

**AVANZADA DE I+D EN TECNOLOGÍAS SATELITALES -AVANTES-  
Plan de Desarrollo**

**SAMIR MEDINA PERLAZA  
GUSTAVO A. VILLALOBOS CAVIEDES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES,  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2005**

**AVANZADA DE I+D EN TECNOLOGÍAS SATELITALES -AVANTES-  
Plan de Desarrollo**

**SAMIR MEDINA PERLAZA  
GUSTAVO A. VILLALOBOS CAVIEDES**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para Optar al Título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones

**Director:  
PEDRO VERA VERA  
Ingeniero Magíster en Electrónica y Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES,  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2005**

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Director

Popayán, Septiembre 28 de 2005

*Con cariño inmenso a mis padres, Gloria y Jorge Eliécer, quienes con su perseverancia y profundo amor permitieron que hoy día esté escribiendo estas líneas. A mi hermano, César Augusto, ejemplo de honestidad, valor y dedicación.*

**Gustavo**

*A Lore, por su incomparable forma de brindarme apoyo. A Damar y Libardo, por ser el ejemplo en mi formación personal y profesional.*

**Samir**

## AGRADECIMIENTOS

Durante el tiempo que nos tomó el desarrollo de este trabajo de grado, el cual se constituye como el resultado más importante en nuestra idea de promover la actividad científica en tecnologías satelitales en Colombia, hemos conocido y aprendido de muchas personas que influenciaron no solamente esta iniciativa sino también nuestras vidas mismas. Estos agradecimientos, pretenden precisamente reconocer a cada una de estas personas.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestro director, el ingeniero Pedro Vera Vera, quien ha compartido con nosotros su conocimiento y experiencia para contribuir en nuestra formación como profesionales y al mismo tiempo, para que el trabajo pareciera más fácil. No podemos dejar de resaltar que desde el principio, su confianza, amabilidad y paciencia permitieron que nos acopláramos rápidamente como equipo de trabajo y hoy, compartamos una amistad fundamentada en el respeto y la admiración que nos hace sentir afortunados y honrados de haber sido sus estudiantes.

También debemos agradecer a los docentes que al interior de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, aportaron con su conocimiento y experiencia al enriquecimiento de este trabajo. Estas personas son el Ingeniero Carlos Serrano y el Doctor Ingeniero Álvaro Rendón por su orientación en el área de gestión del talento y el conocimiento en el ambiente de grupos de I+D. En este mismo campo, destacamos el gran aporte del Ingeniero Eduardo Rojas, Vicerrector de Investigaciones de la Universidad del Cauca por su asistencia y orientación durante todo el proceso de ejecución de este trabajo de grado.

En el grupo GNTT, las personas que siempre estuvieron pendientes de este desarrollo y aportaron constantemente a través de sus comentarios y sugerencias, gozan también de nuestros agradecimientos, pues fueron estas las razones que nos motivaron a continuar cuando nos acompañaba la desorientación que no es ajena a ningún trabajo de investigación. Estas personas son principalmente el ingeniero Víctor Manuel Quintero, quien como nosotros está convencido que en Colombia es posible realizar investigación y desarrollo de alto impacto con talento y recurso nacional. El ingeniero Oscar Calderón, consejero no solamente en el plano científico, sino también un apoyo constante durante todo el último año de trabajo.

Afortunadamente, los aportes para lograr este resultado no fueron solamente locales, sino que desde diferentes regiones del país, profesionales comprometidos con el progreso científico apoyaron y fortalecieron nuestro empeño por continuar trabajando en telecomunicaciones por satélite. Primeramente, agradecemos al Doctor Ingeniero Joaquín Restrepo de la Universidad Pontificia Bolivariana quien realizó las recomendaciones y contribuciones que hoy garantizan la calidad de este resultado. En la misma institución, a la Doctora Ingeniera Ingrid Páez quien amablemente nos recibió en Medellín para discutir su punto de vista alrededor de la I+D en Colombia. En la Universidad del Norte, agradecemos la amabilidad y disposición de los Ingenieros Gerson Roa y Lacy de Ripoll

quienes aportaron valiosa información y facilitaron un acercamiento entre nuestra Facultad y la que ellos representan. En la Universidad Nacional sede Manizales agradecemos enormemente al Doctor Ingeniero Germán Castellanos por compartir con nosotros su punto de vista alrededor de la concepción y evolución de los programas de ingeniería de telecomunicaciones en Colombia. En la misma institución, agradecemos igualmente al Ingeniero Julio Cesar García por su paciencia en la exposición de la infraestructura y orientación de la actividad de investigación de la facultad a la cual se encuentra asociado. En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, resaltamos la invaluable colaboración y amabilidad de los ingenieros Ignacio Castañeda y Martha Ruth Ospina por compartir desinteresadamente sus proyectos y experiencia científica en el área de sistemas satelitales y por aportar en el establecimiento de un grupo interinstitucional de I+D en tecnologías satelitales. En la Universidad Javeriana de Bogotá, agradecemos al Ingeniero Adolfo Recio por compartir con nosotros la información de las actividades de investigación de esta universidad y realizar importantes recomendaciones para nuestro trabajo. En la Universidad Javeriana de Cali, agradecemos incansablemente al ingeniero Ferney Amaya por su amabilidad y desinterés por compartir su conocimiento con nosotros y aportar en el trabajo conjunto de su Universidad y la nuestra en el área de sistemas SDR. En la Universidad ICESI, resaltamos las contribuciones y recomendaciones recibidas por parte del Doctor Ingeniero Andrés Navarro respecto de las actividades de I+D que se adelantan en el grupo I2T que él dirige.

Por último, pero quizás el más importante agradecimiento es para nuestras familias, quienes a través de la distancia, con cada llamada expresaron su apoyo y nos dieron razones para mantener la fortaleza, el ritmo y la dedicación al trabajo que ellos mismos desde niños nos enseñaron a través de su ejemplo. Si hoy hemos llegado hasta aquí ha sido gracias a Ustedes.

**Los Autores**  
Popayán, septiembre de 2005

## TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1. PROGRAMA DE I+D</b>	<b>18</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN</b>	<b>18</b>
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.1.4 MARCO DE REFERENCIA	20
1.1.5 METODOLOGÍA DE DESARROLLO	23
1.1.6 RESULTADOS ESPERADOS	24
<b>1.2 DOMINIO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>26</b>
1.2.1 REDES SATELITALES BASADAS EN IP	27
1.2.2 TRANSPONDEDORES BASADOS EN DISPOSITIVOS DIGITALES REPROGRAMABLES	30
1.2.3 ESTRATEGIAS DE RECONFIGURACIÓN	30
1.2.4 ENLACES ADAPTATIVOS	31
1.2.5 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS Y REGISTRO DE USUARIOS	33
1.2.6 ADAPTACIÓN DINÁMICA DE LA ZONA DE COBERTURA	33
1.2.7 COMUNICACIONES MÓVILES POR SATÉLITE	34
1.2.8 ANTENAS	35
1.2.9 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA COMUNICACIONES EN ALTAS FRECUENCIAS	37
<b>1.3 EL GRUPO DE TRABAJO</b>	<b>38</b>
1.3.1 EL LÍDER O LÍDERES	39
1.3.2 ASESORES	39
1.3.3 CONSULTORES	39
1.3.4 INVESTIGADOR	40
1.3.5 DESARROLLADORES	40
<b>1.4 LA GESTIÓN DEL PROGRAMA DE I+D</b>	<b>40</b>
1.4.1 TAREAS DE GESTIÓN	41
1.4.2 TAREAS DE EVALUACIÓN	43
1.4.3 TAREAS DE SEGUIMIENTO	43
<b>2 PLAN DE DESARROLLO</b>	<b>47</b>
<b>2.1 LINEA DE I+D EN REDES SATELITALES DE PRÓXIMA GENERACIÓN</b>	<b>47</b>
2.1.1 FASE DE ESTABLECIMIENTO	47
2.1.2 FASE DE DESARROLLO	100



2.1.3	FASE DE IMPLEMENTACIÓN	117
<b>2.2</b>	<b>LINEA DE I+D EN REDES SATELITALES CONTEMPORÁNEAS</b>	<b>122</b>
2.2.1	GENERACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE REDES SATELITALES	122
2.2.2	PROVISIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO EXTREMO A EXTREMO	124
2.2.3	ADAPTACIÓN DINÁMICA DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN	127
2.2.4	IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS	133
2.2.5	ASOCIACIÓN DINÁMICA DE TERMINALES	135
2.2.6	TECNOLOGÍA DE ACCESO MÚLTIPLE	137
<b>2.3</b>	<b>CRONOGRAMA</b>	<b>139</b>
<b>3.</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>141</u></b>
<b>3</b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>144</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
FIGURA 1: CICLO DE DESARROLLO	23
FIGURA 2: DINÁMICA DE UN GRUPO DE I+D	40
FIGURA 3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (DIAGRAMA DE GANTT)	138

## LISTA DE TABLAS

	Pag
TABLA 1: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MAC-01	48
TABLA 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MAC-02	49
TABLA 3: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MAC-03	50
TABLA 4: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MAC-04	52
TABLA 5: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MAC-05	53
TABLA 6: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADA-01	55
TABLA 7: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADA-02	56
TABLA 8: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADA-03	57
TABLA 9: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADA-04	58
TABLA 10: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ASM-01	60
TABLA 11: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DPI-01	61
TABLA 12: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GRT-01	63
TABLA 13: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GRT-02	64
TABLA 14: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GRT-03	65
TABLA 15: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GRT-04	67
TABLA 16: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GRT-05	68
TABLA 17: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO RDU-01	69
TABLA 18: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO MUL-01	71
TABLA 19: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO IPM-01	72
TABLA 20: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PCS-01	74
TABLA 21: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PCS-02	75
TABLA 22: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TCP-01	76
TABLA 23: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EIP-01	78
TABLA 24: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EIP-02	79
TABLA 25: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DPS-01	80
TABLA 26: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO RCH-01	82
TABLA 27: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SAE-01	84
TABLA 28: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SAE-02	85
TABLA 29: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SAE-03	86

TABLA 30: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SAE-04	87
TABLA 31: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-01	89
TABLA 32: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-02	90
TABLA 33: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-03	92
TABLA 34: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-04	93
TABLA 35: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-05	94
TABLA 36: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-06	95
TABLA 37: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-07	96
TABLA 38: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-08	97
TABLA 39: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CDM-09	98
TABLA 40: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-01	100
TABLA 41: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-02	101
TABLA 42: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-03	103
TABLA 43: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-04	104
TABLA 44: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-05	105
TABLA 45: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-06	107
TABLA 46: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-07	108
TABLA 47: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-08	109
TABLA 48: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-09	110
TABLA 49: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SDR-10	111
TABLA 50: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PFL-01	113
TABLA 51: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PRU-01	114
TABLA 52: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PRU-02	115
TABLA 53: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO INT-01	117
TABLA 54: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO INT-02	118
TABLA 55: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO VVE-01	120
TABLA 56: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO HAS-01	122
TABLA 57: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO QOS-01	124
TABLA 58: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO QOS- 02	126
TABLA 59: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADP-01	128
TABLA 60: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADP-02	129
TABLA 61: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADP-03	130
TABLA 62: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADP-04	131
TABLA 63: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO INS-01	133

TABLA 64: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO INS-02	134
TABLA 65: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ADT-01	135
TABLA 66: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TAM-01	137

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO A:** LAS TECNOLOGÍAS SATELITALES DE TELECOMUNICACIONES

**ANEXO B:** DIAGNOSTICO DE LOS PROCESOS DE I+D EN TECNOLOGÍA SATELITAL

**ANEXO C:** DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE TRANSPONDEDOR Y ESTACIÓN TERRENA DE PROXIMA GENERACIÓN.

## LISTA DE ACRÓNIMOS

A/D	Conversión Analógica a Digital (Analog-to-Digital)
AAL	Nivel de Adaptación de ATM (ATM Adaptation Layer)
ACK	Reconocimiento (ACKnowledgement)
ACTS	Tecnología Satelital de Comunicaciones Avanzadas (Advanced Communications Technology Satellite)
ADC	Conversor Analógico a Digital (Analog to Digital Converter)
AHCIET	Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones
AMPS-D	Sistema de Telefonía Móvil Avanzada-Digital (Advanced Mobile Phone System-Digital)
ANSI	Institute Nacional de Estándares Americanos (American National Standards Institute)
AOM	Administración, Operación y Mantenimiento (Administration, Operation and Maintenance)
ARQ	Petición de Respuesta Automática (Automatic Repeat reQuest)
ASIC	Circuito Integrado de Aplicación Específica (Application Specific Integrated Circuit)
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode)
AVANTES	AVANzada de I+D en Tecnología Satelital
BANCOLDEX	Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.
BEP	Probabilidad de Error de Bit (Bit Error Probability)
BER	Tasa de Error de Bit (Bit Error Rate)
BFN	Red de Conformación de Haz (Beam Forming Network)
BPF	Filtro Pasa Banda (Band Pass Filter)
BPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria (Binary Phase Shift Keying)
BS	Estación Base (Base Station)
BSS	Servicio Satelital de Difusión (Broadcasting Satellite Service)
BTS	Estación Base Transceptora (Base Transceiver Station)
BW	Ancho de Banda (BandWidth)
CATI	Centro de Apoyo a las Tecnologías Informáticas
CBR	Tasa de Bit Constante (Constant Bit Rate)
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (Consultative Committee for International Radio)
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Access)
CINTEL	Centro de Investigación de las Telecomunicaciones
CLNP	Protocolo de Red SinConexión (ConnectionLess Network Protocol)
CNCyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CNP	Centro Nacional de Productividad
COLCIENCIAS	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
COMBA I+D	Laboratorio de Computación Móvil y Banda Ancha de la Universidad Santiago de Cali
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CoS	Clase de Servicio (Class of Service)
CRPs	Centros Regionales de Productividad
CRT	Comisión de Regulación de Telecomunicaciones
CSMA	Acceso Múltiple por Detección de Portadora (Carrier Sense Multiple Access)
CTDs	Centros de Desarrollo Tecnológico
CTUA	Centro de Telecomunicaciones de la Universidad de los Andes
D/C	Convertidor Reductor (Down-Converter)
DA	Asignación por Demanda (Demand Assignment)
DAB	Difusión Digital de Audio (Digital Audio Broadcasting)
DAC	Conversor Digital a Analógico (Digital to Analog Converter)
DAMA	Acceso Múltiple por Demanda (Demand Access Multiple Access)
dB	Decibelio (deciBel)

DBF	Formación de Haz Digital (Digital Beam Forming)
DBFN	Red Digital de Conformación de Haz (Digital Beam Forming Network)
DBS	Difusión Directa Satelital (Direct Broadcasting Satellite)
DCU	Unidad de Control de Distribución (Distribution Control Unit)
DDC	Conversión Digital de Reducción (Digital Down Conversion)
DEMODO	Demodulador (DEMODulator)
DEMUX	Demultiplexor (DEMUltipleXer)
DES	Estándar para Encriptación (Data Encryption Standard)
DiffServ	Servicios Diferenciados (Differentiated Services)
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DSI	Interpolación de Voz Digital (Digital Speech Interpolation)
DSP	Procesador Digital de Señal (Digital Signal Processor)
DTE	Equipos de Terminación de Datos (Data Termination Equipment)
DTH	Directo a Casa (Direct To Home)
DUC	Conversión Digital de Elevación (Digital Up Conversion)
DVB	Difusión de Video Digital (Digital Video Broadcasting)
DVB-RCS	Difusión de Video Digital con Canal de Retorno por Satélite (Digital Video Broadcasting-Return Channel Satellite)
DVB-S	Difusión de Video Digital por Satélite (Digital Video Broadcasting-Satellite)
DWDM	Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa (Dense Wavelength Division Multiplex)
EIA	Asociación de Industrias de Electrónica (Electronic Industries Association)
ES	Estación Terrena (Earth Station)
ESA	Agencia Espacial Europea (European Space Agency)
ETI	Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Electrónica, Telecomunicaciones e Informática
ETSI	Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeas (European Telecommunication Standard Institute)
EUTELSAT	Organización de Telecomunicaciones por Satélite Europeo (European Telecommunications Satellite Organization)
FCC	Comisión de Comunicaciones Federal (Federal Communications Commission)
FDD	Duplexación por División en Frecuencia (Frequency Division Duplex)
FDM	Multiplexación por División de Frecuencia (Frequency Division Multiplex)
FDMA	Acceso Múltiple por División en Frecuencia (Frequency Division Multiple Access)
FEC	Corrección de Error hacia Adelante (Forward Error Correction)
FES	Estación Terrena Fija (Fixed Earth Station)
FET	Transistor de Efecto de Campo (Field Effect Transistor)
FIFO	Primero Entra Primero Sale (First In First Out)
FM	Modulación en Frecuencia (Frequency Modulation)
FNG	Fondo Nacional de Garantías
FONIC	Fondo nacional de Investigaciones sobre el Carbón
FPGA	Arreglo de Compuertas de Campo Programable (Field Programmable Gate Array)
FS	Servicio Fijo (Fixed Service)
FSK	Modulación por Desplazamiento en Frecuencia (Frequency Shift Keying)
FSS	Servicio Satelital Fijo (Fixed Satellite Service)
FTP	Protocolo de Transferencia de Archivos (File Transfer Protocol)
GAR	Grupo de Automática y Robótica de la Pontificia Universidad Javeriana
GBAS	Sistema de Aumento Basado en Tierra (Ground Based Augmentation System)
GEO	Órbita Geostacionaria de la Tierra (Geostationary Earth Orbit)
GIDATI	Grupo de Investigación, Desarrollo y Aplicación en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana
GIDT	Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander
GIT	Grupo en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca. Popayán.
GITEM	Grupo de Investigación en Telemedicina de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
GITUD	Grupo de Investigación en Telecomunicaciones de la Universidad Distrital Francisco



	José de Caldas
GITUN	Grupo de Investigación de Teleinformática de la Universidad Nacional de Colombia
GNSS	Sistemas de Navegación Global por Satélite (Global Navigation Satellite System) de la Aeronáutica Civil
GNTT	Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca
GOS	Grado de Servicio (Grade of Service)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)
GSO	Órbita Satelital Geostacionaria (Geostationary Satellite Orbit)
GTO	Orbita de Transferencia Geostacionaria (Geostationary Transfer Orbit)
HDLC	Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (High-level Data Link Control)
HDTV	Televisión de Alta Definición (High Definition TeleVision)
HEMT	Transistor de Electrones de Alta Movilidad (High electrón Mobility Transistor)
HLR	Registro de Localización Local (Home Location Register)
HPA	Amplificador de Alta Potencia (High Power Amplifier)
I2T	Grupo Icesi de Informática y Telecomunicaciones
ICFES	Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior
ICMP	Protocolo de Mensajes de Control de Internet (Internet Control Message Protocol)
IDU	Unidad de Interfaz de Datos (Interface Data Unit)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IF	Frecuencia Intermedia (Intermediate Frequency)
IFI	Instituto de Fomento Industrial
IGMP	Protocolo de Gestión de Grupos de Internet (Internet Group Management Protocol)
IMUX	Multiplexador de Entrada (Input Multiplexer)
IN	Red Inteligente (Intelligent Network)
INMARSAT	Organización Internacional de Satélites Marítimos (International Maritime Satellite Organization)
IntServ	Servicios Integrados (Integrated Services)
IOL	Enlace Inter-Orbital (Inter-Orbital Link)
IP	Protocolo de Internet (Internet Protocol)
IPEP	Protocolo de Mejoramiento de Desempeño Integrado (Integrated Performance Enhanced Protocol)
IPoS	IP por Satélite (IP over Satellite)
IPsec	Protocolo de Seguridad de IP (IP Security Protocol)
ISI	Interferencia Intersímbolo (Intersymbol Interferente)
ISL	Enlace InterSatelital (Inter-Satellite Link)
ISO	Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization)
ISP	Proveedor de Servicio de Internet (Internet Service Provider)
LAMIC	Laboratorio de Automática, Microelectrónica e Inteligencia Computacional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
LAN	Red de Area Local (Local Area Network)
LEO	Orbita Baja de la Tierra (Low Earth Orbit)
LLC	Control de Enlace Lógico (Logic Link Control)
LMDS	Sistema de Distribución Local Multipunto (Local Multipoint Distribution System)
LNA	Amplificado Bajo de Ruido (Low Noise Amplifier)
LNB	Módulo Bajo de Ruido (Low Noise Board)
LO	Oscilador Local (Local Oscillator)
LOS	Línea de Vista (Line-of-Sight)
LPF	Filtro Pasa Bajo (Low Pass Filter)
LR	Registro de Localización (Location Register)
MAC	Control de Acceso al Medio (Medium Access Control)
MAN	Red de Area Metropolitana (Metropolitan Area Network)
MCPC	Múltiple Canal por Portadora (Multiple Channel Per Carrier)
MES	Estación Terrena Móvil (Mobile Earth Station)
MF	Multifrecuencia (Multifrequency)

