, cubrirán las cuotas que por este concepto se originen.

**Artículo 68.** Los concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones, deberán proporcionar información contable por servicio, región, función y componentes de sus redes, de acuerdo a la metodología y periodicidad, que para tal efecto establezca la Secretaría; así como aquella que permita conocer la operación y explotación de los servicios de telecomunicaciones.

La Secretaría vigilará que los concesionarios y permisionarios proporcionen al público información completa y veraz sobre los servicios de telecomunicaciones que presten.

**Artículo 69.** Las certificaciones de las unidades de verificación establecidas por terceros, tendrán validez cuando dichas unidades hayan sido previamente autorizadas por la Secretaría, en términos de lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**Artículo 70.** La Secretaría, establecerá los mecanismos necesarios para llevar a cabo la comprobación de las emisiones radioeléctricas, la identificación de interferencias perjudiciales y demás perturbaciones a los sistemas y servicios de telecomunicaciones; con el objeto de asegurar el mejor funcionamiento de los servicios y la utilización eficiente del espectro.

Para quien este más interesado en conocer a detalle, las normas y artículos a cumplir; se recomienda consultar el Reglamento de Comunicación Vía Satélite, aprobado el 1 de agosto de 1997 por el entonces Presidente de la República, el Ing. Ernesto Zedillo Ponce de León.

*Anexo*

*Protocolo Digital Video Broadcast*

---

Digital Video Broadcast es una organización europea que ha desarrollado normas, especificaciones y estándares, para la transmisión de señales digitales vía satélite y por cable.

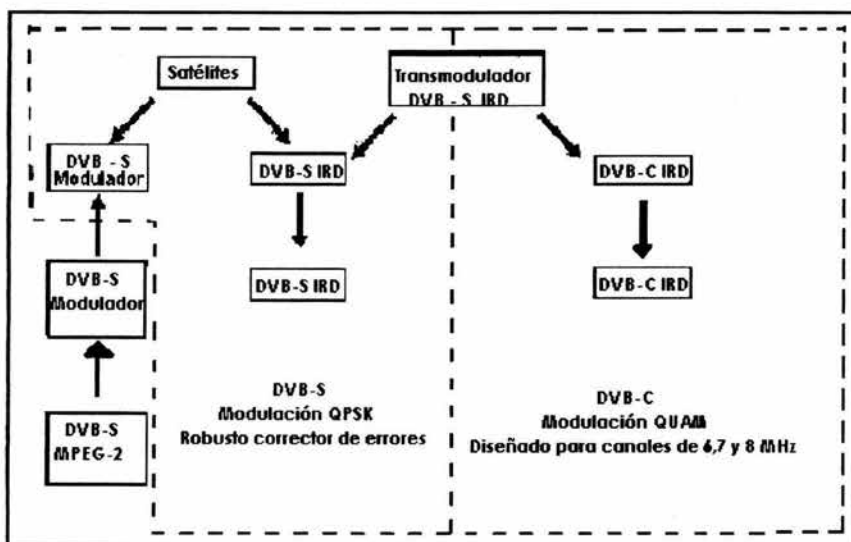
La tecnología DVB digitaliza, comprime, empaqueta, encripta y multiplexa la señal. También envía correcciones de error y modula señales en formatos NTSC y PAL, para transmisiones vía satélite; además cuenta con un sistema de audio digital Dolby estéreo.

Todos los productos DVB cumplen una serie de características, de manera que sus estándares, han de ser el resultado de un programa de formación integral para el conocimiento, instalación, uso y mantenimiento de la Red Edusat.

Los formatos DVB, suelen dividirse en dos tipos:

- **Abiertos:** los estándares DVB, una vez publicados, están disponibles para cualquier persona en todo el mundo, independientemente del lugar en el que se hayan desarrollado.
- **Interoperabilidad:** cualquier sistema DVB ha de ser compatible con otro sistema DVB. La interoperabilidad permite a los fabricantes conseguir una economía de escala. Esto implica, la posibilidad de utilizar un conjunto de elementos comunes para todos los sistemas de difusión.