MF-TDMA	TDMA Multifrecuencia (MultiFrequency-TDMA)
MIC	Circuito Integrado de Microondas (Microwave Integrated Circuit)
MMIC	Circuito Integrado Monolítico de Microondas (Monolithic Microwave Integrated Circuit)
MOD	Modulador (MODulator)
MODEM	Modulador/DEModulador (MODulator/DEModulator)
MPEG-2	Grupo de Expertos en Imagen en Movimiento (Motion Picture Expert Group 2)
MPLS	Comutación de Etiquetas Multiprotocolo (Multiprotocol Label Switching)
MS	Estación Móvil (Mobile Station)
MSS	Servicio Satelital Móvil (Mobile Satellite Service)
MTU	Unidad Máxima de Transferencia (Maximum Transfer Unit)
MUX	Multiplexor (MULTipleXer)
NACK	Reconocimiento Negativo (No ACKnowledgment)
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration)
NAT	Traducción de Direcciones de Red (Network Address Translation)
NOC	Centro de operaciones de Red (Network Operation Centre)
OBDDH	Manipulación de Datos a Bordo (On-Board Data Handling)
OBP	Procesamiento a Bordo (On-Board Processing)
OCyT	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
ODU	Unidad Exterior (OutDoor Unit)
OFDM	Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency Division Modulation)
OMUX	Multiplexador de Salida (Output MULTipleXer)
ONCT	Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología
ONGs	Organizaciones No Gubernamentales
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos (Open System Interconnection)
OSPF	Primero el Camino Abierto más Corto (Open Shortest Path First)
PAD	Ensamblador/Desensamblador de Paquetes (Packet Assembler/Disassembler)
PBX	Pequeña central telefónica (Private Branch Exchange)
PC	Computador Personal (Personal Computer)
PCM	Modulación por Codificación de Pulsos (Pulse Code Modulation)
PCS	Servicios de Comunicación Personal (Personal Communications Services)
PDU	Unidad de Datos del Protocolo (Protocol Data Unit)
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (EIRP, Effective Isotropic Radiated Power)
PPP	Protocolo Punto a Punto (Point-to-point Protocol)
PSK	Modulación por Desplazamiento en Fase (Phase Shift Keying)
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switched Telephone Network)
PTS	Parque Tecnológico de Software
PVC	Circuito Virtual Permanente (Permanent Virtual Circuit)
PVP	Trayecto Virtual Permanente (Permanent Virtual Path)
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
QoS	Calidad de Servicio (Quality of Service)
QPSK	Codificación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria (Quaternary Phase Shift Keying)
RadioGIS	Grupo de Investigación RadioGis de la Universidad Industrial de Santander
RASTA	Aplicaciones para Predicción de Atenuación por Lluvia para Telecomunicaciones por Satélite (Rain Attenuation prediction for Satellite Telecommunications Applications)
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network)
RF	Radiofrecuencia (Radifrequency)
RIP	Protocolo de Información de Enrutamiento (Routing Information Protocol)
RS	Reed Salomón (Codificación) (Reed Solomon)
RSVP	Protocolo de Reserva de Recursos (Resource Reservation Protocol)
RSVP-TE	Protocolo de Reserva de Recursos con extensiones de Ingeniería de Tráfico (Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering extensions)
RTCP	Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (Real Time Control Protocol)

RTP	Protocolo de Transporte en Tiempo Real (Real Time Transport Protocol)
S-ALOHA	Protocolo ALOHA-Ranurado (Slotted ALOHA Protocol)
SAR	Función de segmentación y reensamblado (Segmentation and Reassembly Function)
SBAS	Sistema de Aumento Basado en Satélite (Satellite Based Augmentation System)
SCPC	Unico Canal por Portadora (Single Carrier Per Carrier)
SDH	Jerarquía Digital Sincrónica (Synchronous Digital Hierarchy)
S-DMB	Difusión Multimedia Digital por Satélite (Satellite-Digital Multimedia Broadcast)
SDR	Radio Definido por Software (Software Defined Radio)
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SIDRe	Grupo de Sistemas de Información, Sistemas Distribuidos y Redes de Computadores de la Pontificia Universidad Javeriana
S-IGMP	Protocolo de Gestión de Grupos de Internet por Satélite (Satellite-Internet Group Management Protocol)
SIRP	Sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción de la Pontificia Universidad Javeriana
SI-SAP	Punto de Acceso al Servicio-Independiente del Satélite (Satellite Independent-Service Access Point)
SLA	Acuerdo de Nivel de Servicios (Service Level Agreement)
SMS	Multi-Servicios por Satélite (Satellite Multi-Services)
SMTS	Sistema de Terminación de Modem Satelital (Satellite Modem Termination System)
SNA	Arquitectura del Sistema de Red (System Network Architecture)
SNCyT	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología
SNI	Sistema Nacional de Innovación
SNMP	Protocolo de Gestión de Red Simple (Simple Network Management Protocol)
SNR	Relación Señal a Ruido (Signal-to-Noise Ratio)
SONET	Red Óptica Sincrónica (Synchronous Optical Network)
S-PCN	Red de Comunicaciones Personal por Satélite (Satellite-Personal Communications Network)
SS	Conmutación Satelital (Satellite Switch)
SSPA	Amplificador de Potencia de Estado Sólido (Solid State Power Amplifier)
SS-TDMA	TDMA con Conmutación Satelital (Satellite-Switch TDMA)
STM	Módulo de Transporte Sincrónico (Synchronous Transport Module)
SU	Unidad de Suscriptor (Subscriber Unit)
S-UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (Satellite-Universal Mobile Telecommunications System)
SWCDMA	CDMA de Banda Ancha Satelital (Satellite Wideband CDMA)
SYNC	Sincronización (SYNChronisation)
TCP	Protocolo de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol)
TDD	Duplexación por División en el Tiempo (Time Division Duplex)
TDM	Multiplexación por División en el Tiempo (Time Division Multiplex)
TDMA	Acceso al Medio por División en el Tiempo (Time Division Multiple Access)
TE	Ingeniería de Tráfico (Traffic Engineering)
TIA	Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (Telecommunications Industry Association)
ToS	Tipo de Servicio (Type of Service)
TTC	Telemetría, Seguimiento y Comando (Telemetry, Tracking and Command)
TTL	Tiempo de Vida (Time to Live)
T-UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles Terrestre (Terrestrial- Universal Mobile Telecommunications System)
TWTA	Amplificador de Tubo de Ondas Viajeras (Travelling WaveTube)
Tx	Transmisor (Transmitter)
U/C	Convertor Abajo (Up-Converter)
UAEAC	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil
UDP	Protocolo de Datagramas de Usuario (User Datagram Protocol)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunications Union)
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Universal Mobile

	Telecommunications System)
USAT	Terminal de Apertura Ultra Pequeña (Ultra Small Aperture Terminal)
VBR	Tasa de Bit Variable (Variable Bit Rate)
VC	Circuito Virtual (Virtual Circuit)
VHF	Banda de Frecuencias Muy Altas (Very High Frequency)
VISP	Proveedor Virtual de Servicio de Internet (Virtual Internet Service Provider)
VLAN	Red de Área Local Virtual (Virtual Local Area Network)
VoIP	Voz sobre IP (Voice over IP)
VP	Trayecto Virtual (Virtual Path)
VPI/VCi	Identificador de Trayecto Virtual/Identificador de Circuito Virtual (Virtual Path Identifier/Virtual Circuit Identifier)
VPN	Red Privada Virtual (Virtual Private Network)
VSAT	Estaciones Terminales satelitales de Pequeña Apertura (Very Small Aperture Terminals)
WAN	Red de Área Extensa (Wide Area Network)
WCDMA	CDMA de Banda Ancha (Wideband CDMA)
WDM	Multiplexación por División de Longitud de Onda (Wavelength Division Multiplex)
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica (Wireless Local Area Network)
WLL	Bucle Local Inalámbrico (Wireless Local Loop)
xDSL	Tecnologías de Línea de Abonado Digital (Digital Subscriber Line)
Xponder	Transpondedor (Transponder)

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado titulado: Avanzada de I+D en Tecnologías Satelitales - AVANTES- Plan de Desarrollo, es la respuesta de la Universidad del Cauca a las carencias y necesidades del talento nacional en términos de experiencia científica y técnica en la planeación, implementación y explotación de los sistemas satelitales de telecomunicaciones a la vista de la vertiginosa evolución y progresiva importancia que han adquirido estos sistemas en la infraestructura de comunicaciones, no solo a nivel local sino global. En este sentido, este trabajo se orientó hacia la identificación de las áreas de investigación viables de acuerdo a la realidad nacional en términos de necesidades, disposición de la comunidad científica y recursos disponibles, lo que condujo al modelamiento de una estrategia metodológica para la construcción de una infraestructura de Investigación y Desarrollo soportada en talento humano de diferentes instituciones de Educación Superior orientada a establecer una base de conocimiento y a adquirir experiencias a través de la adaptación y evaluación de tecnologías satelitales foráneas para realizar seguimiento tecnológico hasta alcanzar la capacidad de aportar significativamente al desarrollo global de la industria satelital.

Este resultado, que comprende un Programa de I+D, un Modelo de Organización del grupo de desarrollo y un Plan de Desarrollo, se construyó de acuerdo a los aportes de diferentes docentes relacionados con el área de telecomunicaciones por satélite o afines de diferentes universidades, así como también de representantes de empresas proveedoras de servicios, con el objeto de garantizar su viabilidad técnico-económica, efectividad, eficiencia y pertinencia al dominio local dadas las condiciones económicas, tecnológicas y políticas del país junto a las tendencias globales en la industria satelital. Tal Programa, expone las líneas de investigación y desarrollo identificadas con mayor viabilidad e impacto en la generación de conocimiento y experiencia científico-técnica. Para cada línea, se proponen proyectos ordenados en el tiempo, los cuales realizan aportes discretos a la consecución de objetivos superiores, es decir, en la medida de su finalización estos se integran con los anteriores consiguiendo escalar hacia resultados más complejos, produciendo una evolución paulatina desde el seguimiento tecnológico de los líderes del sector hasta la incubación de nuevas tecnologías en el largo plazo.

Teniendo en cuenta que cada uno de los proyectos es producto de aportes de diferentes disciplinas de la ingeniería y diferentes instituciones universitarias, el Plan de Desarrollo se ha planteado como un esfuerzo interinstitucional e interdisciplinario, por esta razón, durante su desarrollo se identificaron intereses comunes entre las universidades y los operadores de servicios de telecomunicaciones, con el objetivo de crear espacios de incubación de proyectos para aumentar la sinergia entre estos entes, realizar transferencia tecnológica que genere beneficios mutuos y desarrollar proyectos de mayor impacto para el país teniendo en cuenta el carácter complementario de estos actores.

La organización dada al presente documento sigue una secuencia lógica; El marco contextual constituido por la presentación de las tecnologías satelitales y los resultados

del “Diagnóstico Nacional de las Actividades de I+D en torno a Tecnologías Satelitales” son presentados como Anexos A y B respectivamente. Estos documentos, proveen al lector una visión amplia con la cual puede enfrentar de manera crítica la propuesta del Programa de Investigación y Desarrollo en Tecnologías Satelitales contenida en el capítulo uno. El capítulo dos contiene los proyectos propuestos con suficiente detalle de especificación en las diferentes líneas de investigación, lo cual constituye en últimas, el resultado más importante de este trabajo. Más detalladamente el contenido del documento, puede resumirse así:

El Anexo A de este trabajo de grado, presenta cada una de las tecnologías que se asocian a los componentes de un sistema de telecomunicaciones por satélite, de manera que exista un conocimiento general que permita un entendimiento más claro y rápido de la propuesta denominada “Avanzada de I+D en Tecnologías Satelitales - A V A N T E S” que se consigna en este documento.

En el Anexo B, se presenta un diagnóstico de los procesos de I+D que se adelantan en Colombia con el propósito de exponer los adelantos y proyectos en curso en las diferentes universidades del país. Así mismo, se analizaron los recursos en términos de laboratorios, equipos y talentos con que cuentan los diferentes grupos. Finalmente se examinaron los productos de I+D de cada uno para conocer su nivel de actividad en el área de comunicaciones satelitales o en áreas identificadas transversales. Este informe también incluye el aporte y análisis de operadores de servicios por satélite.

La presentación del Programa de I+D en tecnologías satelitales, constituye el capítulo primero de este documento, ahí se exponen los objetivos del programa, se describen los resultados esperados, se explica la metodología y se presenta la justificación. De igual forma, se indica el dominio de Investigación y Desarrollo con descripciones detalladas de cada una de las líneas de I+D y finalmente se propone un modelo organizacional del Grupo de Desarrollo y se plantean tentativamente procedimientos de gestión del Programa de I+D.

En el capítulo dos se presenta el Plan de Desarrollo, en él están consignados los proyectos definidos entre trabajos de grado, proyectos de investigación y talleres de laboratorio para cada una de las líneas de investigación identificadas anteriormente. Cada uno de los proyectos presenta una plantilla común en forma de tabla para facilitar la búsqueda de estos dentro del documento. El capítulo finaliza con los diagramas de Gant que indican la secuencia propuesta para los proyectos así como los requerimientos de cada uno para efectos de coordinación de la ejecución.

Finalmente, al igual que todo lo construido por las manos del hombre, esta propuesta es susceptible de correcciones o sugerencias, de ninguna forma constituye una camisa de fuerza como mecanismo dinamizador de las tecnologías satelitales en Colombia, por el contrario, es una sugerencia respetuosa a la comunidad académica contemporánea, producto de un año de investigaciones, análisis, discusiones y negociaciones con diferentes instituciones del ámbito de las telecomunicaciones con el propósito de iniciar un trabajo que hace tiempo viene siendo aplazado en nuestro país y como tal, representa un

atraso para los profesionales del gremio. En este sentido los autores agradecemos los comentarios que los lectores tengan a bien realizar con el ánimo de favorecer la intención que entraña este documento.

## **1. PROGRAMA DE I+D**

### **1.1 PRESENTACIÓN**

La Avanzada de I+D en Tecnologías Satelitales -AVANTES-, es la propuesta de la Universidad del Cauca para aportar a la necesidad de talento humano capacitado en términos de experiencia científica y técnica para la planeación, implementación y explotación de los sistemas satelitales de telecomunicaciones, a la vista de la vertiginosa evolución y progresiva importancia que han adquirido en la infraestructura de comunicaciones. En este sentido, AVANTES se orienta hacia la identificación de las áreas de investigación viables de acuerdo al contexto tecnológico, disposición de la comunidad científica nacional y recursos disponibles, para posteriormente establecer un conjunto de propuestas de investigación y desarrollo en cada área donde se involucren diferentes disciplinas de la ingeniería e incluso, diferentes universidades del país bajo una iniciativa de cooperación científica que conduzca a cualificar el talento nacional a través del seguimiento tecnológico y la generación de nuevo conocimiento.

#### **1.1.1 Objetivo General**

Organizar los procesos de investigación y desarrollo que se producen en torno a tecnologías satelitales de telecomunicaciones al interior de la Facultad y aportar a la organización nacional de los mismos, a través de una iniciativa que permita sumar contribuciones y orientar esfuerzos, de acuerdo al contexto tecnológico global, recursos y talentos presentes en el país para avanzar en la consolidación de un Grupo de I+D comprometido con la formación de investigadores y generación de productos de I+D.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Construir una base de conocimiento que permita desarrollar soluciones satelitales de telecomunicaciones, a través del talento y los recursos presentes en el país, de manera que se contribuya al avance de estas tecnologías.
- Integrar diferentes grupos de I+D en procesos de investigación y desarrollo en torno a las tecnologías satelitales, con el propósito de fomentar el intercambio de conocimiento.
- Formar investigadores en el área de tecnologías satelitales a través de procesos de I+D, que permitan generar nuevo conocimiento y adquirir experiencia en la planeación, diseño, optimización y gestión de sistemas satelitales de telecomunicaciones.



### 1.1.3 Justificación

Los sistemas satelitales emergieron como soluciones punto a punto entre localidades de diferentes continentes para el transporte de canales telefónicos y, punto a multipunto para difusión de televisión que no involucraban al usuario final sino a puntos de distribución de estos servicios, debido principalmente al tamaño y costo del equipo de estación terrena. Hoy en día, los satélites están llamados a ser soluciones que compiten con las tecnologías del primer kilómetro para ofrecer servicios de voz, datos y video, directamente a las instalaciones del cliente. Sin embargo, la actualización de la infraestructura en órbita es un proceso lento debido a que estos equipos permanecen inaccesibles para cambios durante toda su vida útil. Adicionalmente, la construcción de estos aparatos se inicia varios años antes de su lanzamiento, luego no son puestos en servicio con tecnología estrictamente reciente y los costos, junto a la saturación de la órbita geoestacionaria, impiden la renovación de estos equipos, lo cual obliga a que la provisión de servicios deba mantenerse durante varios años sin cambios o mejoramientos a nivel del modo de operación, luego existe la necesidad de crear estrategias que permitan reconfigurar las cargas de comunicaciones incluso después del lanzamiento.

Por otra parte, la tendencia en los servicios de telecomunicaciones siguiendo la convergencia sobre el protocolo de Internet (IP, Internet Protocol) que tiene lugar en las redes terrestres, ha cambiado los parámetros con que deben ser analizadas las redes satelitales y ha determinado la inminente necesidad de crear una nueva generación que responda eficientemente a este fenómeno de convergencia. Desde este punto de vista, los procesos de adaptación que requieren los sistemas satelitales responden al mejoramiento de la eficiencia de la red para cursar tráfico IP y en consecuencia, es necesario que la I+D se oriente a las tareas de conmutación entre haces basada en IP, consideraciones de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y multidifusión IP con el propósito de garantizar que estas tecnologías continúen siendo vigentes para ofrecer las ventajas derivadas de su amplia cobertura, que hasta ahora, ninguna otra tecnología puede ofrecer.

Recién en el año de 2004, con el lanzamiento del primer satélite regenerativo, el Amazonas de Hispasat, se inicia una nueva etapa para la tecnología satelital, donde la infraestructura en órbita empieza a ser más inteligente y a interactuar con el contenido o la información que se cursa a través de ellos. Sin embargo, es necesario considerar procesos de optimización en el contexto de los sistemas satelitales actuales en términos de eficiencia en el ancho de banda, optimización de la potencia de las estaciones terrenas, servicios móviles y distribución de contenidos multimedia, puesto que no se trata de reemplazar la infraestructura disponible actualmente por sistemas completamente nuevos, dado que la mayoría de satélites en órbita continuará ofreciendo sus servicios al menos una década más.

Es muy importante que las tecnologías satelitales evolucionen en una proporción al menos similar con las tecnologías terrestres para mantenerse competitivas frente a estas, no solamente en la inclusión de capacidades a nivel IP sino también en disminución del tamaño y costo de las premisas de usuario, mayor eficiencia en la administración de los

recursos, entre otros aspectos. Este contexto, representa una oportunidad para la comunidad académica nacional para aportar al desarrollo de los sistemas satelitales a través de actividades de I+D y al mismo tiempo constituye el escenario adecuado para promover procesos de formación de talentos en el área a través de la realización de proyectos orientados a plantear soluciones a los desafíos que se presentan en la evolución de estos sistemas. No obstante, dadas las condiciones citadas en el diagnóstico nacional de las actividades de I+D (Anexo B), se demuestra la inminente necesidad de un sistema articulado de convergencia tecnológica, que conduzca a la integración de esfuerzos de diferentes universidades y compañías de telecomunicaciones, que permita aunar contribuciones y aportar más significativamente al conocimiento global.

#### **1.1.4 Marco de Referencia**

Para el establecimiento del Programa de Investigación, se han considerado las características fundamentales con las cuales deben contar las redes satelitales para ser compatibles con las tecnologías actuales de las redes de telecomunicaciones y en este propósito, se ha planteado un Marco de Referencia, el cual no es más que un pronóstico de las redes satelitales del futuro de acuerdo a las tendencias actuales, con el objeto de establecer un conjunto de directrices para orientar los esfuerzos de investigación y desarrollo, y garantizar una evolución organizada de los sistemas satelitales. Para este efecto, a continuación se exponen los aspectos donde se considera deben concentrarse esfuerzos de investigación y las tecnologías emergentes alrededor de estos para identificar las tendencias o posibles soluciones.

Primero, atendiendo a los requerimientos de posibilitar las comunicaciones móviles a través de infraestructura satelital, considerando las limitaciones de potencia de transmisión de los terminales por el empleo de baterías, y en general, para exigir menos recursos de transmisión al segmento terrestre, se generan soluciones en torno al desarrollo de reflectores de gran diámetro en el segmento espacial y empleo de haces más pequeños que permitan concentrar la potencia, realizar un uso más eficiente del espectro por efectos de reutilización de frecuencias y además, una optimización en la distribución del tráfico, puesto que cada haz asocia un número reducido de usuarios, luego menor es la cantidad de tráfico no deseado que debe procesar cada terminal aumentando la tasa de transmisión en ambos sentidos para cada usuario. Adicionalmente, si estos sistemas pueden ser configurados dinámicamente en términos de cantidad, tamaño y posición de los haces, es posible definir la forma del área de servicio aún después de la puesta en órbita del satélite e incluso, cambiarla para responder a concentraciones de usuarios o requerimientos temporales de servicios.

El concepto de cubrir la zona de servicio a través de múltiples haces, implica el requerimiento de realizar conmutaciones de tráfico entre haces ante la posibilidad de que los usuarios involucrados en una misma comunicación estén iluminados por haces diferentes. Como una solución se propone el concepto de enrutamiento a bordo basado en IP, puesto que la tendencia de convergencia en torno a este protocolo en las redes terrestres conducirá probablemente a que todos los servicios sean ofrecidos a través de

este y todo el tráfico sea finalmente IP. Según esta condición, se espera que en el futuro todos los usuarios y redes asociadas al satélite sean homogéneos al menos en el nivel lógico entorno al Protocolo de Internet (IP), inicialmente en la versión actual (IPv4) y paulatinamente se migre hacia la versión de nueva generación (IPv6). Sin embargo, la incorporación del protocolo IP a la estructura funcional de los sistemas satelitales implica optimizar la interfaz de radio para el tráfico de paquetes y además, trasladar al segmento espacial todos los problemas asociados al enrutamiento en redes terrestres como es el caso de la provisión de calidad de servicio (QoS, Quality of Service), multidifusión IP y movilidad de terminales, por lo cual los satélites de próxima generación deben estar provistos de cargas de comunicaciones con altas capacidades de procesamiento.

Las redes satelitales son sistemas de medio compartido en el canal de bajada, es decir, que cada una de las estaciones terrenas asociadas a un mismo haz reciben los paquetes de las demás, lo cual no requiere de un sistema de coordinación de múltiple acceso pues, cada estación captura los paquetes que le corresponden y además existen funciones de encriptación que aumentan la seguridad de los contenidos e impiden que sean utilizados por terceros no autorizados. No obstante, en el canal de subida es necesario un sistema de múltiple acceso que permita acceder de manera ordenada a todas las estaciones y emplear los recursos del transpondedor para transmitir su información de acuerdo a los privilegios, restricciones y requerimientos que se hayan configurado en la red para cada terminal. En estos términos, el sistema de acceso múltiple permite a través de una solicitud de asignación de recursos, una negociación de las condiciones del acceso entre el satélite y la estación terrena, de acuerdo a las exigencias de calidad de servicio y al perfil del usuario en el sistema de gestión a bordo del satélite. Esta exigencia de asignación por demanda y establecimiento de privilegios y restricciones para cada usuario, obedece a la existencia de terminales portátiles y móviles, además de los terminales fijos, lo cual presenta continuas asignaciones y reasignaciones de los recursos del transpondedor en la medida en que se presenten eventos de ingreso y salida de usuarios, paso de un móvil del componente terrestre a satelital o viceversa, encendido o apagado de una estación portátil e incluso, cambio de celda de un terminal móvil, lo que convierte al número de usuarios en una variable aleatoria, confirmando que el mecanismo de acceso al medio debe ser muy flexible en la asignación y gestión de los recursos.

Cada uno de los terminales asociados al satélite a través de un determinado haz, puede ser fijo, portátil o móvil, e indiferente de esto, deben identificarse ante la red satelital a través de una única configuración IP que les permite ser reconocidos en la red y acceder a los servicios. En este contexto, la movilidad de los usuarios es equivalente al desplazamiento de terminales IP entre diferentes redes, lo que requiere un control de movilidad autónomo, sea bien a través de IP Móvil para terminales móviles o DHCP (DHCP, Dynamic Host Configuration Protocol) para terminales fijos y portátiles. La consideración central es que el satélite debe realizar estas tareas valiéndose del procesamiento a bordo y sin la asistencia del segmento de control en tierra, pues la gestión de los usuarios y los recursos se realiza a bordo del satélite de manera autónoma.

En el caso de los enlaces de backbone de las redes terrestres, atendiendo al avance de la tecnología de conmutación de etiquetas MPLS (MPLS, MultiProtocol Label Switching), es necesario que los satélites respondan eficientemente a este tipo de flujo y tengan la capacidad tanto de incorporar o extraer tráfico hacia o desde estos dominios, como de conmutar paquetes basándose en las etiquetas. Esto quiere decir, que los satélites pueden tener un comportamiento similar al de un conmutador de frontera (Label Edge Router, LER) o uno inmerso dentro del dominio MPLS (Label Switching Router, LSR), lo que convierte a la infraestructura espacial en componentes activos de la red terrestre, al tratarse básicamente de la inclusión de un conmutador de etiquetas al segmento espacial.

Para efectos de optimización de la potencia de transmisión y ancho de banda, cada uno de los enlaces que se establecen entre el satélite y las estaciones terrenas deben ser adaptativos de acuerdo a las condiciones de propagación existentes, de esta manera, tanto el satélite como la estación terrena ajustan parámetros como la potencia, tamaño de la constelación y esquema de codificación para garantizar las condiciones de tasa de transmisión y proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) acordados con el usuario, involucrando la menor cantidad de recursos. En este contexto, para un conjunto de estaciones asociadas a un mismo haz que se suponen con condiciones de propagación similares, se definen un conjunto de parámetros comunes, siendo el caso ideal en que cada usuario en el enlace de subida se configure de manera independiente a los demás. En el enlace de bajada, por ser un medio compartido, todas las estaciones deben tener igual configuración.

Respecto de la topología de las redes, el parámetro a tener en cuenta es el retardo de propagación, el cual es inherente a este tipo de sistemas y por lo cual en las redes de nueva generación la cantidad de saltos satelitales debe reducirse a solamente uno. Esta solución es posible gracias a que los satélites son regenerativos y no se requiere una estación concentradora para "impulsar" la señal y así alcanzar el destino con el nivel de señal suficiente. Cada uno de los terminales transmite para alcanzar el nivel de densidad de potencia para acceder al satélite y éste, transmite con un nivel de potencia independiente y suficiente para alcanzar el destino sea bien una estación fija, portátil o móvil. La topología de red apropiada es entonces, una malla entre todos los usuarios asociados al satélite o a los satélites, requiriéndose en este último caso, una comunicación intersatelital sin el soporte o uso de recursos del segmento terrestre.

Un elemento fundamental en los satélites de próxima generación respecto de sus cargas de comunicaciones es que estas deben ser actualizables, es decir, debe existir la posibilidad de reconfigurar su modo de operación desde la estación terrena de control, para efectos de mejoramiento de los servicios en la medida en que surjan nuevas tecnologías. Este efecto es posible hoy en día, gracias a los arreglos de procesadores digitales de señal (DSPs, Digital Signal Processors), los cuales pueden realizar el trabajo de equipos hardware como codificadores y moduladores pero con la facilidad de reconfiguración a través de una reprogramación de los procesadores aún cuando ya se encuentren en órbita.

### 1.1.5 Metodología de Desarrollo

La ejecución del Programa de I+D, se enmarca en tres diferentes etapas las cuales son en su orden, la Etapa de Establecimiento, la Etapa de Desarrollo y la Etapa de Integración de resultados como muestra la Figura 1. Esta propuesta no pretende ser una iniciativa efímera y como tal, se instala en una ambición de desarrollo en espiral, donde la finalización de la Etapa de Integración de Resultados conduce a una nueva etapa de Establecimiento para evaluar los resultados y definir nuevos propósitos orientados a mejorar y a generar nuevas propuestas para garantizar la sincronización de los procesos de investigación y desarrollo que se adelantan al interior del grupo con el continuo cambio tecnológico.

La Etapa de Establecimiento, se ha denominado así, pues en ella se incluyen o descartan posibilidades de acuerdo a los análisis y consideraciones de conveniencia tecnológica y financiera, atendiendo a que existen diferentes alternativas tecnológicas que aún se encuentran en desarrollo y como tal, no han tenido un periodo de validación que permita conocer su rendimiento. Según lo anterior, la primera fase del Plan de Desarrollo está orientada a la evaluación de las ventajas, desventajas, fortalezas y debilidades de estas tecnologías con el propósito de conocer su alcance, viabilidad y conveniencia según el marco de referencia. Para tal efecto, la clave es realizar análisis comparativos y estudios decisorios basados en procesos de simulación y pruebas de rendimiento que conduzcan a la apropiación y desagregación de cada una, para adquirir la capacidad de seleccionar las más apropiadas.

En la segunda etapa, denominada Fase de Desarrollo, los esfuerzos se concentran únicamente en la generación de resultados robustos y de calidad de acuerdo con los requerimientos planteados. Un elemento fundamental de esta etapa, son los planes de pruebas para la validación de cada producto, los cuales constituyen también espacios de divulgación e incluso experiencias de laboratorio para los demás miembros del grupo de desarrollo. Otro de los propósitos que se persiguen en esta etapa, son las publicaciones de los resultados, patentes y presentaciones en eventos, dado que se debe velar por la visibilidad de las actividades de I+D.

**Figura 1: Ciclo de Desarrollo**



La tercera fase tiene como propósito la integración de los resultados para consolidar productos o prototipos funcionales. Se debe aclarar que la aplicación o explotación de estos resultados en redes satelitales o misiones espaciales depende de la efectividad con

que se hayan realizado las publicaciones para establecer relaciones tanto con la comunidad científica internacional como con el sector industrial, puesto que los productos de I+D obtenidos para el segmento espacial, mientras no sean validados y hospedados en órbita para pruebas y explotación científica o comercial carecen de cualquier tipo de impacto en el marco global, por lo cual, el propósito principal consiste en el desarrollo de resultados tales que conduzcan a la obtención de patentes y a la optimización de la tecnología satelital.

#### **1.1.6 Resultados Esperados**

El Plan de Desarrollo se ha planteado para favorecer la formación de investigadores y capacitación del talento nacional en el área de telecomunicaciones por satélite, y al mismo tiempo, a generar resultados que involucren documentos de análisis, recomendaciones, estrategias y además, productos hardware y software que aporten al conocimiento global y al avance de los sistemas satelitales actuales como a la consolidación de la próxima generación de satélites. Según esta dinámica, se distinguen dos Líneas de I+D en las cuales se enmarca el Plan de Desarrollo, la primera enfocada al estudio de los sistemas satelitales actuales para generar productos orientados a incorporar capacidades de provisión de calidad de servicio, a otorgar capacidades de adaptación dinámica de los parámetros de transmisión de acuerdo a las condiciones de propagación del canal y del mismo modo, a optimizar los procesos de asignación de recursos por demanda entre los usuarios de la red. Es claro que esta iniciativa está orientada a la construcción de dispositivos para el segmento terrestre, debido a que los satélites se encuentran en órbita y no son accesibles para actualizaciones. A esta primera línea de I+D se le ha dado el nombre de Línea de I+D en Sistemas Satelitales Contemporáneos.

La segunda línea, se ha denominado Línea de I+D en Sistemas Satelitales de Próxima Generación y está orientada a obtener productos tanto para el segmento espacial como terrestre para que respondan eficientemente al modelo de convergencia de los servicios en torno a IP y a la demanda de simplicidad y tamaño reducido de terminales entre otros aspectos, pues se trata de una generación de satelitales y estaciones terrenas que empieza a gestarse con los requerimientos de los usuarios y redes de hoy.

En ambas líneas, los productos se obtienen siguiendo un modelo de ejecución en cascada donde los resultados obtenidos de cada proyecto constituyen el soporte para los siguientes y así sucesivamente. En un principio, la orientación de cada una de las propuestas de I+D esta concentrada en el seguimiento tecnológico, la apropiación y adaptación de la tecnología para consolidar una base de conocimiento y un conjunto de experiencias que al final representen una capacidad académica para generar productos de alto impacto. En esta dinámica, se definen como resultado del diagnóstico (Anexo B), cinco escenarios prioritarios para la ejecución de las actividades de I+D: Diseño e Implementación de Dispositivos de Comunicaciones, Diseño de Software de Comunicaciones, Plataformas de Simulación, Análisis del Rendimiento de Redes y Desarrollo de Nuevas Tecnologías de Comunicaciones por Satélite.

El diseño e implementación de dispositivos de comunicaciones se considera tanto para el segmento espacial como para el segmento terreno a través de tecnologías de radio definido por software (SDR, Software Defined Radio), es decir, no desde la perspectiva del hardware sino más bien, a través de dispositivos reprogramables de procesamiento digital de señal (DSP, Digital Signal Processing), donde el trabajo se concentre en el diseño de arreglos de procesadores y generación de algoritmos. Con este horizonte, el propósito es perfeccionar las habilidades de innovación y generar experiencia en el campo de la aplicación de los conceptos de procesamiento digital de señal (DSP, Digital Signal Processing) en el mejoramiento de los actuales sistemas de radiocomunicaciones en el marco de las necesidades expuestas anteriormente.

La implementación hardware, entendida como la fabricación de dispositivos diferentes a los que pueden ser reemplazados por algoritmos con tecnologías como SDR, son las tareas que demandan mayor costo debido a la adquisición de equipos, materiales y adecuación para los procesos de validación, así que en esta propuesta, más que generar nuevos proyectos de desarrollo hardware se ha preferido promover las realizaciones logradas en el momento (expuestas en el anexo B) y a partir de ellas generar nuevos proyectos para contribuir a su fortalecimiento y no dispersar los esfuerzos en la generación de otras nuevas.

En el desarrollo de software, el cual se constituye como la mayor fortaleza de los grupos de investigación en tecnología satelital en Colombia, como se mostró en el diagnóstico expuesto en el Anexo B, la propuesta consiste en integrar los esfuerzos aislados y al mismo tiempo identificar nuevos desafíos en este campo, dado que el desarrollo de software es la actividad de I+D que menos infraestructura y Equipos requiere, pero al mismo tiempo, materializa el conocimiento en resultados utilizables que podrían convertirse en herramientas de apoyo para futuras realizaciones o incluso en productos comercializables para la autofinanciación de nuevas investigaciones.

En el campo de la simulación, debido a que ésta se convierte en la opción más adecuada para adelantar análisis de rendimiento de un dispositivo, una red o un enlace cuando no pueden ser realizados a través de medidas o procedimientos sobre los elementos reales, permite conocer a fondo el funcionamiento de una determinada tecnología, de manera que puede realizarse con propósitos de apropiación de la tecnología, o también, como soporte a proyectos de diseño o evaluación de nuevos sistemas. En cualquiera de los casos, la ejecución de estos proyectos se adelanta valiéndose de software ya existente y el caso de desarrollo de software para realizar simulaciones, no constituye una tarea de simulación propiamente, sino más bien una tarea de desarrollo de software.

El análisis de rendimiento de las redes, puede realizarse a través de la simulación, sin embargo, mientras exista la posibilidad de adelantar estos procedimientos de manera real debe realizarse, atendiendo a que representan un avance en la adquisición de experiencia en el manejo de equipos y situaciones que en la simulación no es posible considerar. Por esta razón en la adquisición y generación de los equipos necesarios, los convenios establecidos tanto con otras universidades como con empresas del sector cobran gran importancia para acceder a espacio de laboratorio o infraestructura de redes

## 1.2 DOMINIO DE INVESTIGACIÓN

Las tecnologías satelitales en su ambición de adaptarse a las condiciones impuestas por las tecnologías terrestres en términos de diversidad y rendimiento en los servicios, han encontrado diferentes barreras asociadas a la naturaleza de la tecnología satelital y a la forma como inicialmente estos sistemas fueron concebidos. El satélite de próxima generación debe ser un dispositivo inteligente compatible con las redes terrestres y tan autónomo, que pueda autogestionarse para sortear con eficiencia situaciones que comprometan la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) para cada uno de los usuarios. Aunque la mayoría de satélites de hoy son repetidores pasivos de microondas, la evolución que se requiere en la tecnología satelital gira en torno a la incorporación de sistemas de procesamiento a bordo y a las estrategias de compatibilidad entre redes atendiendo a que la cobertura global es la integración de los componentes terrestre y satelital para ejecutar la misma tarea conjuntamente.

Atendiendo a esto, el dominio de investigación y desarrollo define un conjunto de áreas donde cada una aborda un desafío específico en la adaptación de las redes satelitales al requerimiento que impone la demanda del usuario. El primer y más importante desafío, es el logro de una capacidad de procesamiento a bordo tal que los satélites sean optimizados para el tráfico de paquetes y se constituyan como elementos activos de las redes IP; se propone así el Área de Redes Satelitales basadas en IP. Seguidamente, se ha considerado el área de Transpondedores basados en Dispositivos Digitales Reprogramables para enfrentar la necesidad de actualizar las cargas de comunicaciones de los satélites, en consecuencia a los avances tecnológicos sucedidos durante su permanencia en órbita, para garantizar que estos siempre sean una opción de conectividad con tecnologías recientes. La optimización y búsqueda de mayor eficiencia ha sido otra de las preocupaciones en esta propuesta de investigación, para tal efecto, se considera el área de Enlaces Adaptativos dedicada a la búsqueda de mecanismos de control inteligente en el uso de la potencia y el espectro radioeléctrico en los enlaces satelitales. De otra parte, se considera que los usuarios asociados a una red satelital deben obtener recursos en la medida que los requieren y deben asociarse indiferentemente a la red que en determinado instante ofrezca las mejores prestaciones sea bien terrestre o satelital, por lo cual se considera el área en Administración de los Recursos y Registro de Usuarios para plantear las soluciones a estos problemas. Otro de los ejes fundamentales sobre los cuales se enmarca la evolución de los sistemas de comunicaciones por satélite es la movilidad de los usuarios para cualquier tipo de servicio, se propone entonces el área de Comunicaciones Móviles para enfrentar todos los retos derivados del control de la localización y movilidad de los terminales. En el escenario de desarrollo de hardware, las propuestas giran en torno al análisis, diseño e implementación de antenas y circuitos electrónicos basados en circuitos integrados de microondas, o estructuras para procesamiento digital de señal (DSP, Digital Signal Processing) en las áreas de Antenas y Circuitos Electrónicos para Comunicaciones en Alta Frecuencia.



Cada área involucra diferentes líneas de investigación enfocadas a dominios más específicos. A continuación se describe cada una de estas y se plantean los objetivos generales.

### **1.2.1 Redes Satelitales Basadas en IP**

- Conmutación de Paquetes a bordo del Satélite

Los satélites con capacidad de enrutamiento conceden a cada paquete una menor latencia puesto que no es necesario involucrar un componente de red terrestre para su direccionamiento hacia el destino, lo cual garantiza menor tiempo de permanencia en la red y al mismo tiempo, las estaciones deben procesar menos paquetes debido a que solo reciben el tráfico de interés para el grupo de usuarios del mismo haz, el cual es considerablemente más pequeño que en el caso de haces zonales e incluso hemisféricos de los primeros satélites puestos en órbita, consiguiendo redes satelitales más eficientes y altamente autosuficientes respecto del tráfico que generan sus redes asociadas.

La propuesta de esta iniciativa consiste en el desarrollo de componentes software y hardware incorporables a las cargas de comunicaciones de los satélites regenerativos para añadir funciones de enrutamiento de paquetes IP a bordo del satélite, de manera que la selección del haz de bajada, selección de parámetros de acceso múltiple y la construcción de la trama de red se realicen en el satélite, al igual que la interpretación de los protocolos de enrutamiento para construir y actualizar las tablas de enrutamiento.

- Provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service)

Cuando al satélite se le otorgan las capacidades de enrutamiento mencionadas anteriormente, este se convierte en un enrutador equivalente a cualquier otro de la red terrestre, de manera que está sometido a los mismos desafíos para enfrentarse a eventos de congestión y selección de las rutas más apropiadas. Para este efecto, deben aplicarse políticas orientadas a conservar los recursos de red necesarios para cada tipo de servicio y no afectar su rendimiento, de manera que procesos como el descarte y enrutamiento de paquetes se realice atendiendo a las prioridades de los servicios teniendo presente que cada uno es vulnerable de manera diferente a la latencia y variaciones de la tasa de transmisión. En el caso de selección de rutas, se deben emplear las métricas que mejor se adapten al comportamiento del tráfico y sean compatibles con las estrategias de ingeniería de tráfico empleadas en las redes terrestres. El éxito de la integración de los satélites al modelo de redes de nueva generación (NGN, Next Generation Networks), está sujeto al éxito de la provisión de la calidad del servicio (QoS, Quality of Service) a cada uno de los flujos que se cursen a través de estos.

Los propósitos de I+D alrededor de esta temática se orientan a diseñar estrategias para que en el entorno de redes satelitales existan mecanismos compatibles con los empleados en las redes terrestres para garantizar la calidad de servicio (QoS, Quality of

Service) y, con ello lograr que el tratamiento de los paquetes se realice siguiendo las mismas consideraciones en ambos escenarios. En otros términos, se trata de desarrollar algoritmos compatibles con las cargas de comunicaciones de los satélites regenerativos basadas en Procesadores Digitales de Señal (DSPs, Digital Signal Processing) y Arreglos Programables de Compuertas (FPGAs, Field Programmable Gate Arrays) para añadir capacidades adicionales al procedimiento de enrutamiento anteriormente mencionado.

- Movilidad de Usuarios IP

La creciente demanda de portabilidad y movilidad de los terminales sumada con la convergencia de las redes en torno al protocolo de IP, hace pensar que prontamente los terminales móviles tales como los teléfonos celulares y asistentes digitales (PDAs, Personal Digital Assistants) gozarán al igual que los computadores de direcciones IP y constituirán parte integral de la red Internet, lo que necesariamente representa un requerimiento de gestión de la movilidad de terminales, que en el ambiente de redes satelitales IP se traslada al segmento espacial tomando ventaja de la capacidad de procesamiento a bordo.

El propósito fundamental en esta línea de investigación, es el establecimiento de soluciones a los requerimientos de movilidad de los usuarios IP en el entorno de las redes satelitales considerando la necesidad de compatibilidad con los protocolos existentes como es el caso de IP móvil, las características de procesamiento a bordo y tecnologías multihaz de los satélites de próxima generación. Se trata entonces de considerar modificaciones, adaptaciones e incluso nuevas propuestas a los protocolos y estrategias de gestión de la movilidad para conseguir terminales IP móviles asociados indistintamente al componente satelital o terrestre.

- Incorporación de Servicios IP al Entorno Satelital.

El desarrollo de plataformas como la voz sobre IP (VoIP), difusión de radio por IP y más recientemente servicios de televisión sobre IP (IPTV), son muestra que existe un inminente requerimiento de adaptar los satélites para que estos sean compatibles tanto con el tráfico de paquetes como con las aplicaciones que hacen posible la oferta de este tipo de servicios, dado que cada uno exige de manera particular como resultado de sus protocolos, velocidad de transmisión y volumen de información, efecto que explica que el análisis se debe concentrar en cada uno y afinar el segmento espacial para que se adapte de forma tal que todos los servicios sean igualmente beneficiados.

En esta área, el propósito es evaluar el comportamiento de los diferentes servicios basados en IP, como es el caso de la telefonía y multidifusión para radio o televisión cuando estos son ofrecidos a través del componente satelital con el objeto de identificar las posibles complicaciones y deficiencias a nivel lógico y, proponer soluciones que conduzcan a un mejoramiento en el rendimiento y calidad como resultado de ajustes a la carga de comunicaciones del satélite en términos de actualizaciones de los procesadores

a bordo. Se hace necesario generar componentes software que incorporados a las cargas de comunicaciones de los satélites regenerativos incorporen mejoramientos al rendimiento de los servicios mencionados.

- **Análisis del Rendimiento de los Protocolos de Transporte**

La pila de protocolos de Internet y particularmente el TCP (TCP, Transmission Control Protocol) son gravemente afectados por la dinámica de operación y condiciones del enlace satelital como se comenta en el Anexo A. Tal condición, ha conducido a la generación de diferentes soluciones que hasta el momento han sido la herramienta para ofrecer los servicios de Internet por satélite con los que se cuentan hoy en día, sin embargo, continúa siendo motivo de estudio nuevas y mejores soluciones considerando tecnologías emergentes derivadas de la alta capacidad de procesamiento de los transpondedores actuales y además de los nuevos requerimientos de las nuevas aplicaciones. Lo cierto en términos de aceleración y aumento de eficiencia del protocolo TCP, es que existen varias posibilidades en el mercado y continuamente emergen nuevas alternativas.