Además los datos en este formato, tienen la posibilidad de ser trasladados de un medio a otro de forma sencilla. Por ejemplo, las señales DVB se mueven fácilmente del satélite al cable y del cable al sistema terrestre. El siguiente esquema muestra la facilidad con que una señal DVB-S para satélite, puede ser transmodulada en una señal DVB-C para cable.



Transmodulación de una señal

Digital Video Broadcast usa la tecnología de compresión digital de video con los estándares internacionales JPEG y MPEG, ya que se diseñó principalmente para comprimir video con calidad de difusión a 4-6 MHz.

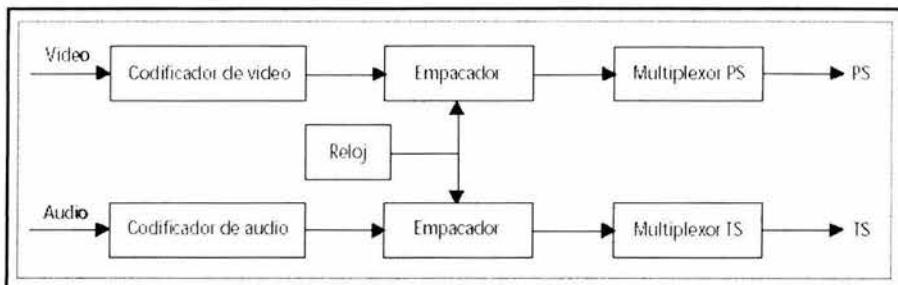


Diagrama de bloques del proceso de compresión

DVB en MPEG-2, usa dos tipos de paquetes, los PS (paquetes de longitud variable, base de tiempo común) y los TS (paquetes de longitud fija, base de tiempo común).

Principales características para DVB:

- 16 canales de televisión por transponder
- Compresión de video con MPEG-2
- Soporta televisión NTSC y PAL
- Servicios de datos (síncronos 115 Kb/seg)
- Audio MPEG Layer I y II o Musicam
- Multiplexamiento estadístico y fijo
- Encriptación
- Codificación FEC
- Modulación QPSK

Las ventajas que presenta este formato son:

- Como sistema de compresión de audio y video, se emplea el estándar MPEG-2.
- Proporciona técnicas de Modulación y métodos de Codificación para corrección de errores en sistemas por satélite, terrestres y por cable.
- Proporciona formatos para la inserción de datos en el canal de transmisión.

*Anexo*

*Tablas*

---

Tabla A. Tráfico en la red.

Tasa de transferencia (bits/seg)	Tasa de transferencia 0.03 (caracteres/transacción)	Tamaño de la portadora por Cluster (Kbps)
56	233.3333333	2.24E+03
100	416.6666667	4.00E+03
144	600	5.76E+03
188	783.3333333	7.52E+03
232	966.6666667	9.28E+03
276	1150	1.10E+04
320	1333.333333	1.28E+04
364	1516.666667	1.46E+04
408	1700	1.63E+04
452	1883.333333	1.81E+04
496	2066.666667	1.98E+04
540	2250	2.16E+04
584	2433.333333	2.34E+04
628	2616.666667	2.51E+04
672	2800	2.69E+04
716	2983.333333	2.86E+04
760	3166.666667	3.04E+04
804	3350	3.22E+04
848	3533.333333	3.39E+04
892	3716.666667	3.57E+04
936	3900	3.74E+04
980	4083.333333	3.92E+04
1024	4266.666667	4.10E+04
1068	4450	4.27E+04
1112	4633.333333	4.45E+04
1156	4816.666667	4.62E+04
1200	5000	4.80E+04
1244	5183.333333	4.98E+04
1288	5366.666667	5.15E+04
1332	5550	5.33E+04
1376	5733.333333	5.50E+04
1420	5916.666667	5.68E+04
1464	6100	5.86E+04
1508	6283.333333	6.03E+04
1552	6466.666667	6.21E+04
1596	6650	6.38E+04
1640	6833.333333	6.56E+04
1684	7016.666667	6.74E+04
1728	7200	6.91E+04
1772	7383.333333	7.09E+04
1816	7566.666667	7.26E+04
1860	7750	7.44E+04