Esta área se orienta principalmente al análisis de las soluciones propuestas para mitigar los efectos del canal satelital sobre el protocolo TCP. La intención consiste en desarrollar análisis comparativos entre las soluciones existentes a través de procesos de simulación o pruebas de laboratorio sobre redes reales para identificar los puntos vulnerables y aportar al fortalecimiento del rendimiento del protocolo atendiendo a que una buena parte de las aplicaciones de usuario en el entorno de Internet se ejecutan sobre este.

- **Gestión de los Servicios**

La gestión de los servicios al igual que en las redes terrestres también es un elemento clave en las redes satelitales para garantizar la correcta utilización de la infraestructura y eficiente oferta de los servicios basándose en medidas y análisis del comportamiento del tráfico, grado de utilización de los recursos y demanda de los usuarios. Por esta razón, se trata de conocer el estado de las variables definidas para realizar el monitoreo de la red en cualquier momento para establecer estrategias que permitan corregir o añadir procedimientos en la búsqueda de satisfacción del usuario y rentabilidad para quien ofrece el servicio.

La línea de investigación en esta área se orienta al desarrollo de componentes software y hardware tales que permitan realizar procedimientos de gestión a bordo del satélite tanto autónomamente como de forma asistida por la estación terrena de control. A través de estos sistemas se espera conocer en tiempo real el estado de los procesadores y de los algoritmos de selección de tráfico, enrutamiento y registro de usuarios relacionados con las características de la demanda existente para facilitar los procedimientos de monitoreo y control de las cargas de comunicaciones y calidad del servicio.

### **1.2.2 Transpondedores basados en Dispositivos Digitales Reprogramables**

- Transpondedores con Procesadores Digitales de Señal (DSPs, Digital Signal Processors)

Los transpondedores regenerativos, es decir, aquellos que realizan procedimientos al nivel de la banda base e incluso de la información de cada usuario, requieren de procesadores a bordo para realizar estas funciones. Atendiendo al modelo de construcción de sistemas de radio a través de dispositivos de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing), siguiendo tecnologías como SDR (SDR, Software Defined Radio), los transpondedores regenerativos además de convertirse en dispositivos capaces de realizar cualquier tipo de operaciones comparables con las realizadas por un equipo de red terrestre, pueden ser fabricados a través de dispositivos reprogramables que son fácilmente manipulables para efectos de ensamblaje y además programables sobre lenguajes bien conocidos. Este hecho, acerca la posibilidad de construir estructuras o arreglos de procesadores validados para ser puestos en órbita en el entorno universitario con requerimientos de laboratorios alcanzables en el contexto nacional.

En esta línea de investigación se propone el diseño e implementación de los procesadores para transpondedores regenerativos basados en arreglos de dispositivos FPGAs y DSPs validados para posicionamiento en órbita y capaces de realizar operaciones a nivel de cada trama de usuario como se comentó en el Modelo de Referencia. Debe aclararse que el desarrollo de los algoritmos para ejecutar cada una de las operaciones que realizaría un dispositivo hardware, siguiendo el paradigma de SDR también es objeto de estudio en esta línea de investigación.

### **1.2.3 Estrategias de Reconfiguración**

Atendiendo a que la permanencia de los satélites en el espacio se prolonga por varios años, y durante este lapso diferentes tecnologías emergen para aumentar el rendimiento y eficiencia de las redes terrestres, los satélites con procesamiento a bordo permanecen sin la posibilidad de ser actualizados para adaptarse a estos adelantos. En este sentido, se considera que siendo los transpondedores construidos a través de dispositivos reprogramables, estos pueden ser actualizados para responder a nuevos desafíos tecnológicos a través de un proceso asistido de reprogramación de los procesadores a bordo. Con esta estrategia se logran satélites que aún en sus últimos años de vida útil, operarán con las tecnologías más recientes.

En esta línea de investigación, se propone la generación de estrategias de actualización de los arreglos de procesadores de señal para actualizar la carga de comunicaciones sin que esto signifique una suspensión temporal de los servicios del satélite, pues se trata de que aún cuando existan comunicaciones en curso puedan ocurrir actualizaciones sobre el funcionamiento del transpondedor. No se trata de cambios para adaptarse o mejorar el rendimiento respecto de condiciones climáticas o de interferencia, se trata de actualizaciones de la carga de comunicaciones en términos de incorporación de nuevas tecnologías, agregación o eliminación de funciones.

#### 1.2.4 Enlaces adaptativos

- Esquemas de Modulación y Codificación Variables

El aumento del tamaño de la constelación de la modulación, representa un aumento del volumen de información que es posible transmitir sobre un determinado ancho de banda, es decir, consiste en un mejoramiento de la eficiencia espectral a costa de un aumento en la complejidad tanto en el proceso de generación de los estados particulares de la señal como en la detección de los mismos. En el escenario de los sistemas satelitales, las alinealidades de los equipos de amplificación sumadas a las inclemencias atmosféricas del trayecto afectan la señal produciendo cambios aleatorios que distorsionan los parámetros que definen cada estado dentro de la constelación, lo cual conduce a detecciones erróneas y a la recuperación incorrecta de la información. En este caso la consideración que debe atenderse es que aún cuando las alinealidades de los equipos siempre están presentes, los factores atmosféricos son constantemente cambiantes, luego en ocasiones será posible emplear esquemas de modulación de mayor o menor complejidad según sea el caso, garantizando que siempre haya una alta eficiencia en el uso del ancho de banda.

Cuando existe un incremento de errores en la detección de los estados de la señal debidos a la aparición de nuevas fuentes interferentes o a las inclemencias del trayecto, las soluciones giran alrededor del aumento de la potencia de transmisión o la migración a un código de corrección de errores más complejo. La propuesta de esta área consiste en la evasión de errores mediante el empleo de esquemas de codificación y modulación integrados siguiendo la dinámica de adaptación a las condiciones instantáneas del medio de transmisión.

Dentro de esta temática el propósito consiste en el desarrollo de componentes software y hardware que añadidos tanto a las estaciones terrenas como a la carga de comunicaciones del satélite, permitan establecer una negociación tanto del tamaño de la constelación de la modulación, el esquema de codificación como el nivel de potencia entre cada estación terrena y el satélite de acuerdo a las condiciones particulares de cada enlace. Para este efecto, se propone el desarrollo de algoritmos de modulación adaptativos ejecutables sobre dispositivos FPGAs y DSPs compatibles con las estructuras definidas para transpondedores regenerativos.

- Control Dinámico de la Potencia de Transmisión

El control de la potencia hace referencia principalmente a la generación de potencia de transmisión en la medida en que el enlace lo exija, luego para un requerimiento de una tasa de transmisión y una BER (BER, Bit Error Rate) específicas, la potencia aumenta o disminuye en consecuencia de los cambios atmosféricos o posición del usuario con el propósito de aumentar el tiempo mínimo entre recargas sucesivas de las baterías de los dispositivos móviles. Se trata de mantener la potencia en el nivel mínimo necesario para alcanzar el rendimiento esperado, compensando con códigos de corrección de errores y

esquemas de modulación particulares, de manera que la potencia aumente sólo en condiciones de propagación muy adversas.

El objetivo de este tópico es integrar las estrategias de adaptabilidad de los esquemas de modulación y codificación con el control de potencia, tratando de encontrar el balance apropiado para que a través de un nivel de potencia mínimo se logre satisfacer los requerimientos establecidos para el enlace. Queda claro que esta intención consiste esencialmente en la generación de algoritmos compatibles con dispositivos reprogramables validados a través de pruebas pertinentes.

- Estimación de las Condiciones de Propagación del Canal y Políticas de Adaptación

La definición del tamaño de la constelación de la modulación, la codificación e incluso el nivel de la potencia se definen a partir de una caracterización del medio de transmisión, la cual debe ser lo suficientemente precisa para que la adaptación sea realmente un mecanismo de gestión eficiente de los recursos y además suficientemente dinámica para que la respuesta a las variaciones del medio sea tal que el sistema responda oportunamente y no sea esta una razón adicional de indisponibilidad para el sistema.

Las estrategias de caracterización del canal satelital, es decir, del proceso de predicción de los efectos del desvanecimiento, atenuación, despolarización, interferencias y multitrayecto que sufre la señal en el recorrido desde el satélite hasta la ubicación del usuario en un instante determinado es en definitiva el procedimiento clave, pues sobre esta estimación se realiza la adaptación de los parámetros de transmisión, sin embargo, los procesos de adaptación que ocurren para un determinado enlace se suponen autónomos debido a que no existe intervención del usuario, pero al mismo tiempo son un proceso coordinado entre los extremos de la comunicación, que pueden ser, las estaciones transmisora y receptora en tierra en el caso de un satélite transparente o el satélite y cada una de las estaciones como sería el caso de un satélite con procesamiento a bordo. Los dos ejes fundamentales de los procesos de adaptación responden a la estimación del canal y a las técnicas de señalización para que ocurra exitosamente la adaptación.

Los esfuerzos se concentran en el establecimiento de estrategias para el modelamiento del canal y procedimientos de señalización para ejecutar procesos de adaptabilidad de los enlaces y validarlos a través de pruebas sobre escenarios virtuales empleando herramientas de simulación donde las condiciones de propagación puedan ser alteradas de manera que permita evaluar la respuesta de los mecanismos de adaptación y señalización. La condición ideal para esta tarea, es la facilidad de acceso a una porción de ancho de banda satelital y equipos de estación terrena para establecer el enlace de prueba.

### **1.2.5 Administración de Recursos y Registro de Usuarios**

- Modelos de Múltiple Acceso considerando variación aleatoria de la Demanda

En el contexto de las técnicas de acceso múltiple que distribuyen los recursos de manera estática independientemente de la demanda, cada nuevo usuario debe adquirir del operador parámetros como efemérides, frecuencia, ancho de banda, potencia e interfaz de radio para configurar los equipos e iniciar la explotación de los servicios. En este modelo, la conexión y desconexión de los usuarios a la red satelital y/o liberación y reasignación de recursos entre usuarios de la red, no es posible como resultado de la herencia de los primeros sistemas satelitales que ofrecían conexiones fijas punto a punto donde el tráfico era alto y continuo. Hoy, la realidad es diferente puesto que los satélites están directamente conectados al usuario final y el tráfico ostenta características de intermitencia, volúmenes altos y alta variabilidad, de manera que una asignación fija de recursos redundante en un uso ineficiente de la infraestructura en órbita. El modelo de acceso múltiple apropiado al escenario de las redes del futuro, se sustenta en mecanismos de negociación entre las estaciones en tierra y el satélite para definir los parámetros y compartir los recursos con los demás enlaces presentes. Desde este punto de vista, cada usuario antes del inicio de una transmisión obtiene temporalmente determinados parámetros que le permiten acceder a la red garantizando que en el momento de ingresar un nuevo usuario, exista la posibilidad de ofrecerle una conexión dinámica.

La propuesta de investigación en técnicas de acceso múltiple se concentra en la generación de estrategias de distribución de recursos de red que ofrezcan acceso a un número aleatorio de usuarios en donde la demanda de cada uno es constantemente variable. El objetivo consiste en la generación de técnicas avanzadas de acceso múltiple al medio donde no existen asignaciones fijas y cada usuario en el momento de registrarse a la red obtiene parámetros de acceso temporales.

### **1.2.6 Adaptación Dinámica de la Zona de Cobertura**

Una de las características heredadas de la incorporación de sistemas de antenas inteligentes al segmento espacial, es la capacidad de orientar los lóbulos de radiación en respuesta a órdenes de la estación terrena de control, de esta manera, los satélites pueden dar forma a la zona de cobertura aún después de que han sido puestos en órbita, lo cual cobra gran importancia en el escenario de las comunicaciones móviles, puesto que es posible que en una determinada zona la concentración de usuarios sea tal que se exceda la capacidad disponible y no se pueda ofrecer el servicio a cabalidad aún y cuando se emplee asignación dinámica de recursos. En este caso, la solución sería orientar a esta zona haces de reserva o haces donde no existen usuarios temporalmente para suplir la carencia de recursos, sin embargo esta solución implica la integración de los mecanismos de localización de los usuarios y estimación del tráfico con los sistemas de formación de haces, lo que redundante en el desarrollo de nuevos algoritmos y eficiente respuesta en los procesos de movilidad de haces.

La línea de investigación en adaptación dinámica de la zona de cobertura se concentra en la búsqueda de estrategias para la orientación de los haces del satélite en respuesta a los cambios de concentración de los usuarios o al crecimiento de la demanda en determinadas zonas del área de servicio. El propósito consiste en el desarrollo de algoritmos para integrar los sistemas de gestión de la movilidad de usuarios, estimación del tráfico con las redes de formación de haces, buscando que estos procesos ocurran autónomamente en el satélite y no sea una tarea de la estación de control en tierra, con el objeto de disminuir el tiempo de respuesta y aumentar la flexibilidad de los sistemas satelitales.

### **1.2.7 Comunicaciones Móviles por Satélite**

- **Análisis de la Interfaz de Radio**

La interfaz de radio entendida como el esquema de modulación, codificación y técnica de acceso múltiple, en el escenario particular de las comunicaciones móviles no está definida como un estándar aún cuando actualmente existen sistemas en funcionamiento. Esta situación se justifica parcialmente por la carencia de una especificación que se adapte a los requerimientos de tasas de transmisión, proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) y optimización de las baterías.

Dentro del análisis de la interfaz de radio, la propuesta consiste en el análisis de las interfaces existentes a través de escenarios virtuales logrados mediante simulación que permitan comparar e identificar los potenciales y dificultades de cada una, con el objeto de generar nuevas propuestas que aporten al proceso de conseguir alto rendimiento en los terminales móviles.

- **Administración de la Movilidad de Usuarios en el Segmento Espacial**

Atendiendo a que la cobertura ofrecida por el satélite es suficientemente amplia y que además está dividida en áreas más pequeñas como resultado de los múltiples haces, cuando se genera una llamada en un haz determinado para un usuario móvil de la misma red, el sistema debe conocer la localización del destino para establecer la conexión, esto implica identificar el haz y asignar recursos para el establecimiento de la comunicación. Esta operación es similar a la realizada para identificar la celda del usuario de destino a través de los centros de conmutación de servicios en las redes móviles terrestres GSM. Cuando la movilidad de usuarios es un proceso adelantado de manera paralela en la sección de red terrestre y la sección satelital, es posible lograr que las llamadas generadas y terminadas en la red satelital no demanden tráfico hacia la red terrestre y sean atendidas autónomamente por el satélite.

Se pretende desarrollar en dos escenarios diferentes en los cuales se pueda plantear el problema de la movilidad de los usuarios, bien puede ser para adaptarse al modelo de control de movilidad y localización de las redes GSM y CDMA actuales o puede



plantearse para que estos procesos se realicen en un entorno totalmente IP, ambos casos son de particular interés, pero el futuro apunta hacia la masificación del uso de IP y más cuando existen facilidades de movilidad planteadas tanto para la versión IPv4 como para la versión de nueva generación IPv6. El objetivo consiste en el desarrollo de estrategias para realizar control de la movilidad y localización de los usuarios en el segmento satelital sin la asistencia de recursos en tierra cuando la comunicación se inicia y termina en el área de cobertura del satélite en el entorno de redes IP.

- **Compatibilidad con las Redes Terrestres**

Las redes terrenas y las redes satelitales son elementos complementarios en el escenario de las comunicaciones móviles, es decir, la cobertura global es el resultado de una mezcla de tecnologías terrenas y satelitales de acuerdo a las condiciones geográficas y económicas convenientes para los operadores de servicio, sin embargo esta estrategia no ha sido completamente explotada y hoy en día, la posibilidad que permita a los usuarios asociarse de manera indiferente a la sección terrestre o satelital dependiendo de cual ofrezca mejores prestaciones no es una práctica común en nuestro medio debido posiblemente a la existencia de barreras tecnológicas como las bandas de frecuencias, las interfaces de radio e incluso los acuerdos entre operadores. Sin embargo, los sistemas satelitales deben adaptarse al funcionamiento de las redes terrestres para facilitar la integración y armonización de los procesos de señalización para atender el curso de comunicaciones que se generan en la sección terrestre y terminan en la sección satelital, o cuando se generan y terminan en la sección terrestre pero uno de los extremos está próximo a salir del área de cobertura y requiere un traspaso entre secciones, puesto que en ambos casos, es necesario de la acción conjunta de ambas redes e incluso del móvil para ofrecer o mantener el servicio y para que tanto los privilegios como las restricciones de cada usuario sean los mismos en ambas redes. Para este logro, las restricciones obedecen más a las negociaciones entre operadores que a razones tecnológicas.

Sobre este aspecto, los esfuerzos se orientan al establecimiento de estrategias para realizar registro de usuarios para que este se asocie a la red satelital y pueda establecer comunicaciones con terminales asociados a las redes terrestres o viceversa, e incluso puedan generarse procesos de traspaso de móviles entre el componente terrestre y satelital considerando la posibilidad de que exista o no una comunicación en curso. El propósito es la generación de mecanismos de señalización para el intercambio de información de gestión y asignación de recursos entre ambas redes.

### **1.2.8 Antenas**

- **Arreglos en Fase de Antenas**

A través del control de la fase y amplitud de cada una de las señales obtenidas por cada arreglo de antenas, es posible generar un patrón de radiación con la capacidad de adquirir formas particulares y generar varios lóbulos, lo cual permite concentrar la energía tanto en transmisión como en recepción, anular interferencias y asegurar un apuntamiento más

confiable y eficiente. El problema asociado a esta técnica radica en la necesidad de diferentes antenas, lo que representa una demanda de espacio y peso que no es conveniente en el segmento espacial, lo que ha restringido el uso de esta técnica en las estaciones terrenas y ha conducido al estudio de arreglos de múltiples alimentadores con único reflector.

El propósito es el de analizar y diseñar arreglos en fase para la generación y conformación de patrones de radiación adaptables a requerimientos específicos, más precisamente se trata de desarrollar algoritmos de procesamiento digital de señal para controlar la fase y/o amplitud de las señales de cada una de las antenas o del alimentador del arreglo para cambiar a conveniencia el patrón resultante. Estas plataformas software se plantean primeramente como herramientas académicas necesarias para validar el fundamento matemático que existe detrás del diseño de los arreglos de antenas y además porque son el primer paso en la implementación de algoritmos autónomos para la conformación de haces.

- Arreglos de Alimentadores para Conformación de Haces

Atendiendo a que la mayoría de las veces la adquisición de múltiples antenas no es económicamente posible considerando las limitaciones de peso y volumen, se ha planteado que para efectos de generación de patrones de radiación conformables es posible emplear un reflector iluminado por un conjunto de arreglos donde las características de fase y amplitud de la señal capturada o transmitida es controlada a través de componentes software. Esta tecnología por su poco peso y volumen, se emplea tanto en el segmento espacial como terreno, donde los múltiples haces con movilidad, al igual que la alta ganancia de antena son requerimientos esenciales como se ha venido discutiendo.

El desarrollo se debe concentrar en el análisis, diseño e implementación de arreglos de alimentadores con único reflector para la generación de patrones de radiación conformables, empleando los procesadores de señal de la carga de comunicaciones o módulos adicionales construidos a partir de circuitos de microondas. Una condición fundamental es la validación de estos diseños a partir de procesos de simulación e implementación en hardware para realizar análisis de la respuesta en diferentes bandas de frecuencia y en términos del factor de ganancia - temperatura de ruido.

- Construcción de Antenas y Reflectores

La antena constituye uno de los principales problemas en la miniaturización de los dispositivos de usuario, es por esto que existen hoy en día tecnologías para la construcción de antenas a través de pequeñas láminas de cobre adheridas a materiales no conductores tal y como si se tratara de un circuito impreso, estas tecnologías aún presentan pobres rendimientos por lo cual son objeto de muchos estudios para mejorar su respuesta en términos de ancho de banda y técnicas de conformación del haz. Igual sucede con las tecnologías de lentes y superficies planas con reflectores impresos, puesto que el propósito fundamental es la posibilidad de acceder a diferentes redes, la

que mejor prestaciones ofrezca para una posición en particular, a través del mismo terminal.

La construcción de antenas y reflectores se debe concentrar en el análisis de rendimiento de las tecnologías emergentes para construcción de antenas a través de procesos de simulación y pruebas de hardware con el objeto de identificar los puntos vulnerables para aportar al mejoramiento de estos como resultado de trabajos de implementación y pruebas realizadas a nivel de laboratorio. Las tecnologías consideradas para tal efecto son las antenas de microcinta, lentes y reflectores planos tanto para estaciones fijas como portátiles o móviles.

### **1.2.9 Dispositivos Electrónicos para Comunicaciones en Altas Frecuencias**

- Análisis, Diseño e Implementación de Circuitos para Operación en Altas Frecuencias

Aún y cuando la tendencia tecnológica conduce a la reducción de los dispositivos hardware por procesadores digitales de señal equivalentes, existen limitaciones técnicas asociadas a los niveles de potencia e incapacidad de los convertidores analógicos a digital para muestrear señales de alta frecuencia, lo que concede a determinados elementos una inmunidad para ser reemplazados y les garantiza su permanencia en los sistemas de comunicaciones. Estos elementos son principalmente los amplificadores de bajo ruido y los convertidores reductores de frecuencia o los amplificadores de potencia y los convertidores elevadores de frecuencia. Atendiendo a este fenómeno se han generado tecnologías para reducir el tamaño, el peso y el rendimiento de estos dispositivos como es el caso de los circuitos integrados monolíticos de microondas (MMIC, Monolithic Microwave Integrated Circuit) y los transistores de electrones de alta movilidad (HMET, High Mobility Electron Transistor). De acuerdo a lo anterior, la tarea consiste en reemplazar los dispositivos empleados hasta el momento por dispositivos electrónicos de estado sólido que permitan mayor rendimiento y linealidad para adaptarse a amplios anchos de banda y altos niveles de potencia.