1904	7933.333333	7.62E+04
1948	8116.666667	7.79E+04
1992	8300	7.97E+04
2036	8483.333333	8.14E+04
2080	8666.666667	8.32E+04
2124	8850	8.50E+04
2168	9033.333333	8.67E+04
2212	9216.666667	8.85E+04
2256	9400	9.02E+04
2300	9583.333333	9.20E+04
2344	9766.666667	9.38E+04
2388	9950	9.55E+04
2432	10133.333333	9.73E+04
2476	10316.666667	9.90E+04
2520	10500	1.01E+05
2564	10683.333333	1.03E+05
2608	10866.666667	1.04E+05
2652	11050	1.06E+05
2696	11233.333333	1.08E+05
2740	11416.666667	1.10E+05
2784	11600	1.11E+05
2828	11783.333333	1.13E+05
2872	11966.666667	1.15E+05
2916	12150	1.17E+05
2960	12333.333333	1.18E+05
3004	12516.666667	1.20E+05
3048	12700	1.22E+05
3092	12883.333333	1.24E+05
3136	13066.666667	1.25E+05
3180	13250	1.27E+05
3224	13433.333333	1.29E+05
3268	13616.666667	1.31E+05
3312	13800	1.32E+05
3356	13983.333333	1.34E+05
3400	14166.666667	1.36E+05
3444	14350	1.38E+05
3488	14533.333333	1.40E+05
3532	14716.666667	1.41E+05
3576	14900	1.43E+05
3620	15083.333333	1.45E+05
3664	15266.666667	1.47E+05
3708	15450	1.48E+05
3752	15633.333333	1.50E+05
3796	15816.666667	1.52E+05
3840	16000	1.54E+05
3884	16183.333333	1.55E+05
3928	16366.666667	1.57E+05

3972	16550	1.59E+05
4016	16733.33333	1.61E+05
4060	16916.66667	1.62E+05
4104	17100	1.64E+05
4148	17283.33333	1.66E+05
4192	17466.66667	1.68E+05
4236	17650	1.69E+05
4280	17833.33333	1.71E+05
4324	18016.66667	1.73E+05
4368	18200	1.75E+05
4412	18383.33333	1.76E+05
4456	18566.66667	1.78E+05
4500	18750	1.80E+05
4544	18933.33333	1.82E+05
4588	19116.66667	1.84E+05
4632	19300	1.85E+05
4676	19483.33333	1.87E+05
4720	19666.66667	1.89E+05
4764	19850	1.91E+05
4808	20033.33333	1.92E+05
4852	20216.66667	1.94E+05
4896	20400	1.96E+05
4940	20583.33333	1.98E+05
4984	20766.66667	1.99E+05
5028	20950	2.01E+05
5072	21133.33333	2.03E+05
5116	21316.66667	2.05E+05
5160	21500	2.06E+05
5204	21683.33333	2.08E+05
5248	21866.66667	2.10E+05
5292	22050	2.12E+05
5336	22233.33333	2.13E+05
5380	22416.66667	2.15E+05
5424	22600	2.17E+05
5468	22783.33333	2.19E+05
5512	22966.66667	2.20E+05
5556	23150	2.22E+05
5600	23333.33333	2.24E+05
5644	23516.66667	2.26E+05
5688	23700	2.28E+05
5732	23883.33333	2.29E+05
5776	24066.66667	2.31E+05
5820	24250	2.33E+05
5864	24433.33333	2.35E+05
5908	24616.66667	2.36E+05
5952	24800	2.38E+05
5996	24983.33333	2.40E+05

6040	25166.66667	2.42E+05
6084	25350	2.43E+05
6128	25533.33333	2.45E+05
6172	25716.66667	2.47E+05
6216	25900	2.49E+05
6260	26083.33333	2.50E+05
6304	26266.66667	2.52E+05
6348	26450	2.54E+05
6392	26633.33333	2.56E+05
6436	26816.66667	2.57E+05
6480	27000	2.59E+05
6524	27183.33333	2.61E+05
6568	27366.66667	2.63E+05
6612	27550	2.64E+05
6656	27733.33333	2.66E+05
6700	27916.66667	2.68E+05
6744	28100	2.70E+05
6788	28283.33333	2.72E+05
6832	28466.66667	2.73E+05
6876	28650	2.75E+05
6920	28833.33333	2.77E+05

**Tabla B. Tasas típicas de señales en banda base.**

Señal o aplicación	Tasa de bits (Kb/s)
Transacciones de datos	4.8 a 64
Fax	9.6 a 64
Telefonía (1 canal)	16 a 64
Acceso a Internet	14.4 a 2,048
Teleconferencias (video)	128 a 2,048
Música digital estéreo	256
Transferencias de archivos de datos	64 a 100,000
Banda base multicanal TDM	1,544 o más
TV de alta definición (HDTV)	14,000
TV calidad estudio	8,064
TV deportes	4,608
TV programación regular	3,456
TV pago por evento	1,152

**Tabla C. Parámetros característicos de un amplificador de potencia.**

Fabricante	Modelo	Tipo	Frecuencia (GHz)	BW (MHz)	Ganancia (dB)	Potencia máxima (W)	Costo (Dólares)
RF Amplifiers	HD12506	SSPA	12 – 18	500	25	0.02	980
RF Amplifiers	HD12507	SSPA	12 – 18	500	31	0.03	1,150
RF Amplifiers	HD12508	SSPA	12 – 18	500	37	0.03	1,200
Microwave-amps	AM2	SSPA	9 – 20	500	30 – 40	0.5	1,100
Microwave-amps	AM56	SSPA	1.7 – 14.5	500	40 – 50	1.0	1,450
Microwave-amps	AM46	SSPA	3.5 – 16	500	40 – 50	2.0	2,250
Microwave-amps	AM52	SSPA	7 – 14	500	30 – 40	2.0	2,150
Microwave-amps	AM65	SSPA	9.5 – 15	500	40 – 50	2.0	2,200
VertexRSI	PKM14S020R	SSPA	14 – 14.5	500	50	20	15,000
VertexRSI	PKO14S020R	SSPA	13.75 – 14.5	750	50	20	16,150
Advantech	ARSA-K25	SSPA	14 – 14.5	500	55	25	12,400
Microwave Co.	K1414 25OD	SSPA	14 – 14.5	500	56	25	12,500
Advantech	ARSA-K30	SSPA	14 – 14.5	500	55	30	22,700
VertexRSI	PKM14S040R	SSPA	14 – 14.5	500	56	40	24,000
VertexRSI	PKO14S040R	SSPA	13.75 – 14.5	750	56	40	25,800
VertexRSI	PKM14S050R	SSPA	14 – 14.5	500	56	50	27,400
Advantech	ARSA-K80	SSPA	14 – 14.5	500	60	80	42,800
VertexRSI	PKM14S080R	SSPA	14 – 14.5	500	58	80	45,400
VertexRSI	PKO14S080R	SSPA	13.75 – 14.5	750	58	80	49,000
VertexRSI	PKM14S0100R	SSPA	14 – 14.5	500	58	100	53,300
Advantech	ARSA-K125	SSPA	14 – 14.5	500	60	125	50,200
VertexRSI	PKM14S200R	SSPA	14 – 14.5	500	75	200	109,600
XICOM	xT-50T1	TWT	14 – 14.5	500	51	70	30,000
XICOM	XTRD-200K Ku	TWT	13.75 – 14.5	750	75	125	36,000
VertexRSI	2100 fTRI	TWT	14 – 14.5	500	20	270	60,000
NEC	LD7213L	TWT	13.75 – 14.5	750	75	300	45,000
XICOM	XT-450TLW	TWT	14 – 14.5	500	70	325	46,000
VertexRSI	2100TK	TWT	13.75 – 14.5	750	75	340	47,000
XICOM	XTD-400K	TWT	13.75 – 14.5	750	75	400	50,500
VertexRSI	2100TK	TWT	13.75 – 14.5	750	75	650	64,000
XICOM	XTRD-750K	TWT	13.75 – 14.5	750	75	750	70,000
XICOM	XTK-2000K	Klístrón	14 – 14.5	85	80	2450	69,000
VertexRSI	2100KKU	Klístrón	13.75 – 14.5	80	80	2500	68,000

**Tabla D. Potencia entregada por un amplificador de acuerdo a su tipo.**

Tipo	Potencia de salida (W) en Banda Ku
Estado Sólido (FET GaAs)	20 - 80
TWT	18 - 3 000
Klístrón	2 700 - 3 00