Se persigue en este tópico apropiar las tecnologías de circuitos integrados de microondas para análisis, diseño, simulación e implementación de circuitos capaces de operar con señales en las bandas C, Ku y Ka. La construcción de estos implica un conjunto de problemas relacionados con el ruido y manejo de los dispositivos puesto que son muy pequeños y extremadamente sensibles a la energía estática, lo que dificulta su manipulación y requiere de equipo de laboratorio especializado para su montaje. Inicialmente los esfuerzos en esta línea están concentrados en los procesos de simulación de circuitos empleando paquetes software. La implementación de circuitos se realiza en el momento que exista disponibilidad de recursos para realizar la compra del equipo y de los circuitos integrados necesarios.

- Dispositivos reprogramables para ejecución de algoritmos de procesamiento digital de señal

Para realizar procesamiento digital de señal en los transpondedores, el proceso ideal consiste en realizar el muestreo posteriormente a la etapa de amplificación de bajo ruido, es decir, antes de que ocurra el proceso de traslado de frecuencia para deshacer la mayor cantidad de hardware y liberar al sistema de alinealidades, productos de intermodulación e incluso de variaciones de frecuencia de los osciladores hardware.

Esta tarea se concentra en la evaluación del rendimiento de los dispositivos de conversión analógica a digital, de los procesadores de señal y de los arreglos de estos para determinar la factibilidad de su empleo en sistemas de radio definido por software (SDR, Software Radio Defined) tanto en equipos de estación terrena como transpondedores. Por otra parte, el diseño y montaje de estos circuitos como productos finales al igual que su validación para soportar el ambiente espacial, también es parte del objeto de estudio.

### **1.3 EL GRUPO DE TRABAJO**

Se entiende por grupo de trabajo, el conjunto coordinado de docentes y estudiantes que se encargan de ejecutar las actividades trazadas en el plan de desarrollo. En este apartado, se busca realizar un conjunto de consideraciones respecto de la organización de este grupo e identificar las tareas que deben ser realizadas en su interior para efectos de garantizar su sostenibilidad y crecimiento.

Para empezar se debe aclarar que el grupo de trabajo integra talentos de los programas de ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, ingeniería electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, ingeniería electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas e ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana. Adicionalmente, es posible que se integren talentos de disciplinas diferentes a estas ingenierías cuando así lo exijan los proyectos y se deja abierta esta posibilidad, pues no se definen estrictamente que otras disciplinas.

A la fecha de escribir esta líneas, no existe un número de proyectos de pregrado o postgrado ni tampoco un número de personas que respalden el nombre o el título de Grupo de I+D en sentido estricto, así que inicialmente, este grupo de trabajo se constituye como un componente del Grupo GNTT de la Universidad del Cauca, pero que con el tiempo, en la medida en que se generen productos de I+D y se integren más investigadores se avanzará en la consolidación de un grupo de I+D independiente, con recursos e instalaciones propias.

Los actores que toman parte en el Grupo son principalmente docentes y estudiantes de pregrado y postgrado de las instituciones mencionadas al inicio. A continuación se describen los perfiles identificados adecuados para desempeñar los diferentes roles al interior del grupo.

### **1.3.1 El Líder o Líderes**

El líder o el grupo de líderes, quienes preferiblemente deben ser las personas con mayor nivel de estudios y experiencia en el área de telecomunicaciones por satélite, deben contar con la capacidad para promover y convocar procesos de distribución de tareas, gestión y evaluación del grupo, consecución de recursos materiales y financieros para garantizar la factibilidad e impacto de las actividades de I+D. Igualmente, deben estar comprometidos con los procesos de divulgación de los resultados, dado que la visibilidad del grupo está dada en términos de cantidad y calidad de los resultados.

Los líderes deben ser personas capaces de propiciar un ambiente adecuado para los demás miembros del grupo, del mismo modo, deben tener la capacidad de coordinar las actividades que se desarrollan en su interior para que sean coherentes con los objetivos propuestos y el contexto tecnológico.

### **1.3.2 Asesores**

El grupo de asesores es el conjunto de profesionales pertenecientes al Grupo con experiencia y conocimientos especializados en una de las áreas que componen el dominio de investigación, de manera que debe existir al menos, un asesor por cada área para ofrecer orientación en a los grupos que adelantan los proyectos planteados en el Plan de Desarrollo y garantizar la calidad de los productos de I+D.

Los asesores de cada área deben velar por mantener ordenada la información que generan cada uno de los proyectos en el área de la cual son responsables. Esta responsabilidad implica la revisión de material y respectivo almacenamiento sistemático de manera que sea conocido y accesible por los demás miembros del grupo con el objetivo de propagar los resultados, favorecer la reusabilidad y evitar la duplicación de esfuerzos. Adicionalmente, deben velar por la gestión de la base del conocimiento y la generación de espacios para el intercambio de ideas, experiencias y divulgación de resultados al interior del grupo en el área que le corresponde.

Periódicamente los asesores deben presentar informes de avances y estado de las tareas que se están adelantando en el área que dirigen, para efectos de coordinación y sincronización del avance de todos los proyectos.

### **1.3.3 Consultores**

Los consultores son profesionales que no pertenecen al grupo pero que deben contar al menos con el mismo perfil de los asesores. Su apoyo es solicitado expresamente por un asesor o por el director del grupo para efectos de orientación, valoración y evaluación de

los proyectos del programa de I+D. Es recomendable que existan al menos, el mismo número de consultores que áreas en el dominio de investigación del grupo.

Con el propósito de elevar la calidad de los productos de I+D y aportar una visión prospectiva, los consultores exponen su punto de vista a cada uno de los proyectos del Plan de Desarrollo con el objeto de encontrar ideas, métodos y soluciones diferentes a las que ha sido concebidas por los desarrolladores e investigadores, por esta razón, es recomendable que los consultores estén asociados a empresas de servicios de telecomunicaciones, empresas de regulación o grupos de I+D de otras universidades.

#### **1.3.4 Investigador**

Los Investigadores son encargados de dirigir los proyectos definidos en el Plan de Desarrollo. Su función es orientar a los desarrolladores, construir y velar por el cumplimiento del plan de trabajo de los proyectos que dirige. Es posible que en los inicios del Grupo, los asesores cumplan el rol de los investigadores e incluso consultores, sin embargo, en la medida del tiempo, se generará el requerimiento de diferenciar estos roles.

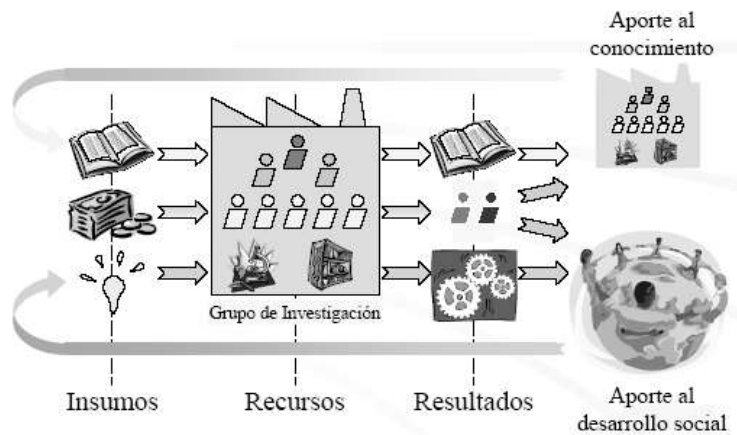
Los investigadores deben presentar informes del estado del proyecto a los Asesores de las áreas con las cuales están relacionados los proyectos que dirigen, con el propósito de organizar la base de conocimientos y validar los productos de I+D.

#### **1.3.5 Desarrolladores**

Los desarrolladores se encargan de ejecutar los proyectos definidos en el Plan de Desarrollo. Es claro que la permanencia de estos no necesariamente debe ser tan larga como la de los anteriores roles e incluso, puede que constantemente sean renovados debido a la corta duración de los proyectos, pues debe recordarse que estos están asociados al grupo solamente si están ejecutando un proyecto o tarea de I+D.

### **1.4 LA GESTIÓN DEL PROGRAMA DE I+D**

**Figura 2: Dinámica de un Grupo de I+D**



Fuente: Ing. Dr. Álvaro Rendón G.

Atendiendo a que el Programa de I+D en Tecnologías Satelitales pretende ser un polo dinamizador de la actividad científica y tecnológica alrededor de los sistemas satelitales de telecomunicaciones, se propone un modelo de gestión como garantía del establecimiento paulatino del equipo de trabajo y como mecanismo de organización y optimización de la inversión de los recursos y talentos en la consecución de este propósito.

Para empezar, todos los grupos de I+D tienen una dinámica que obedece a la transformación de conocimientos existentes, nuevas ideas y recursos económicos en aportes al desarrollo social o nuevo conocimiento para la comunidad científica a través del trabajo de un grupo de investigadores durante un tiempo suficiente para lograr resultados utilizables o aplicables. Esta dinámica, se expone en la Figura 2 y se resalta que se trata de un modelo retroalimentado que conduce a la exploración del medio para generar cada vez nuevas ideas e identificar nuevos requerimientos para mantenerse siempre coherentes con el contexto. La gestión del Grupo de trabajo, que en definitiva es la gestión del Programa de I+D que se propone en este documento, intenta precisamente garantizar que este proceso de transformación se realice de la forma más eficiente y eficaz. De igual forma, para efectos de realizar una gestión integral, también se proponen tareas de evaluación y seguimiento que faciliten conocer el estado global del Grupo e identificar su modo de operación.

#### 1.4.1 Tareas de Gestión

La gestión del Programa de I+D compete a todos los miembros del grupo de trabajo, sin embargo debe ser coordinada por el Líder del grupo. Las tareas que comprenden la gestión son la consecución y distribución de los recursos materiales y financieros, valoración del estado del Grupo, las Actividades de I+D y los resultados; construcción de planes para formación de investigadores, selección de estrategias de desarrollo, monitoreo y optimización del ambiente de trabajo, generación de espacios de participación e intercambio con otros grupos en eventos de divulgación y finalmente, establecimiento de canales de intercambio de información y resultados entre todos los

miembros del grupo para garantizar sincronización y coherencia en las contribuciones de cada una de las áreas que constituyen el dominio de investigación. A continuación, se analizan algunas de las consideraciones que deben atenderse durante la ejecución del Plan de Desarrollo en los aspectos que se han mencionado.

Para dar inicio al Programa de I+D, se debe considerar que los proyectos planteados en el Plan de Desarrollo requieren de insumos e instrumentación con los cuales no se cuentan y que su adquisición escapa al presupuesto de I+D de las universidades asociadas, de manera que es necesario identificar otras fuentes que permitan recolectar recursos materiales y financieros que garanticen la viabilidad económica de estos proyectos. En otros términos, debe existir un constante monitoreo de oportunidades de financiación a nivel local en cada una de las universidades y también a nivel de instituciones como Colciencias u otras de carácter internacional. En la medida en que exista adecuada infraestructura de I+D, mayor es el impacto de los resultados del grupo y mayores son los logros en la formación de investigadores. Cuando se trata de equipos o espacios de laboratorio no solamente debe considerarse la opción de compra para acceder a estos, también es factible identificar las instituciones o empresas que cuentan con estos recursos e intentar establecer convenios que permitan acceder a estos a cambio de compartir resultados de investigación o incluso siguiendo un modelo de alquiler por cortos periodos. En este contexto, es vital la correcta administración, puesto que los recursos son escasos y deben invertirse cuidadosamente.

Debido a la escasa cantidad de profesionales con título de Maestría y Doctorado dedicados a este campo, existe la necesidad de que al interior del Grupo de Trabajo se definan estrategias de formación de investigadores en el área a través del patrocinio de estudios de maestría y doctorado, lo cual representa al mismo tiempo, el establecimiento de canales de cooperación con universidades foráneas y el posicionamiento del Grupo en el contexto global.

Aún cuando el equipo de trabajo nace como intención compartida de diferentes universidades colombianas, debe ser una prioridad fundamental el establecimiento de conexiones con otros grupos de I+D relacionados con el área no solamente nacionales sino también internacionales ya que esto constituye una oportunidad de intercambio de conocimiento, productos de I+D e incluso talentos. La interacción con otros grupos es un factor que contribuye a mejorar la calidad e impacto de las tareas de I+D dado que es posible integrar o sincronizar esfuerzos y así, evitar duplicación de esfuerzos. Es importante considerar la figura de investigador visitante, pasantía o intercambio como herramienta de canje de experiencias, formación de investigadores, potenciación de la visibilidad nacional e internacional del grupo y además, como mecanismo de monitoreo tecnológico para la evaluación de la pertinencia de las actividades.

En la medida del tiempo, la cantidad de productos de I+D como resultado de la ejecución de los proyectos del Plan de Desarrollo generarán volúmenes de información que cada vez serán más difíciles de propagar entre todos los miembros, por lo cual, es importante una correcta administración de la base de conocimiento a través del almacenamiento sistemático de los productos de I+D, para que se mantengan siempre disponibles y



actualizados por medio de un sitio Web y servicios de FTP tanto para los miembros del grupo, como para interesados en el área. Por la misma razón, es necesario que existan espacios periódicos de interacción entre los miembros donde se presenten resultados y se compartan experiencias buscando no solamente capacitar integralmente a los talentos sino también contribuir en la armonización del ambiente de desarrollo. En este propósito, debe considerarse que los miembros del grupo están distribuidos en cuatro ciudades diferentes por lo cual se deben emplear herramientas como correo electrónico, servicios de mensajes de texto, voz IP e incluso videoconferencia como mecanismos de comunicación y sincronización de las actividades.

Por otra parte, una de las tareas más importantes relacionadas con la gestión del Grupo, es la armonización del ambiente de trabajo para todos los miembros para que exista compromiso y responsabilidad como resultado de la pertenencia al equipo de trabajo y no como una obligación derivada de una orden. Del mismo modo, las relaciones interpersonales entre miembros deben fundamentarse en el respeto y la camaradería con la concepción clara de que el impacto y calidad de los productos de I+D son resultado del trabajo cooperativo y de las contribuciones aisladas que realizan las partes. Es claro que debe darse mayor prioridad a la armonía del ambiente de desarrollo antes que a cualquier otro aspecto cuando se realizan procesos de selección de personal, pues debe evitarse a toda costa personas que propicien la sectorización del equipo de trabajo.

Se recomienda la realización periódica de reuniones entre estos para discutir alrededor del estado del grupo y analizar los resultados de las tareas de evaluación y seguimiento que se describen a continuación pues debe recordarse que en el transcurso de la ejecución del Programa pueden suceder o aparecer factores que impidan el normal desarrollo y se requiera incluso de la construcción de un nuevo Plan de Desarrollo. Para este efecto, a continuación se describen estas tareas las cuales hacen parte también de la gestión del Programa de I+D.

#### **1.4.2 Tareas de Evaluación**

Las tareas de evaluación se realizan de manera discreta en el tiempo con periodos que debe definir el líder. Para tal efecto, se describe a continuación el modelo de Análisis y Evaluación de Grupos propuesto por Colciencias y que se propone como el más adecuado para realizar estas tareas al interior del grupo dado que ha sido desarrollado por expertos en el área y actualmente se emplea para el escalafonamiento de los grupos I+D.

Se recomienda que el director conozca con profundidad los mecanismos de Colciencias para evaluar y clasificar los grupos de I+D con el objeto de realizar una gestión acorde con este modelo.

#### **1.4.3 Tareas de Seguimiento**

El seguimiento hace referencia al proceso continuo de monitoreo sobre todas las actividades que realiza el grupo con el propósito de garantizar adecuada utilización de los

recursos, así como inversión del talento. Para este efecto, se requiere una constante supervisión de proyectos, de los miembros y productos de I+D, considerando aspectos no estrictamente tecnológicos como la coherencia con respecto a los objetivos del grupo, pertinencia respecto del contexto tecnológico y las necesidades existentes, calidad, eficiencia, eficacia e impacto en el entorno local y global. Por otra parte, las tareas de seguimiento permiten recopilar información que facilitan el modelamiento de la dinámica del grupo, lo cual facilita todos los procesos de gestión analizados en la sección 1.4.1.

A continuación se describen los aspectos a analizar en el proceso de seguimiento del Programa de I+D. Estos aspectos pueden entenderse como indicadores a los cuales pueden asociarse variables para facilitar la ponderación, sin embargo este documento se ha limitado únicamente a sugerir algunas de ellas, de manera que es necesario que se defina una metodología de seguimiento que se adapte a las condiciones del momento.

#### 1.4.3.1 Actividad de I+D

Se trata de recopilar información cuantitativa útil para contabilizar y comparar en periodos de tiempo diferenciados, el volumen de trabajo realizado por el grupo de investigación. Por ejemplo, número de reuniones que se han desarrollado, número de proyectos en ejecución, número de proyectos finalizados, productos de I+D, número de eventos organizados, entre otros.

#### 1.4.3.2 Actividad de Gestión

Este aspecto analiza en periodos de tiempo diferenciados, la actividad del grupo orientada a su organización, gestión y evaluación como resultado de la cuantificación de variables como el número de reuniones de gestión, cantidad de procesos de evaluación finalizados, tiempo total dedicado a planificar, entre otros.

#### 1.4.3.3 Nivel de Eficiencia

La eficiencia del Programa de I+D relaciona los resultados obtenidos con el tiempo invertido en su finalización. El indicador de eficiencia debe compararse con las proyecciones y, en general, con los supuestos que se tuvieron en cuenta al inicio del proyecto.

#### 1.4.3.4 Nivel de Eficacia

La eficacia mide el grado de correspondencia entre los objetivos formulados y los logros obtenidos en los resultados propuestos. Indica si se cumplieron o no los compromisos establecidos y si se abordaron los aspectos correctos en cada proyecto. En la evaluación de este aspecto es fundamental conocer y definir inicialmente los requerimientos para comparar los productos obtenidos con las expectativas fijadas al inicio, de lo contrario, se puede estar logrando una gran eficiencia en aspectos no relevantes para los objetivos del proyecto.

#### 1.4.3.5 Calidad

La calidad relaciona las características de los resultados en términos de aceptación por parte de los consultores del grupo, apreciaciones obtenidas en las presentaciones o publicaciones en eventos y además, los premios y reconocimientos recibidos por cada uno de los resultados.

#### 1.4.3.6 Impacto

El impacto mide la contribución del Programa de I+D y de cada uno de los proyectos al cambio en las variables consideradas en el diagnóstico consignadas en el Anexo B. Para su valoración, se deben comparar estas variables con las condiciones después de generar resultados e identificar las diferencias.

#### 1.4.3.7 Pertinencia

Este indicador determina la capacidad del plan de desarrollo para responder a las necesidades del entorno, las cuales fueron identificadas en el diagnóstico presentado en el Anexo B. Las variables de pertinencia deben medir y/o valorar los siguientes atributos:

Oportunidad: ¿el resultado se obtuvo en el momento más indicado en relación con la situación tecnológica objetivo? ¿El resultado aporta al mejoramiento de las condiciones actuales? ¿Se tuvo en cuenta aspectos del entorno local como condiciones políticas, culturales y de aceptación social, científica y tecnológica?

Inclusión: ¿Se ha podido incluir o abarcar a todos los objetivos trazados en el programa? ¿Están participando todos los miembros del equipo de trabajo?

Equidad: ¿han tenido la misma posibilidad de acceso a los recursos materiales y financieros todos los grupos implicados? ¿Se han invertido recursos en las proporciones adecuadas a los diferentes objetivos del Programa?

Calidad: ¿se ha llevado a cabo el Plan de Desarrollo de la manera más adecuada, esto es, con las modalidades, metodologías y técnicas más recomendadas y al mismo tiempo disponibles y aceptadas por los miembros?

#### 1.4.3.8 Satisfacción

Este aspecto intenta valorar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada uno de los productos de cada proyecto, así como la compatibilidad con los resultados anteriores y proyectos futuros. Para la ponderación de las variables de este aspecto deben considerarse los informes de avance que presentan los desarrolladores.

#### 1.4.3.9 Nivel de Producción

Analiza los productos de I+D tales como publicaciones en revistas, ponencias en eventos y documentos de trabajo generados por el grupo. Los productos de I+D permiten adicionalmente medir la calidad, cantidad y la visibilidad de la investigación.

#### 1.4.3.10 Crecimiento y Consolidación

Este indicador relaciona el fortalecimiento y dinamismo sostenido que el grupo de trabajo experimenta como resultado de la ejecución de las actividades de I+D, los procesos de formación de investigadores y el compromiso e interés de los integrantes.

## 2 PLAN DE DESARROLLO

### 2.1 LINEA DE I+D EN REDES SATELITALES DE PRÓXIMA GENERACIÓN

La Línea de I+D en Sistemas Satelitales de Próxima Generación está orientada a obtener productos tanto para el segmento espacial como terrestre con el propósito de aportar en la consolidación de una nueva generación de sistemas satelitales que empieza a gestarse con los requerimientos de los usuarios y redes de hoy. Por esta razón, la tarea propuesta en esta línea es precisamente el análisis e identificación de las tecnologías más apropiadas para proponer soluciones y construir prototipos para contribuir al conocimiento global alrededor de esta iniciativa.

Los proyectos planteados en esta línea están orientados a diseñar e implementar un prototipo de transpondedor y otro de estación terrena con características particulares con el objetivo de evaluar soluciones a las barreras tecnológicas identificadas en la sección 1.1.4 para el proceso de migración de las redes satelitales actuales a las de próxima generación. La estructura modular de estos prototipos, la cual constituye una referencia para el desarrollo de los proyectos de esta línea, se expone en el Anexo C de este documento. El objetivo de este prediseño de los prototipos es principalmente brindar una visión general en alto nivel de abstracción del resultado esperado, pues se han considerado las funciones de cada uno de los módulos y las posibles interfaces con los demás componentes del sistema. Se recomienda que este anexo sea revisado por cada uno de los desarrolladores de los proyectos y se actualicen sobre este las redefiniciones o incrementos como producto de la ejecución de los proyectos.