**Tabla E. Temperatura de ruido para un amplificador de acuerdo a su tipo.**

Tipo	Temperatura de ruido (°K) en Banda Ku	
	Sin enfriamiento	Termoeléctrico
Estado Sólido (FET GaAs)	125	125
HEMT	65 -100	50 - 70
Paramétrico	100	90

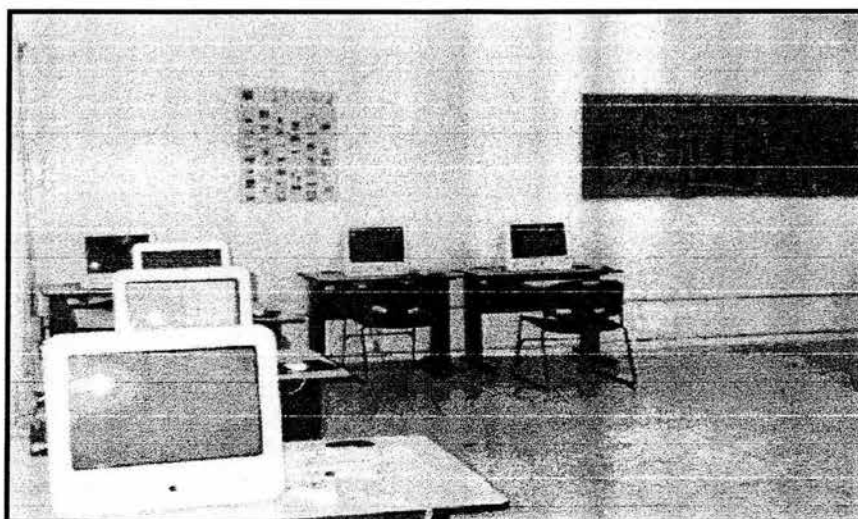
*Anexo*

*Fotografías*

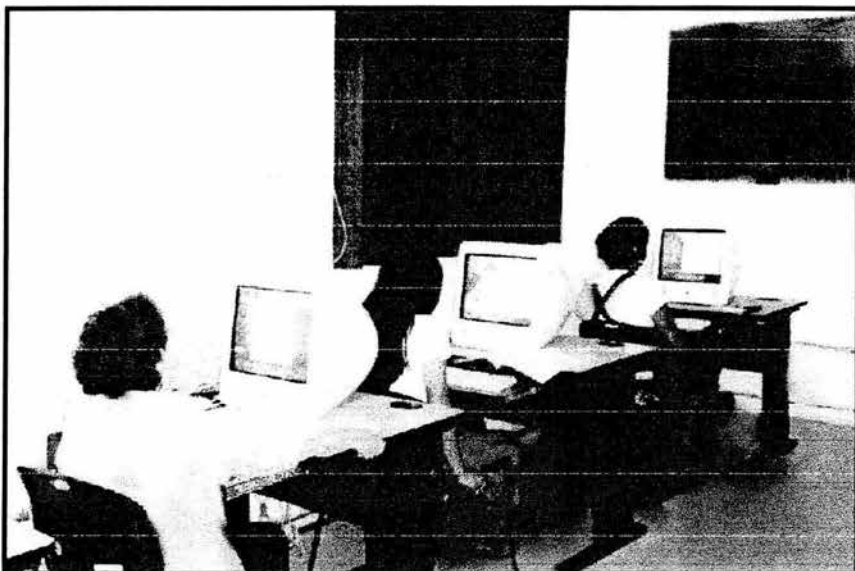
---



Manual técnico del dispositivo LinkStar para aplicaciones en la tecnología VSAT



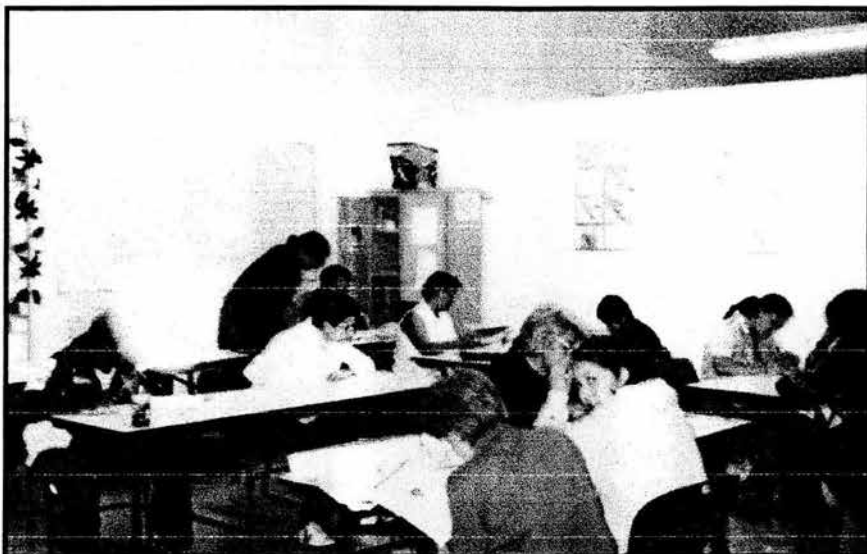
Área de cómputo de un Centro Comunitario Digital



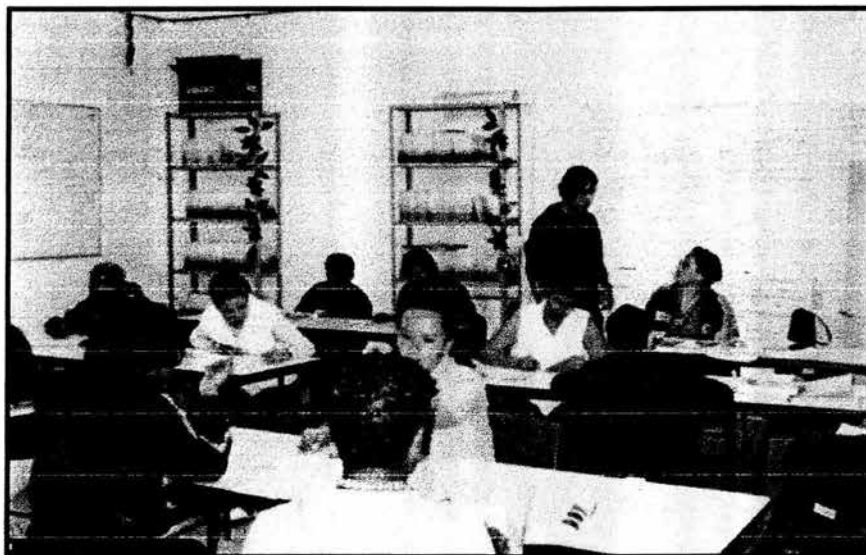
Cursos de programación impartidos dentro de los Centros Comunitarios Digitales



Servicio de Tele-educación en un Centro Comunitario Digital



Área de lectura de un Centro Comunitario Digital



Cursos de educación primaria y secundaria impartidos dentro de los Centros Comunitarios Digitales  
INEA





Cursos de capacitación impartidos dentro de los Centros Comunitarios Digitales de INEA

## *Referencias Bibliográficas*

---

### **Libros**

- Gérard, G. Maral  
"VSAT networks"  
Inglaterra  
Editorial John Wiley & Sons Ltd., 1998
- Maral, G. Bousquet, M.  
"Satellite Communications Systems. Systems, Techniques and Technology"  
West Sussex, Inglaterra  
Editorial Wiley  
Tercera Edición, 1998
- Neri, V., Rodolfo  
"Comunicaciones Por Satélite"  
Distrito Federal, México  
Editorial Thomson  
Primera Edición, 2000
- Paratt, Tomothy. Bastian, Charles. Allnut, Jeremy  
"Satellite Communications"  
Inglaterra  
Editorial John Willey & Sons Ltd., 1999
- Rosado, Carlos  
"Comunicación por Satélite. Principio, tecnologías y sistemas."  
Distrito Federal, México  
Editorial Limusa, Noriega Editores  
Primera Edición, 1999
- Tomasi, Wayne  
"Sistema de comunicaciones electrónicas"  
Distrito Federal, México  
Editorial Prentice Hall, 1996

### **Tesis**

Marisela Antón Morales, Elizabeth Ivich Cruz, Esther Liliana Solano Sánchez  
"Análisis de la factibilidad técnica y económica para poner en órbita un  
satélite mexicano en Banda Ka"  
UNAM  
Abril, 2002

Guillermo García Pérez  
"Análisis de la operación de una red VSAT"  
UNAM  
Noviembre, 2002

### **Manuales de cursos.**

SATMEX  
"Segundo Diplomado Internacional en Telecomunicaciones"  
Palacio de Minería  
Mayo, 2002

### **Manuales técnicos**

Finquelievich, Susana  
"TIC y reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe"  
Programa de Investigaciones para la Sociedad de la Información  
Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, IDRC  
Facultad de Ciencias Sociales  
Buenos Aires, Argentina

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)  
"Anexo 1: Especificaciones técnicas para la contratación de los servicios de  
conectividad satelital"  
Distrito Federal, México  
2002

Asociación Española de Exportadores de Electrónica e Informática (Secartys)  
"Catálogo de Electrónica y Comunicaciones Españolas."  
Barcelona, España  
2003

El Sistema Nacional e-México  
"Un sistema de participación digital hacia la sociedad de la información y el  
conocimiento"  
Versión 1.2  
Septiembre, 2003

Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
"Programa de Desarrollo Informático 2001 -2006"  
V. Aplicaciones de la TIC

## **Sitios Web**

- [http://www.sct.gob.mx/prog\\_sectorial\\_01\\_06/pg\\_capitulo7.html](http://www.sct.gob.mx/prog_sectorial_01_06/pg_capitulo7.html)
- [http://www.e-México.gob.mx/wb2/eMex\\_Firma\\_del\\_Convenio\\_Cadenas](http://www.e-México.gob.mx/wb2/eMex_Firma_del_Convenio_Cadenas)
- [http://www.sct.gob.mx/progrtrab2003/04-P2003\\_PRINCIPALES\\_AVANCES](http://www.sct.gob.mx/progrtrab2003/04-P2003_PRINCIPALES_AVANCES)
- [http://www.itu.int/ITU-D/study\\_groups/SGP\\_1998-2002/SG2/Documents/](http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998-2002/SG2/Documents/)
- <http://www.viasat.com/products/>
- <http://www.UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.htm>
- <http://www.galaxysys.com/spanish/html/sgdetail.htm>
- <http://viasat.com/vsat/>
- [http://www.panamsat.com/languages/esp\\_company.asp](http://www.panamsat.com/languages/esp_company.asp)
- <http://www.videocom.com.br/servicio.html>
- [http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo11\\_99.00/Panamsat/sistema\\_de\\_satelites](http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo11_99.00/Panamsat/sistema_de_satelites)
- <http://www.e-mexico.gob.mx/wb2/eMex/Home>
- <http://www.satcodx7.com/2650/shq/>
- <http://www.lyngsat.com/g3c.shtml>
- [http://www.skyrocket.de/space/index\\_frame.htm](http://www.skyrocket.de/space/index_frame.htm)
- [http://www.skyrocket.de/space/doc\\_sdat/galaxy-3c.htm](http://www.skyrocket.de/space/doc_sdat/galaxy-3c.htm)
- <http://www.highspeedsat.com/linkstar.htm>
- [http://www.computronicsdistribution.com/downloads/kubandvsat\\_viasat\\_pas1rf](http://www.computronicsdistribution.com/downloads/kubandvsat_viasat_pas1rf)
- <http://196.40.31.19/servicios/internet/directo/index.html>
- <http://www.cucei.udg.mx/~cesparza/expo.htm>
- <http://www.transtel.co.za/satellite.shtml>
- <http://www.rares.com.ar/PDF/1610.pdf>
- <http://www.webopedia.com/TERM/V/VSAT.html>
- [http://www.cft.gob.mx/html/9\\_publica/2\\_leyfed/ley01.html](http://www.cft.gob.mx/html/9_publica/2_leyfed/ley01.html)
- <http://www.citel.oas.org/sp/citel%20XXI/Revista%20tres/pag26.pdf>
- [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/nvopdi/indice.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/nvopdi/indice.pdf)