A continuación se describen cada una de las tres fases consideradas en esta línea de I+D e igualmente se exponen los objetivos y los proyectos planteados para la consecución de cada uno de estos. Cada proyecto está presentado en un formato de tabla para efectos de organización de este documento.

#### 2.1.1 Fase de Establecimiento

##### 2.1.1.1 Definición de la Técnica de Acceso Múltiple al Satélite.

El primer propósito de la fase de establecimiento es definir una técnica de acceso múltiple al medio considerando los requerimientos de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) de cada una de las estaciones terrenas y la necesidad de asignación de recursos según la demanda de usuarios a la red. Esta tarea inicia con la evaluación del rendimiento de las tecnologías de acceso al medio basadas en combinaciones de OFDM (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con las técnicas convencionales de FDMA (FDMA, Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) y CDMA (Code Division Multiple Access) para identificar cuál ofrece la mayor flexibilidad,

rendimiento y garantías de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) atendiendo a que los terminales no son necesariamente fijos sino también móviles y portátiles. En estos términos, se proponen los primeros proyectos orientados a simular y analizar las posibles combinaciones tecnológicas para proponer las adaptaciones necesarias de acuerdo a los requerimientos de los sistemas satelitales y definir recomendaciones que sean el soporte para elegir el sistema de acceso múltiple que mejor se adapte al escenario de la nueva generación de comunicaciones por satélite.

De acuerdo a las anteriores condiciones se han propuesto cuatro proyectos orientados a la simulación y evaluación de las tecnologías de acceso al medio, los cuales deben ser adelantados y finalizados de manera simultánea para realizar la comparación de rendimiento a partir de sus resultados. La descripción de los proyectos de esta iniciativa se describe en Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

**Tabla 1: Descripción del Proyecto MAC-01**

<b>Proyecto MAC-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Factibilidad de la Implementación de un Sistema de Acceso Múltiple al Satélite basado en una combinación estratégica de las tecnologías OFDM y FDMA para el modelo de redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la factibilidad y las ventajas de implementar un sistema de acceso múltiple a los recursos de un transpondedor a través del uso combinado de técnicas FDMA y OFDM siguiendo una política de asignación de recursos por demanda y garantía de la calidad de servicio?
Objetivo General	Evaluar la factibilidad de implementar un sistema acceso múltiple al satélite a través de la combinación de tecnologías FDMA y OFDM considerando requerimientos de asignación dinámica de los recursos y provisión de calidad de servicio.
Objetivos Específicos	Realizar una fundamentación teórica sobre la combinación de las tecnologías FDMA y OFDM como soluciones para permitir múltiple acceso al satélite.
	Diseñar una solución de múltiple acceso al satélite basado en OFDM y FDMA para el entorno de las redes satelitales de próxima generación.
	Analizar a través de simulación el comportamiento de las soluciones de acceso múltiple al satélite basadas en combinaciones de OFDM y FDMA.
Resultados Esperados	<p>La ejecución de este proyecto pretende diseñar una técnica de acceso múltiple para el enlace de subida al satélite y validarla a través de la plataforma de simulación. Con tal resultado, se espera determinar la factibilidad de implementar un sistema de múltiple acceso al satélite combinando las técnicas de OFDM y FDMA, atendiendo a que se requiere asignación bajo demanda, provisión de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y además, los terminales gozan de movilidad y/o portabilidad.</p> <p>La simulación debe considerar la configuración del escenario de comunicaciones en términos de ancho de banda, plan de frecuencias, número y configuración de los haces del satélite, así como, cantidad, localización y demanda de los usuarios a través de un mapa de la zona de servicio. Los procesos sobre los cuales se debe hacer gran énfasis son el traspaso de un terminal desde un haz a otro, interferencias por múltiples</p>

	<p>usuarios, conexión y desconexión aleatoria de usuarios y aumento o disminución del tráfico por usuario.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>En el modelo de redes satelitales de próxima generación propuesto en esta Avanzada se exige un uso eficiente de los recursos disponibles en el satélite, efecto que es difícil de lograr empleando técnicas de acceso múltiple donde los recursos son distribuidos estáticamente y además no consideran condiciones particulares del nivel de servicio. Considerando esta situación y que además, la técnica OFDM ha demostrado una alta eficiencia espectral, altas tasas de transmisión y robustez en ambientes de propagación adversos en redes terrestres, se propone trasladar estas ventajas a las redes satelitales para crear un sistema de acceso múltiple combinando esta técnica con el modelo clásico de FDMA y evaluar el rendimiento y factibilidad de esta solución.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto es necesario contar con un computador con suficientes capacidades de procesamiento y los paquetes software que los desarrolladores tengan a bien emplear para la realización de las simulaciones. Por otra parte, es fundamental la disponibilidad de un acceso permanente a Internet durante toda la etapa de desarrollo.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación, técnicas de múltiple acceso al medio, procesos de simulación y análisis de redes.

**Tabla 2: Descripción del Proyecto MAC-02**

<b>Proyecto MAC-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Factibilidad de la Implementación de un Sistema de Acceso Múltiple al Satélite basado en una combinación estratégica de las tecnologías OFDM y TDMA para el modelo de redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la factibilidad y las ventajas de implementar un sistema de acceso múltiple a los recursos de un transpondedor a través del uso combinado de técnicas TDMA y OFDM siguiendo una política de asignación de recursos por demanda y garantía de la calidad de servicio?
Objetivo General	Evaluar la factibilidad de implementar un sistema acceso múltiple al satélite a través de la combinación de tecnologías TDMA y OFDM considerando requerimientos de asignación dinámica de los recursos y provisión de calidad de servicio.
Objetivos Específicos	Realizar una fundamentación teórica sobre la combinación de las tecnologías TDMA y OFDM como soluciones para permitir múltiple acceso al satélite.
	Diseñar una solución de múltiple acceso al satélite basado en OFDM y TDMA para el entorno de las redes satelitales de próxima generación.
	Analizar a través de simulación el comportamiento de las soluciones de acceso múltiple al satélite basadas en combinaciones de OFDM y TDMA.

Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto, se espera diseñar una técnica de acceso múltiple para el enlace de subida al satélite y validarla a través de una plataforma de simulación. Con tal resultado se espera determinar la factibilidad de implementar un sistema de acceso múltiple al satélite combinando las técnicas de OFDM y TDMA atendiendo que se requiere asignación bajo demanda, provisión de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y además los terminales gozan de movilidad y/o portabilidad.</p> <p>La simulación debe considerar la configuración del escenario de comunicaciones en términos de ancho de banda, plan de frecuencias, número y configuración de los haces, así como, cantidad, localización y demanda de los usuarios a través de un mapa de la zona de servicio. Los procesos sobre los cuales se debe hacer gran énfasis son el traspaso de un terminal desde un haz a otro, interferencias por múltiples usuarios, agregación o desagregación aleatorio de usuarios y aumento o disminución del tráfico por usuario.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado.</p>
Justificación	<p>En el modelo de redes satelitales de próxima generación propuesto, se exige un uso eficiente de los recursos disponibles en el satélite, efecto que es difícil de lograr empleando técnicas de acceso múltiple donde los recursos son distribuidos estáticamente y además no consideran condiciones particulares del nivel de servicio. Considerando esta situación y que además, la técnica OFDM ha demostrado una alta eficiencia espectral, altas tasas de transmisión y robustez en ambientes de propagación adversos en redes terrestres, se propone trasladar estas ventajas a las redes satelitales para crear un sistema de acceso múltiple combinando esta técnica con el modelo clásico de TDMA y evaluar el rendimiento y factibilidad de esta solución.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto es necesario contar con un computador con suficientes capacidades de procesamiento y los paquetes software que los desarrolladores tengan a bien emplear para la realización de las simulaciones. Por otra parte, es fundamental la disponibilidad de un acceso permanente a Internet durante toda la etapa de desarrollo.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación, técnicas de acceso múltiple y procesos de simulación.

**Tabla 3: Descripción del Proyecto MAC-03**

<b>Proyecto MAC-03</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Factibilidad de la Implementación de un Sistema de Acceso Múltiple al Satélite basado en tecnologías derivadas de CDMA para el modelo de redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la factibilidad y las ventajas de implementar un sistema de acceso múltiple al satélite empleando tecnologías de acceso al medio basadas en CDMA siguiendo una política de asignación dinámica de recursos y provisión de calidad de servicio (QoS, Quality of Service)?
Objetivo General	Evaluar la factibilidad y beneficios derivados de emplear técnicas de acceso múltiple al satélite basadas en CDMA (CDMA, Code Division Multiple Access) considerando



	requerimientos de asignación dinámica de recursos y provisión de calidad de servicios (QoS, Quality of Services).
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de las tecnologías de acceso múltiple basadas en CDMA cuando son aplicadas al escenario de las redes satelitales de próxima generación.
	Diseñar un mecanismo de acceso múltiple al satélite basado en CDMA para el entorno de las redes satelitales de próxima generación.
	Analizar a través de simulación el comportamiento de las soluciones de acceso múltiple al satélite basadas en CDMA.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto, se espera diseñar una técnica de acceso múltiple para el enlace de subida al satélite y validarla a través de una plataforma de simulación. Con tal resultado se espera determinar la factibilidad de implementar un sistema de acceso múltiple al satélite basado CDMA atendiendo que se requiere asignación por demanda, provisión de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y además los terminales gozan de movilidad y/o portabilidad.</p> <p>La simulación debe considerar la configuración del escenario de comunicaciones en términos de ancho de banda, plan de frecuencias, número y configuración de los haces del satélite, así como, cantidad, localización y demanda de los usuarios a través de un mapa de la zona de servicio. Los procesos sobre los cuales se debe hacer gran énfasis son el traspaso de un terminal desde un haz a otro, interferencias por múltiples usuarios, agregación o desagregación aleatorio de usuarios y aumento o disminución del tráfico por usuario.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	En el modelo de redes satelitales de próxima generación propuesto, se exige un eficiente uso de los recursos disponibles en el satélite, efecto que es difícil de lograr empleando técnicas de acceso múltiple donde los recursos son distribuidos estáticamente y además no consideran condiciones particulares del nivel de servicio. Con este proyecto se busca trasladar las ventajas logradas en las redes terrestres con el uso de CDMA al escenario de las comunicaciones por satélite y lograr construir un esquema de acceso múltiple suficientemente flexible para asignar recursos y que además considere los requerimientos de cada usuario en el momento de acceder a la red.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario contar con un computador con suficientes capacidades de procesamiento y los paquetes que los desarrolladores tengan a bien emplear para la realización de la simulación. Por otra parte, es fundamental la disponibilidad de un acceso permanente a Internet durante toda la etapa de desarrollo.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación, técnicas de múltiple acceso al medio y experiencia en procesos de simulación y análisis de redes.

**Tabla 4: Descripción del Proyecto MAC-04**

<b>Proyecto MAC-04</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Factibilidad de la Implementación de un Sistema de Acceso Múltiple al Satélite basado en una combinación estratégica de las tecnologías OFDM y CDMA para el modelo de redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la factibilidad y las ventajas de implementar un sistema de acceso múltiple a los recursos de un transpondedor a través del uso combinado de técnicas CDMA y OFDM siguiendo una política de asignación de recursos por demanda y garantía de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service)?
Objetivo General	Evaluar la factibilidad de implementar un sistema acceso múltiple al satélite a través de la combinación de tecnologías CDMA y OFDM considerando requerimientos de asignación dinámica de los recursos y provisión de calidad de servicio.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de la tecnología OFDM y la combinación con CDMA para lograr un sistema de acceso múltiple al satélite.
	Diseñar un modelo de acceso múltiple al satélite basado en OFDM y CDMA para el entorno de las redes satelitales de próxima generación.
	Analizar a través de simulación el comportamiento de las soluciones de acceso múltiple al satélite basadas en combinaciones de OFDM y CDMA.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto, se espera diseñar una técnica de acceso múltiple para el enlace de subida al satélite y validarla a través de una plataforma de simulación. Con tal resultado se espera determinar la factibilidad de implementar un sistema de acceso múltiple al satélite combinando las técnicas de OFDM y CDMA atendiendo que se requiere asignación por demanda, provisión de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y además los terminales gozan de movilidad y/o portabilidad.</p> <p>La simulación debe considerar la configuración del escenario de comunicaciones en términos de ancho de banda, plan de frecuencias, número y configuración de los haces del satélite, así como, cantidad, localización y demanda de los usuarios a través de un mapa de la zona de servicio. Los procesos sobre los cuales se debe hacer gran énfasis son el traspaso de un terminal desde un haz a otro, interferencias por múltiples usuarios, conexión o desconexión aleatoria de usuarios y aumento o disminución del tráfico por usuario.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado.</p>
Justificación	En el modelo de redes satelitales de próxima generación propuesto, se exige un uso eficiente de los recursos disponibles en el satélite, efecto que es difícil de lograr empleando técnicas de acceso múltiple donde los recursos son distribuidos estáticamente y además no consideran condiciones particulares del nivel de servicio. Considerando esta situación y que además, la técnica OFDM ha demostrado una alta eficiencia espectral, altas tasas de transmisión y robustez en ambientes de propagación adversos en redes terrestres, se propone trasladar estas ventajas a las redes satelitales para crear un sistema de acceso múltiple combinando esta técnica con el modelo de CDMA y evaluar el rendimiento y factibilidad de esta solución.

Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario contar con un computador con suficientes capacidades de procesamiento y los paquetes que los desarrolladores tengan a bien emplear para la realización de la simulación. Por otra parte, es fundamental la disponibilidad de un acceso permanente a Internet durante toda la etapa de desarrollo.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación, técnicas de múltiple acceso al medio y procesos de simulación y análisis de redes.

**Tabla 5: Descripción del Proyecto MAC-05**

<b>Proyecto MAC-05</b>	
Nombre del Proyecto:	Definición de un Modelo de Acceso Múltiple para una Red Satelital de Próxima Generación
Planteamiento del Problema	¿Cuál es el modelo de acceso múltiple que mejor se adapta a los requerimientos de una red satelital de próxima generación?
Objetivo General	Identificar a partir de análisis comparativos la tecnología de acceso múltiple más adecuada considerando los requerimientos de una red satelital de próxima generación para generar recomendaciones y criterios de implementación.
Objetivos Específicos	Identificar un modelo definitivo para garantizar acceso múltiple en las redes satelitales de próxima generación.
	Definir las condiciones de implementación del modelo de acceso múltiple atendiendo a las características de la estructura del transpondedor y a la configuración general de las redes de próxima generación.
	Diseñar el módulo y los algoritmos que asociados a la estructura del transpondedor permiten incorporar este modelo de acceso múltiple a la carga de comunicaciones del satélite.
Resultados Esperados	Finalizado este proyecto se habrá sustentado la incorporación de un sistema particular de acceso múltiple al satélite de los considerados como candidatos en los proyectos MAC-01, MAC-02, MAC-03 y MAC-04 con los mejoramientos pertinentes. Además de la selección del esquema más apropiado, en este proyecto se realiza un modelamiento más detallado al módulo de Control de Acceso al Medio residente tanto en el procesador del transpondedor como en cada una de las estaciones terrenas. De igual forma, quedan totalmente descritas las interfaces de este modulo con los demás. Adicionalmente se generan los algoritmos y las recomendaciones para la incorporación de estos sobre los dispositivos programables.  Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado
Justificación	En el contexto de las redes de nueva generación donde usuarios fijos y móviles comparten la misma red y la cobertura es lograda a través de la integración de un

	<p>componente de red terrestre y otro satelital, los terminales se asocian indiferentemente a cualquiera de los dos dependiendo de cuál ofrezca las mejores prestaciones. Este efecto, genera una conexión y desconexión constante de los terminales y exige que la técnica de acceso múltiple reasigne los recursos liberados para lograr una explotación eficiente, es por esto que los tradicionales TDMA, FDMA e incluso CDMA en el componente satelital no constituyen una solución adecuada por su distribución fija de los recursos.</p> <p>Los sistemas de múltiple acceso por demanda resultan ser las tecnologías más adecuadas en términos de eficiente utilización de los recursos, atendiendo a que con un mismo terminal un usuario debe acceder a los diferentes servicios de la red lo cual establece diferentes volúmenes de tráfico. En este contexto, se considera necesario realizar un análisis enfocado a identificar la tecnología más eficiente en los eventos de intercambio de haz, ingreso o egreso de un nuevo usuario a la red, variación de los volúmenes de tráfico e incluso sobrepaso del número estimado de usuarios para incorporar al modelo de próxima generación la opción más conveniente.</p>
Recursos Necesarios	Los requerimientos son un computador con suficiente capacidad de procesamiento y herramientas para el análisis de los resultados alcanzados en los proyectos anteriores.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses
Perfil de los Desarrolladores	Se estima que el proyecto puede ser desarrollado por dos aspirantes al título de ingenieros electrónicos y de telecomunicaciones con conocimientos en comunicaciones por satélite y técnicas de acceso múltiple.

### 2.1.1.2 Definición de la Técnica de Adaptación de los Parámetros de Transmisión

El siguiente propósito de la primera fase es definir un procedimiento para adaptar los parámetros de transmisión a las condiciones de propagación del canal, buscando obtener la máxima tasa de transmisión posible garantizando una proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) menor o igual a un valor previamente definido. Para alcanzar este logro, es necesario realizar pruebas de rendimiento de las diferentes posibilidades de combinación entre los esquemas de modulación-codificación y niveles de potencia para conocer la robustez de estas frente al deterioro de la señal en el medio de transmisión y facilitar la elección de una combinación particular para una condición de propagación específica. Para este efecto, se ha considerado un proyecto cuya finalidad es determinar a través de simulaciones la combinación más apropiada para un ambiente determinado y una vez se conozca la respuesta de cada combinación a la variación del canal, el paso siguiente es desarrollar una técnica de modelamiento, la cual permita conocer las condiciones instantáneas, y a partir de esto ajustar los parámetros de transmisión, sin embargo, se requiere de una sincronización o acuerdo entre el satélite y las estaciones terrenas para adelantar un cambio de parámetros, lo que representa desarrollar un sistema de señalización entre ambos extremos que garantice la confiabilidad de este proceso. Según estas condiciones, existen dos proyectos que deben ser desarrollados en paralelo a los mencionados anteriormente, el primero de estos está orientado al establecimiento de una técnica de modelamiento del canal y el segundo a la generación

de un sistema de coordinación entre los extremos para realizar los procesos de adaptación. En este orden, cada uno de los proyectos se presenta a continuación.

**Tabla 6: descripción del proyecto ADA-01**

<b>Proyecto ADA-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Recomendaciones y Criterios para la Adaptación Dinámica de los Esquemas de Modulación, Codificación y del Nivel de Potencia del Enlace entre el Satélite y el conjunto de estaciones terrenas asociadas al mismo haz en una red de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles son los criterios que deben considerarse en el momento de ejecutar un proceso de adaptación dinámica del esquema de modulación o nivel de potencia como consecuencia de los cambios de las condiciones de propagación para mantener constante la proporción de bits erróneos y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión?
Objetivo General	Desarrollar un estudio comparativo entre diferentes combinaciones de modulación-codificación y nivel de potencia para conocer el desempeño de cada una de estas en condiciones de propagación particulares cuando se transmite en banda C, Ku o Ka.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de las técnicas de adaptación dinámica de los parámetros de transmisión entre un grupo de estaciones terrenas y el satélite para una red de próxima generación considerando de manera diferenciada los escenarios en banda C, Ku y Ka.
	Determinar las mejores combinaciones de potencia, esquema de modulación y de codificación para diferentes condiciones de propagación en el canal satelital.
	Definir los criterios para determinar cuándo y cómo debe ejecutarse un proceso de adaptación del esquema de modulación y codificación para mantener por debajo del umbral la tasa de bits erróneos y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión.
Resultados Esperados	<p>El principal resultado de la ejecución de este proyecto es un documento donde se consignan los análisis de los efectos de los fenómenos atmosféricos en la detección de los estados de diferentes tamaños de constelaciones de diferentes modulaciones, como resultado de un conjunto de simulaciones. Adicionalmente, el documento contiene un conjunto de recomendaciones respecto de los niveles de potencia, esquema y tamaño de la constelación de modulación y codificación que presentan mejor rendimiento para una condición particular del canal de propagación, incluso se plantea se tengan en cuenta también las condiciones de aleatorización y mecanismos de sincronización.</p> <p>Al mismo tiempo, deben definirse las condiciones precisas de cuando debe ejecutarse un cambio de configuración y cuál debe ser la configuración más adecuada, teniendo a disposición los resultados de la simulación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	La combinación de la modulación y la codificación en un solo proceso se ha convertido en un mecanismo muy eficiente para aumentar las tasas de transmisión a través de canales con alta probabilidad de bits erróneos sin exigir un mayor ancho de banda, lo cual las ha convertido en soluciones muy atractivas para los sistemas satelitales pues

	<p>es posible transmitir un mayor número de bits por el mismo costo. En este contexto, y considerando la eficiencia, se requiere conocer cuales de estas modulaciones son las más adecuadas para permitir a los satélites adaptarse dinámicamente a los cambios atmosféricos, de manera que para condiciones muy adversas se utilice un esquema de modulación con una constelación sencilla logrando una tasa de transmisión baja, y cuando las condiciones sean favorables se emplee un esquema de modulación con constelación compleja que permita mayores tasas de transmisión con una proporción de bits erróneos similar en ambos casos considerando al mismo tiempo variación de la potencia de transmisión y técnica de codificación. Esta tecnología de adaptación es empleada en sistemas terrestres con gran éxito, no obstante no ha sido aplicada a sistemas satelitales por lo cual la investigación en este campo debe empezar por identificar los efectos de la atmósfera y sus fenómenos sobre los diferentes esquemas de modulación para identificar las estrategias más adecuadas para realizar la adaptación, así como los criterios para determinar cuando debe realizarse un cambio de configuración.</p>
Recursos Necesarios	Se requiere un computador con alta capacidad de procesamiento y los paquetes de simulación que los desarrolladores consideren pertinentes. Adicionalmente es necesaria una conexión permanente a Internet para asegurar disponibilidad de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación, sistemas de modulación, modelamiento matemático y simulación de fenómenos de propagación.

**Tabla 7: Descripción del Proyecto ADA-02**

<b>Proyecto ADA-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Estrategia para Coordinar el Proceso de Adaptación Dinámica de los Enlaces entre el Satélite y las Estaciones Terrenas Asociadas a un mismo Haz en una red de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo garantizar que la adaptación de los parámetros de transmisión por parte del satélite y la estación terrena se produce de manera coordinada entre ambos extremos y que la disponibilidad del enlace no se ve afectada por este proceso?
Objetivo General	Desarrollar una estrategia para coordinar los procesos de adaptación del esquema de modulación y tamaño de la constelación, técnica de codificación y nivel de potencia entre el satélite y las estaciones terrenas de manera que el proceso no comprometa la disponibilidad del enlace.
Objetivos Específicos	Crear un fundamento teórico alrededor de la señalización para el ajuste dinámico de parámetros de operación entre el satélite y las estaciones terrenas considerando de manera diferenciada el escenario cuando el enlace se ha establecido en las bandas C Ku o Ka.
	Estudiar la factibilidad de garantizar un ajuste de parámetros particular para cada tipo de usuarios frente a la posibilidad de elegir una configuración que favorezca a grupos de estaciones.
	Definir detalladamente un sistema de señalización bidireccional entre el satélite y las estaciones terrenas para coordinar la configuración dinámica de los transceptores.

Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera lograr un documento que consigne un conjunto de recomendaciones y la descripción detallada de un prototipo de protocolo para adelantar procesos de adaptación dinámica de los enlaces satelitales de manera coordinada y segura. En el documento debe especificarse el tipo de mensajes, estructura de la trama, frecuencia de los mensajes, sincronización, respuesta ante errores, entre otras. Debe considerarse que estas definiciones deben sustentarse sobre modelos de simulación que respalden la respuesta eficiente del protocolo desarrollado.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	<p>En el contexto de los satélites regenerativos, la estación terrena debe transmitir hacia el satélite empleando un conjunto de parámetros comunes entre ambas partes para que estas puedan entenderse, es decir, dado que el satélite debe demodular la señal y decodificarla para recuperar la información, el esquema de modulación y codificación deben ser conocido con anterioridad, pues de otro modo se estaría modulando en un esquema y demodulando en otro lo que conduciría a una secuencia de datos errada. Cuando los esquemas de modulación y codificación son cambiados para aumentar el rendimiento del enlace como sucede en los enlaces adaptativos, debe existir una comunicación paralela al flujo de información para mantener actualizados los parámetros de transmisión y en el evento de un cambio, coordinar el paso de una configuración a otra evitando generar indisponibilidades o errores en la comunicación. Esta comunicación se debe adelantar siguiendo un protocolo que agilice el proceso e incorpore la menor latencia por intercambio de mensajes pero que al mismo tiempo, garantice la seguridad suficiente para que el proceso se lleve a cabo tantas veces como sea necesario sin que esto influya en la disponibilidad. Tal protocolo debe además considerar las formas de recuperar el enlace en el evento en que se presenten situaciones de desconexión a causa de descoordinación entre los extremos o cuando un nuevo terminal se registra en la red, buscando invertir la menor cantidad de tiempo posible.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto, es necesario un computador de altas capacidades de procesamiento para ejecutar sobre él software que permita simular el rendimiento del protocolo en desarrollo, así como la generación de documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen como desarrolladores dos aspirantes al título de ingenieros electrónicos y de telecomunicaciones con conocimiento en protocolos de comunicaciones.</p>

**Tabla 8: Descripción del Proyecto ADA-03**

Proyecto ADA-03	
Nombre del Proyecto:	Diseño de un Sistema de Modelamiento de las Condiciones de Propagación del Canal Satelital para el modelo de redes de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo conocer el estado actual de las condiciones de propagación del canal entre una estación terrena particular y el satélite para ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión tanto en el segmento espacial como en el terrestre y obtener el máximo rendimiento del enlace?
Objetivo General	Desarrollar un sistema que permita modelar dinámicamente las condiciones de propagación del canal entre el satélite y las estaciones terrenas asociadas a un mismo

	<p>haz para determinar la configuración de transmisión más adecuada para las estaciones y el satélite.</p>
Objetivos Específicos	<p>Identificar y evaluar las técnicas para modelar el canal de transmisión y determinar cuál es la más eficiente para adaptarse al entorno de las comunicaciones por satélite en las bandas C, Ku y Ka.</p>
	<p>Generar recomendaciones para la implementación de un sistema de modelamiento del canal satelital para garantizar adaptabilidad de los enlaces y con ello, la mayor tasa de transmisión y la menor proporción de bits erróneos para los usuarios.</p>
	<p>Definir las condiciones como deben incorporarse los sistemas de modelamiento del canal considerando la conveniencia de los enlaces adaptativos con cada estación o con grupos de estaciones en términos de complejidad y factibilidad del sistema.</p>
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera desarrollar un sistema que posibilite modelar el canal satelital. Las consideraciones tenidas en cuenta para su diseño deben estar consignadas en el documento final, igualmente se exige que la propuesta de señalización sea validada a través de una plataforma de simulación que permita conocer la respuesta, eficiencia y robustez de los resultados.</p> <p>El documento final contiene la descripción detallada del diseño del sistema y además describe con detalle el sistema y los algoritmos que hacen posible determinar las condiciones de propagación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Las condiciones atmosféricas son constantemente cambiantes en el tiempo y del mismo modo, los sistemas satelitales son sensibles a estos en términos de variación de las tasas de transmisión y proporción de bits erróneos. Este inconveniente se puede superar si se conocen las condiciones exactas del canal de propagación para realizar la transmisión con los parámetros adecuados para superar los deterioros de la señal y garantizar que las condiciones del enlace se mantienen aún cuando el canal de propagación mejore o empeore. Sin embargo, el éxito de esta solución depende estrictamente de la exactitud y la rapidez en la determinación de las condiciones, puesto que si la predicción falla, podría incurrirse en despilfarro de recursos o indisponibilidad del enlace, por lo cual, se requiere de sistemas de monitoreo de alta calidad y que anticipen los cambios para adaptar los parámetros antes de que sucedan los eventos causantes de indisponibilidad.</p>
Recursos Necesarios	<p>Se requiere extensa bibliografía alrededor de propagación y sistemas modelamiento del canal al igual que un computador con alta capacidad de procesamiento para simular las diferentes soluciones y evaluar el rendimiento de cada una. Se propone exista facilidad de acceso a Internet durante todo el desarrollo del proyecto.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en radiocomunicaciones, estrictamente en el área de propagación y desarrollo de simulaciones.</p>

**Tabla 9: Descripción del Proyecto ADA-04**



<b>Proyecto ADA-04</b>	
Nombre del Proyecto:	Definición de un sistema de Ajuste Adaptativo de los Parámetros de Transmisión entre el Satélite y las Estaciones Terrenas para el modelo de redes de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo ajustar los parámetros de transmisión del satélite y cada una de las estaciones terrenas para que se garantice la máxima tasa de transmisión y la menor proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) de acuerdo a las condiciones instantáneas de propagación?
Objetivo General	Diseñar un sistema de ajuste adaptativo de los parámetros de transmisión de acuerdo a las condiciones del medio para mantener constante la proporción de bits erróneos y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión en ambos sentidos sin que este proceso influya en la disponibilidad del enlace.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento y recopilar experiencias en el diseño y desarrollo de componentes de radio definidos por software (SDR, Software Defined Radio) para comunicaciones por satélite.
	Integrar los resultados obtenidos en los proyectos ADA-01, ADA-02 y ADA-03 para diseñar un componente que asociado a la estructura del transpondedor y las estaciones terrenas permite ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión.
	Definir los módulos que asociados a la estructura del transpondedor y la estación terrena permiten realizar ajuste de los parámetros de transmisión.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera integrar y materializar los resultados de los proyectos ADA-01, ADA-02 y ADA-03 en el diseño de un conjunto de dispositivos que instalados en el transpondedor y en cada estación terrena, permiten establecer un enlace cuyos parámetros se autoconfiguran como respuesta a las condiciones de propagación.</p> <p>En este proyecto se consideran como resultados, un documento que contiene la descripción detallada del diseño del componente para el transpondedor y del componente para las estaciones terrenas. El diseño debe ser validado a través de una plataforma real o virtual que permita comprobar su funcionamiento y respuesta a condiciones particulares, puesto que es necesario obtener una solución funcional y eficiente al problema de investigación que enfrenta el proyecto.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado.</p>
Justificación	La asignación estática de los parámetros de transmisión para el satélite o las estaciones terrenas no es una solución eficiente considerando que existen variaciones del canal y en ocasiones los ajustes realizados pueden conducir a excesos o carencias en la inversión de recursos, en ambos casos las situaciones son inconvenientes, el primero por sobreinversión y el segundo por indisponibilidad del enlace. La solución a este inconveniente son los enlaces adaptativos, los cuales se ajustan a condiciones específicas del canal de propagación para garantizar siempre el mejor rendimiento posible, logrando invertir solo los recursos necesarios para un rendimiento deseado o definido para un determinado ambiente. Con este modo de operación, se logra mantener controlada la proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate), garantizar la mayor tasa de transmisión e incluso si este fuera el objetivo, optimizar la potencia para prolongar el tiempo entre recarga de las baterías de los terminales móviles.

Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario que estén finalizados los proyectos ADA-01, ADA-02 y ADA-03 para emplear las recomendaciones y criterios generados en cada uno como base fundamental para el inicio de la presente propuesta. Adicionalmente se requiere un computador con alta capacidad de procesamiento así como los paquetes necesarios para ejecutar las simulaciones logradas en los proyectos anteriores y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en propagación.

### 2.1.1.3 Análisis de los Servicios Móviles

En esta iniciativa se propone el análisis de requerimientos para ofrecer servicios móviles a través de las redes satelitales de próxima generación atendiendo a las condiciones de radio propagación de un ambiente móvil, limitaciones de potencia en el terminal de usuario e incluso la diversidad de tecnologías terrestres para efectos de compatibilidad. En otros términos, esta iniciativa intenta modelar el escenario más adecuado para ofrecer comunicaciones móviles y generar recomendaciones para la definición final de la interfaz de radio.

**Tabla 10: Descripción del Proyecto ASM-01**

Proyecto ASM-01	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Requerimientos para Implementación de Servicios de Comunicaciones Móviles en Redes Satelitales de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál serían las condiciones más favorables en la interfaz de radio y la red satelital para ofrecer servicios de comunicaciones móviles en el modelo redes satelitales de próxima generación?
Objetivo General	Construir el escenario más favorable para ofrecer servicios de comunicaciones móviles en una red satelital de próxima generación.
Objetivos Específicos	Identificar los requerimientos que demandan los servicios móviles al nivel de la interfaz de radio y recursos de red según el modelo de redes satelitales de próxima generación.
	Definir recomendaciones y criterios para definir las técnicas de acceso múltiple al medio y adaptación dinámica de los parámetros de transmisión más convenientes para este tipo de servicios.
	Identificar posibles estrategias para garantizar compatibilidad entre las redes de comunicaciones móviles terrestres y el modelo de red satelital de próxima generación.
Resultados Esperados	Con la realización de este proyecto se espera identificar los requerimientos que deben satisfacerse para ofrecer servicios de comunicaciones móviles en las redes satelitales

	<p>de próxima generación y al mismo tiempo determinar la factibilidad de su implementación a través de procesos de análisis que pueden incluso soportarse en procesos de simulación para evaluación del rendimiento. Estos estudios que se orientan principalmente a los análisis a nivel de la interfaz de radio y los recursos de red se consignan en documentos que serán soporte para los proyectos MAC-05 y ADA-04.</p> <p>Los procedimientos de simulación que se generen durante el proyecto también deben documentarse detalladamente como parte de los resultados finales. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	<p>La definición de la carga de comunicaciones del satélite y particularmente los equipos de radiocomunicaciones más que los de procesamiento a bordo, se definen a partir del tipo de servicios que se esperan ofrecer, por lo cual es necesario realizar un análisis previo de los requerimientos y la factibilidad para a partir de estos diseñar la carga de comunicaciones del satélite. Para el caso particular de este proyecto, la intención es construir el escenario ideal para la oferta de servicios móviles de manera que estos resultados sean la referencia para proyectos futuros donde se definen la estructura final de la carga de comunicaciones.</p>
Recursos Necesarios	<p>Se requiere un computador con alta capacidad de procesamiento y conexión a Internet durante todo el proceso de desarrollo. Adicionalmente se requieren recursos bibliográficos especializados y los paquetes de simulación que definan los desarrolladores.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en radiocomunicaciones y tecnologías de comunicaciones móviles.</p>

#### 2.1.1.4 Definición de la Pila de Protocolos de Nivel Inferior

Una vez definidas las estrategias para realizar el acceso múltiple de varias estaciones terrenas hacia el satélite y para ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión, surge inmediatamente la necesidad de establecer una estructura de protocolos que defina los procedimientos que suceden al nivel físico, control de acceso al medio y control del enlace y las interfaces para superponer los niveles equivalentes a red y transporte del modelo OSI (Open Systems Interconnection). En estos términos, el proyecto que se plantea en esta iniciativa tiene como propósito integrar los resultados de los proyectos MAC-05, ADA-04 y ASM-01 para definir el nivel físico, el nivel de control de acceso al medio, el nivel de control del enlace y además las interfaces con los niveles superiores. Esta propuesta se presenta en la Tabla 11.

**Tabla 11: Descripción del Proyecto DPI-01**

Proyecto DPI-01	
Nombre del Proyecto:	Definición y simulación de la estructura de Protocolos del Nivel Físico, Control de Acceso al Medio y Control del Enlace para una Red Satelital de Próxima Generación.

Planteamiento del Problema	¿Cómo coordinar todos los procesos que suceden al nivel físico y al nivel de acceso múltiple al medio en el modelo de red satelital de próxima generación?
Objetivo General	Definir una estructura de protocolos apropiada para armonizar las condiciones del nivel físico, acceso al medio y el control del enlace atendiendo a los resultados de los proyectos MAC-05 y ADA-04
Objetivos Específicos	Integrar a nivel protocolar la técnica de acceso múltiple al medio obtenida en el proyecto MAC-05 y la técnica de adaptación dinámica de los parámetros de transmisión obtenida en el proyecto ADA-04 de acuerdo a las condiciones exigidas para la oferta de movilidad de terminales.
	Desarrollar los protocolos de los niveles físico, control de acceso múltiple al satélite y control de acceso al medio y definir las interfaces con los protocolos de nivel superior tanto a nivel del transpondedor como a nivel de estación terrena atendiendo a las condiciones de adaptabilidad del enlace, reconfiguración, seguridad y asignación de recursos.
	Analizar a través de simulación el rendimiento de la estructura protocolar obtenida para efectos de validación de los resultados.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera desarrollar un conjunto de protocolos que permitan armonizar el nivel físico con las características de adaptabilidad, la técnica de acceso múltiple con asignación dinámica de recursos y el control del enlace a través de un análisis asistido por procesos de simulación. Adicionalmente se pretende definir la interfaces con los protocolos de los niveles de red (IP) de manera que a partir de este resultado puedan desarrollarse los demás.</p> <p>Todos los análisis y tareas de simulación realizadas para definir la estructura de protocolos hacen parte de los resultados, por lo cual, deben documentarse detalladamente. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	Tanto la técnica de acceso múltiple al satélite como la de adaptación dinámica de los parámetros de transmisión se han definido de manera independiente por lo cual no existe una relación que permita hacer un uso conjunto de ambas. Es efecto, exige de una integración previa, la cual es el objeto de esta propuesta. Adicionalmente, en este proyecto se propone el diseño del nivel de control de acceso al medio y su fusión con los dos niveles anteriores, de manera que la pila de protocolos queda definida hasta el equivalente del nivel dos en el modelo de referencia OSI (Open Systems International), quedando listas las interfaces para el nivel de red que será definido posteriormente.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario un computador con suficiente capacidad de procesamiento y los paquetes de simulación que seleccionen los desarrolladores. Adicionalmente, se exige disponibilidad para acceder a Internet durante toda la ejecución del proyecto para acceder a material de referencia.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en radiocomunicaciones y protocolos para redes inalámbricas y simulación de procesos de telecomunicaciones.

### 2.1.1.5 Definición del Sistema de Gestión de los Recursos del Transpondedor.

El propósito de esta iniciativa consiste en adelantar un conjunto de análisis orientados a diseñar mecanismos que permitan calcular en cualquier momento los recursos empleados y disponibles en el transpondedor, así como los asignados a cada usuario para estimar la capacidad disponible para nuevos enlaces, al mismo tiempo, analizar tráfico para determinar la mejor forma de iluminar la zona de servicio a través de los múltiples haces e incluso agilizar el proceso de facturación de los servicios de telecomunicaciones.

El objeto de los proyectos propuestos en esta iniciativa es definir un módulo de gestión del transpondedor, el cual es el encargado de garantizar que el uso que se está dando a los recursos es el más apropiado en términos de eficiencia y confiabilidad. No obstante, la realización de estos estudios está sujeta a la definición de las técnicas de acceso múltiple para determinar cuáles son los recursos que son asignados dinámicamente y cuáles son compartidos entre todas las estaciones. Por tal razón, los proyectos de esta iniciativa no iniciarán hasta que estén definidos estos parámetros.

**Tabla 12: Descripción del proyecto GRT-01**

Proyecto GRT-01	
Nombre del Proyecto:	Modelo de Gestión y Monitoreo de los Recursos de Comunicaciones del Transpondedor de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo determinar los recursos disponibles en el transpondedor, así como los empleados por cada uno de los usuarios para efectos de definir autónomamente la capacidad para aceptar nuevos usuarios o restringir condiciones de acceso?
Objetivo General	Definir una metodología adecuada que estime los recursos presentes, asignados y disponibles en el transpondedor para efectos de determinar la capacidad existente en el momento de asociar nuevos usuarios de forma autónoma en el satélite.
Objetivos Específicos	Establecer un sistema de control y monitoreo de los recursos del satélite y la forma como estos son distribuidos entre los usuarios.
	Definir las políticas de distribución y asignación de los recursos del transpondedor entre los usuarios o estaciones terrenas atendiendo a las condiciones establecidas por la técnica de acceso múltiple al medio y provisión de calidad de servicio.
	Definir un conjunto de políticas para la asociación de nuevos usuarios y autoconfiguración para adaptarse a situaciones de tráfico donde no es posible responder al requerimiento con la configuración actual.
Resultados Esperados	Con la realización de este proyecto se busca definir las tareas de monitoreo en el transpondedor para determinar la forma como se están empleando los recursos y estimar cuáles se encuentran disponibles para generar reportes almacenables que puedan ser empleados por otros módulos del transpondedor para tomar decisiones de configuración.  Además se busca definir las políticas para la asignación y reasignación de los recursos

	<p>considerando también situaciones de máxima cantidad de usuarios, anomalías o fallas. De igual forma se espera definir una metodología para decidir sobre la incorporación de nuevos usuarios atendiendo a la capacidad instantánea del satélite. El proyecto no busca modelar una estructura hardware sino más bien establecer los procedimientos y los algoritmos para llevar a cabo esta tarea. Siendo así, los documentos deben definir las interfaces necesarias con los módulos del transpondedor e incluso se propone definir una estructura tentativa del modulo que incorporado al satélite permite esta capacidad (Componente de Control).</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>En el marco de la asignación dinámica que exigen las redes satelitales de próxima generación, el satélite debe proveerse de un sistema centralizado de control y monitoreo que le permita conocer los recursos con los cuales cuenta en un momento determinado para así mismo generar autónomamente las políticas más apropiadas para asociar nuevos usuarios y asignar recursos, buscando adquirir suficiente información de respaldo para toma de decisiones en eventos de falla o anomalías y además para conocer plenamente el grado de utilización de los transpondedores en la estación terrena de control con fines de facturación de servicios.</p> <p>En estos términos, la aceptación de nuevos usuarios a la red así como la asignación de los recursos debe obedecer a políticas que además de favorecer la calidad de servicio (QoS, Quality of Service), debe garantizar la mejor utilización tanto del espectro como de la infraestructura en órbita. Por esta razón, se propone el presente proyecto par definir estas políticas en el marco de las redes de próxima generación buscando garantizar el éxito del modelo que se propone en este Programa de I+D.</p>
Recursos Necesarios	<p>Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente se requiere un computador para el desarrollo del documento final, permanente conexión a Internet para acceder a información actualizada y Software para el modelamiento de los algoritmos.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en gestión de redes de datos inalámbricas.</p>

**Tabla 13: Descripción del proyecto GRT-02**

<b>Proyecto GRT-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Definición de un Sistema de Gestión de Usuarios para una Red Satelital de Próxima Generación
Planteamiento del Problema	¿Cómo identificar los usuarios autorizados y no autorizados para acceder a los servicios de la red y como administrar sus privilegios o restricciones?
Objetivo General	Definir un modelo para recolectar y almacenar información de la cantidad, estado, privilegios y restricciones de los usuarios asociados a la red para facilitar los procesos de validación, asociación y gestión.
Objetivos Específicos	Construir un modelo para adquirir, conservar, administrar y actualizar a bordo del satélite, la información de los usuarios que están asociados a la red.

	<p>Diseñar los algoritmos que realicen las tareas necesarias para gestionar los usuarios del satélite siguiendo el modelo planteado.</p> <p>Establecer criterios y recomendaciones para la construcción de un protocolo para el intercambio de información entre los usuarios y el transpondedor durante los procesos de solicitud de acceso a la red, validación, asociación y explotación de los servicios.</p>
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera definir un modelo para la gestión de los usuarios a bordo del satélite y al mismo tiempo obtener recomendaciones para la construcción del modulo de control y gestión del transpondedor. Para este efecto, se exige que se construyan los algoritmos y del mismo modo, se definan las interfaces con los demás módulos del transpondedor. Se propone que este modulo sea el que administre de forma centralizada toda la información pertinente a los usuarios para asistir los procedimientos de enrutamiento, asociación, validación e incluso facturación y provisión de calidad de servicio.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>En atención a que los usuarios no tienen recursos asignados estáticamente, cuando estos solicitan el ingreso a la red, se requiere asignar unos recursos considerando la demanda del usuario pero a la vez los acuerdos o las condiciones contratadas con el proveedor. Según esta condición el satélite requiere del acceso a información de los usuarios para realizar estas tareas y para tal efecto, se presenta la opción de hospedar en el transpondedor un sistema de gestión de usuarios completamente autónomo que no requiere de comunicaciones con la estación de control puesto que toda la información necesaria se encuentra disponible en órbita. Esta solución aún cuando aumenta el requerimiento de procesamiento y almacenamiento en el satélite, agiliza en gran medida todos los procesos mencionados pues evita el retardo derivado de las comunicaciones con una estación terrena de control. Siguiendo estas consideraciones se propone este proyecto que busca definir las condiciones más adecuadas para incorporar esta capacidad a los satélites de la próxima generación.</p>
Recursos Necesarios	<p>Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente se requiere un computador para el desarrollo del documento, permanente conexión a Internet para acceder a información actualizada y Software para el modelamiento de los algoritmos.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en gestión de redes de datos inalámbricas.</p>

**Tabla 14: Descripción del proyecto GRT-03**

Proyecto GRT-03	
Nombre del Proyecto:	Definición de un Modelo para la Facturación de los Servicios de Telecomunicaciones en una Red Satelital de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo facturar los servicios de telecomunicaciones en las redes satelitales cuando cada usuario emplea los recursos necesarios de acuerdo a su demanda, el volumen de

	tráfico es variable y además los terminales móviles y portátiles se asocian y se desasocian constantemente de la red?
Objetivo General	Definir un procedimiento para facturar los servicios de telecomunicaciones que ofrece una red satelital de próxima generación y al mismo tiempo definir los componentes software y hardware que añadidos a la estructura del transpondedor permite realizar esta tarea.
Objetivos Específicos	Recopilar información respecto de la legislación existente para la facturación de servicios de telecomunicaciones por satélite e intentar trasladar este marco regulatorio al escenario de las redes satelitales de próxima generación.
	Definir la estructura modular del componente de facturación de servicios así como las interfaces de este con los demás módulos del transpondedor (Componente de Control).
	Diseñar los algoritmos para desarrollar la tarea de generación de reportes de facturación de los servicios ofrecidos por la red.
Resultados Esperados	<p>Como resultado de la ejecución de este proyecto se espera identificar el procedimiento más adecuado para realizar la facturación de los servicios de telecomunicaciones a cada uno de los usuarios de la red. Adicionalmente se obtendrán las recomendaciones y criterios de implementación de este diseño en la estructura del transpondedor. Este último resultado incluye los algoritmos y la definición de las interfaces con los demás módulos.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	Aún cuando las tecnologías de comunicación son un elemento fundamental en el desarrollo de las comunidades, estas constituyen un negocio del cual se espera recibir ganancia a partir de la oferta de los servicios. En este sentido, se propone este trabajo de grado para implementar un sistema de facturación adecuado al modelo de red de próxima generación y además acorde con el marco regulatorio existente. Pues está dicho que en las redes actuales el usuario debe pagar por el ancho de banda y la potencia requerida para el enlace de bajada desde el satélite aunque no lo use o lo haga parcialmente debido a la asignación fija de los recursos. En una red de próxima generación dada la posibilidad de reasignación y entrada o salida aleatoria de los usuarios, este modelo de facturación no es el más indicado y se requiere establecer uno nuevo.
Recursos Necesarios	Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente se requiere un computador para el desarrollo del documento, permanente conexión a Internet para acceder a información actualizada y Software para el modelamiento de los algoritmos.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en gestión de redes de datos inalámbricas.



**Tabla 15: Descripción del proyecto GRT- 04**

<b>Proyecto GRT - 04</b>	
Nombre del Proyecto:	Definición de la Estrategia de Construcción de la Huella del Satélite de Próxima Generación Siguiendo el Comportamiento de la Demanda
Planteamiento del Problema	¿Cuándo y cómo debe realizarse la conformación o reconfiguración de los haces del satélite para cubrir la zona de servicio de acuerdo al comportamiento de la demanda de todos los usuarios?
Objetivo General	Definir una metodología para analizar el comportamiento de la demanda e identificar las situaciones cuando el satélite debe redefinir la cantidad, tamaño y posición de los haces para ofrecer mayor capacidad en determinadas áreas de la zona de cobertura e indicar la forma como debe adelantarse este proceso.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de los procesos de análisis del comportamiento del tráfico y la demanda así como también de los modelos de cobertura a partir de múltiples haces móviles.
	Definir la técnica de monitoreo y modelamiento de la demanda en las áreas iluminadas por cada haz para determinar la mejor configuración de los haces en términos de eficiencia y cobertura.
	Diseñar los algoritmos y definir recomendaciones y criterios de implementación de este modelo en la estructura del transpondedor de próxima generación (Componente de Control).
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de esta propuesta se espera definir una metodología para ofrecer cobertura a una determinada región a través del uso de los múltiples haces conformables atendiendo al comportamiento de la demanda o a la distribución de los usuarios, quienes pueden estar concentrados en áreas pequeñas. Estos resultados constituyen primeramente el diseño de las técnicas de modelamiento de la demanda o distribución de los usuarios para definir el número y tamaño de los haces basándose en resultados de simulación. De igual forma y a partir de estos primeros resultados, el proyecto conduce al diseño de los algoritmos y las interfaces con los demás componentes del transpondedor para realizar estas tareas.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	La facilidad derivada de la capacidad de generar múltiples haces móviles ha concedido a los satélites la habilidad de iluminar una región con la configuración de número y tamaño de haces más conveniente para responder a la demanda como consecuencia del reuso de frecuencia y concentración de la potencia de transmisión. Para tal efecto, la infraestructura en órbita debe proveerse de sistemas de monitoreo de la distribución de los usuarios en la zona de servicio y determinación de la mejor configuración para iluminar la región objetivo. Atendiendo a este requerimiento, se propone este proyecto que busca definir el sistema más adecuado que permita modelar la distribución de usuarios y la metodología para definir la configuración de iluminación.
Recursos Necesarios	Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente, es necesario un computador de altas capacidades de

	procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en comunicaciones satelitales y simulación de procesos de telecomunicaciones.

**Tabla 16: Descripción del Proyecto GRT-05**

<b>Proyecto GRT - 05</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño de un Módulo de Control y Monitoreo del Estado del Transpondedor de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo construir un sistema de control y monitoreo del estado del transpondedor centralizado que integre los resultados de los proyectos GRT-01, GRT-02, GRT-03 y GRT-04?
Objetivo General	Construir una unidad centralizada de control y monitoreo de los recursos del transpondedor que resuelva los procesos de gestión de usuarios, asignación de recursos, análisis de tráfico para facturación y conformación de haces.
Objetivos Específicos	Integrar los resultados de los proyectos GRT-01, GRT-02, GRT-03 y GRT-04 a través de la construcción de una unidad centralizada de control y monitoreo del transpondedor.
	Generar los algoritmos que permitan realizar control y monitoreo del estado del transpondedor a partir de los resultados aislados logrados en los proyectos anteriores.
	Establecer las recomendaciones y criterios de implementación del Componente de Control en la estructura global del transpondedor.
Resultados Esperados	<p>Con el presente proyecto se espera lograr el diseño de un único algoritmo que integre los resultados parciales logrados en GRT-01, GRT-02, GRT-03 y GRT-04 y que permita realizar un control y monitoreo centralizado del transpondedor. Este algoritmo, debe validarse a través de procesos de simulación para garantizar la robustez y eficiencia de los resultados.</p> <p>La documentación final debe contener de manera detallada todos los procesos de integración de resultados, así como el diseño y validación de los algoritmos. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	Este proyecto se propone debido a la necesidad de integrar resultados aislados en la construcción de un sistema de control y monitoreo del transpondedor. Cada uno de los proyectos anteriores enfrenta un problema específico, sin embargo, se requiere de un sistema centralizado de control y monitoreo para agilizar este proceso y facilitar la coordinación y toma de decisiones. Siguiendo estos aspectos, este proyecto busca diseñar a nivel lógico, es decir a nivel de algoritmos, una unidad encargada de la gestión de usuarios, gestión de los recursos de comunicaciones y análisis de tráfico para facturación y conformación de haces.

Recursos Necesarios	Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente, es necesario un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en comunicaciones satelitales, al mismo tiempo se requiere experiencia en simulación de procesos de telecomunicaciones.

### 2.1.1.6 Análisis del Registro Dinámico de Usuarios

Esta iniciativa deriva de la presencia de terminales cuya operación o conexión a la red no es continua y en consecuencia, se requiere de un sistema que reconozca las peticiones de ingreso a la red, valide los terminales o verifique la identidad del usuario, intercambien parámetros de seguridad, lo anuncie ante los demás terminales de la red y además negocien los recursos para establecer la conexión. Para esto, es necesario el desarrollo de un sistema de señalización que indique la estructura de los mensajes y el mecanismo para su intercambio. En este contexto, se ha propuesto un proyecto cuya finalidad es el diseño del protocolo para cursar mensajes de señalización para garantizar orden y confiabilidad en los procesos de petición de acceso, validación y asociación de las estaciones terrenas al satélite. Esta propuesta se describe en la Tabla 17.

**Tabla 17: Descripción del proyecto RDU-01**

Proyecto RDU-01	
Nombre del Proyecto:	Definición de un Sistema de Señalización para la Asociación Dinámica de Usuarios a un Red Satelital de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la forma más indicada para realizar el intercambio de información para la solicitud del servicio, validación y asociación de los terminales de usuario a una red satelital de próxima generación?
Objetivo General	Definir un sistema de señalización que permita realizar las operaciones de solicitud de servicio, validación, asociación y negociación de recursos entre las estaciones terrenas y el satélite de manera confiable y eficiente considerando tanto los requerimientos del usuario como los acuerdos de nivel de servicio.
Objetivos Específicos	Crear un fundamento teórico y recopilar experiencias alrededor del diseño de protocolos para sistemas de comunicaciones por satélite.
	Desarrollar un protocolo para el intercambio de información entre los terminales de usuario y el satélite para adelantar los procesos de petición de ingreso, validación, asociación y demanda de recursos.

	Definir los algoritmos del modulo de Asociación de Usuarios y las interfaces con los demás componentes del transpondedor.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera diseñar completamente el esquema de señalización con el cual las estaciones terrenas adelantarán los procesos de solicitud de ingreso a la red, validación, asociación y demanda de recursos. Este resultado debe estar validado a través de simulación, de manera que exista una garantía de la robustez y eficiencia de este resultado. Como un segundo logro de este proyecto se espera el diseño de los algoritmos de los procesos del Módulo de Asociación de Usuarios.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Durante el procedimiento de asociación de usuarios, es decir, la inclusión de un usuario a la red y la asignación de los recursos necesarios, se requiere un intercambio de información entre la estación terrena y el satélite para asegurar que se trata de un usuario en particular, conocer los requerimientos, establecer el modo de operación y posteriormente autorizar el uso de los servicios. El volumen de información que se intercambia es relativamente amplio pues además de la identificación y validación de los usuarios debe acordarse los parámetros de acceso múltiple, los parámetros de transmisión y durante la comunicación debe mantenerse el flujo de control para mantener los recursos solicitados y evitar que sean reasignados a otros usuarios, lo que requiere de un intercambio de mensajes para garantizar confiabilidad y orden en estos procedimientos. Según esta condición, se propone este proyecto con el ánimo de identificar un modelo de protocolo que permita otorgar confiabilidad y eficiencia a todos los enlaces.</p>
Recursos Necesarios	<p>Se requieren los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Además debe desarrollarse simultáneamente y en continua interacción con el proyecto GRT-02. Adicionalmente se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en acceso múltiple con asignación por demanda, análisis y desarrollo de protocolos de comunicaciones y simulación de procesos de telecomunicaciones.</p>

#### 2.1.1.7 Análisis de la Multidifusión IP.

El propósito consiste en determinar la forma más eficiente de cursar el tráfico de multidifusión IP a través del satélite y determinar las adaptaciones que se requiere realizar en el segmento espacial dependiendo del rendimiento del protocolo **IGMP (Internet Group Management Protocol)** en el contexto de las redes satelitales, pues ya se ha comentado de los inconvenientes que surgen alrededor de este proceso. Para este efecto, se plantea la realización de una simulación y un análisis que conduzca a la identificación de los puntos neurálgicos donde se requieren optimizaciones de manera que a partir de este resultado se pueda definir un mecanismo para realizar eficientemente la multidifusión de contenidos sobre IP

**Tabla 18: Descripción del Proyecto MUL-01**

<b>Proyecto MUL-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Propuesta de inclusión de facilidades de multidifusión IP en una red satelital de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo se pueden implementar facilidades de multidifusión IP en una red satelital de próxima generación a través del uso del protocolo S-IGMP?
Objetivo General	Diseñar un procedimiento para proveer facilidades de multidifusión IP en una red satelital de próxima generación empleando el protocolo S-IGMP
Objetivos Específicos	Plantear una solución de multidifusión basada en S-IGMP para las redes satelitales de próxima generación.
	Construir un modelo para la implementación de una solución de multidifusión basada en S-IGMP en el escenario de redes satelitales de próxima generación y validarlo a través de una plataforma de simulación para evaluar el rendimiento y factibilidad de implementación.
	Generar recomendaciones y establecer criterios para la implementación y adaptación del modelo a la estructura del transpondedor, atendiendo los aspectos de calidad de servicio y mecanismos de enrutamiento del tráfico de multidifusión
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera identificar fortalezas y debilidades del protocolo S-IGMP cuando se emplea en una red satelital de próxima generación. A partir de este estudio, el cual debe basarse en procesos de simulación, los desarrolladores deben proponer los ajustes o adaptaciones necesarias para optimizar su rendimiento y facilitar la multidifusión IP a través de este protocolo. Finalmente, deben proponer un modelo de implementación de la solución donde se especifiquen detalladamente todos los actores que toman lugar, las interfaces requeridas entre estos y los demás módulos del transpondedor.</p> <p>La documentación final debe describir detalladamente el modelo y la plataforma de simulación de respaldo. De igual forma, los análisis y pruebas realizadas para construir el modelo final también deben describirse al detalle. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	Los servicios de difusión de contenidos han sido desde los inicios de la tecnología satelital, los más populares dada la condición de amplia cobertura. Sin embargo, en el escenario de la convergencia de los servicios sobre el Protocolo de Internet (IP) la difusión también ha sido llamada a trasladarse a este ambiente para dar paso a servicios como la Televisión sobre IP, o la difusión de audio sobre IP. Ante la inminente presión que ejerce el advenimiento de estos servicios, se exige a las redes satelitales que se preparen para este requerimiento, y este es precisamente el propósito del presente proyecto, otorgar a las redes satelitales capacidad para cursar tráfico de multidifusión IP haciendo uso eficiente de los recursos del transpondedor.
Recursos Necesarios	Para la ejecución de este proyecto se requiere de un computador con altas capacidades de procesamiento y de los paquetes software elegidos por los desarrolladores para realizar las simulaciones y generar la documentación final.

Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en redes IP, procesos de multidifusión IP y simulación de procesos de telecomunicaciones.

### 2.1.1.8 Análisis de la Movilidad de Terminales IP

Esta intención se concentra en otorgar a los transpondedores la capacidad de soportar la movilidad o portabilidad de terminales IP entre los diferentes haces del área de cobertura sin que el paso de un haz a otro represente una causa de cese del servicio, sino que el sistema autónomamente realice un procedimiento de traslado o cambio de las direcciones IP de manera que el terminal continúe asociado a la red. Según esta condición, el primer proyecto que se plantea busca la definición de una estrategia para incorporar los protocolos DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y Mobile IP (Mobile Internet Protocol) al escenario de las comunicaciones por satélite, buscando identificar las dificultades y fortalezas que se presentan para generar recomendaciones y diseñar un prototipo que incorporado al modelo del transpondedor permita a los terminales IP móviles o portátiles gozar de los servicios indiferentemente de su posición en la zona de servicio.

**Tabla 19: Descripción del Proyecto IPM-01**

<b>Proyecto IPM-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Propuesta de inclusión de facilidades de movilidad IP en una red satelital de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo se pueden implementar facilidades de movilidad y portabilidad de terminales IP en una red satelital de próxima generación?
Objetivo General	Diseñar una estrategia para proveer facilidades de movilidad y portabilidad de terminales IP en una red satelital de nueva generación.
Objetivos Específicos	Diseñar una solución de movilidad basada en el protocolo MOBILE IP y una solución de portabilidad basada en DHCP a partir de modificaciones o adaptaciones a este par de protocolos de manera que se adapten eficientemente al escenario satelital.
	Construir un modelo para la implementación de las soluciones de movilidad y portabilidad en el escenario de redes satelitales de próxima generación y validarlo a través de una plataforma de simulación para evaluar el rendimiento y factibilidad de implementación.
	Generar recomendaciones y establecer criterios para la implementación y adaptación del modelo a la estructura del transpondedor.

Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera identificar fortalezas y debilidades de los protocolos MOBILE IP y DHCP cuando se emplean para ofrecer movilidad o portabilidad a los terminales de usuario entre los diferentes haces de una red satelital. A partir de este estudio, el cual debe basarse en procesos de simulación, los desarrolladores deben proponer los ajustes o adaptaciones necesarias para optimizar el rendimiento de estos protocolos en el entorno satelital y proponer a partir de esto, un modelo de implementación de ambas soluciones donde se especifiquen detalladamente todos los actores que toman lugar, las interfaces requeridas entre estos y el modo de funcionamiento. Este último resultado también debe estar validado sobre una plataforma de simulación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Todos los terminales que están iluminados por un haz en particular deben estar configurados con los parámetros de red asignados para tal haz, puesto que cada uno es una interfaz del enrutador a bordo, es decir, una red diferente. Siguiendo esto, cuando un terminal portátil o móvil pasa de un haz a otro, requiere sea bien de una nueva asignación de parámetros IP mediante protocolos como DHCP o de un mecanismo que le permita realizar una interfaz con la nueva red y pueda obtener una nueva dirección como es el caso de MOBILE IP. Ambos métodos son viables, excepto que la reconfiguración para un cambio de dirección IP es viable solo para usuarios móviles pues no se requiere que estén en servicio mientras se desplazan de una posición a otra. Caso contrario sucede con los terminales móviles, lo cuales requieren del servicio aún mientras están realizando el proceso de traspaso, por lo cual, es más viable la segunda solución. En estas condiciones, se propone la ejecución del presente proyecto cuyo propósito es identificar la mejor técnica que facilite la movilidad y portabilidad de los terminales.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto es necesario un computador con altas capacidades de procesamiento y los paquetes de simulación seleccionados por los usuarios tanto para la construcción y validación del modelo como para la generación de la documentación.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes IP, movilidad, portabilidad de terminales y simulación de procesos de telecomunicaciones.</p>

#### 2.1.1.9 Análisis de la Provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service)

La iniciativa de provisión de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) tiene como propósito otorgar al satélite la capacidad de realizar un tratamiento diferenciado sobre los paquetes atendiendo al tipo de servicio al cual corresponden y a las condiciones establecidas por cada red o usuario terrestre con el propósito de mantener los privilegios y restricciones aún después del paso desde el componente terrestre al espacial. En otras palabras, esta iniciativa intenta resolver el problema de cómo ofrecer calidad de servicio a los flujos de paquetes que se cursan por la red satelital de acuerdo a las políticas definidas en las redes terrestres donde son generados.

El primer proyecto que se propone realizar en el marco de esta iniciativa, tiene por objeto definir cual es la mejor alternativa para trasladar y adaptar las políticas de provisión de calidad de servicio establecidas en las redes terrestres a las condiciones de transmisión por satélite y así, garantizar un nivel de servicio suficientemente apropiado, de no existir una política de diferenciación de tipo de servicio en la red terrestre, la estación terrena debe resolver esta carencia, tal y como se describe en la Tabla 20. Simultáneamente, se propone el establecimiento de parámetros para la definición de Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA, Service Level Agreement) de los enlaces que toman parte en una red satelital de próxima generación, esta propuesta se presenta en la Tabla 21.

**Tabla 20: Descripción del proyecto PCS-01**

<b>Proyecto PCS-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Propuesta para provisión de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en las redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo ofrecer calidad de servicio a los diferentes flujos de paquetes que se cursan por la red satelital?
Objetivo General	Diseñar una estrategia para proveer calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en las redes satelitales de próxima generación.
Objetivos Específicos	Construir un modelo para proveer calidad de servicio en las redes satelitales atendiendo a las restricciones y privilegios asignados por las redes terrestres a los diferentes tipos de flujo.
	Analizar a través de simulación el rendimiento del modelo en términos de rendimiento y eficiencia para efectos de optimización y validación.
	Generar criterios y recomendaciones de la implementación del modelo en la estructura del transpondedor y estación terrena.
Resultados Esperados	<p>El primer resultado esperado de la realización de este proyecto son los análisis para determinar el mejor modelo para ofrecer calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en una red satelital de próxima generación. El siguiente resultado es el diseño de los algoritmos e interfaces con los demás módulos de la estación terrena y/o el transpondedor que hacen posible este propósito. Adicionalmente se exige la definición y ejecución de un plan de pruebas para validar los resultados del diseño a nivel de simulación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	Las consideraciones de provisión de calidad de servicio (QoS, Quality of Service) a bordo del satélite se convierten en fundamentales en el mismo momento que existe diversidad de servicios y capacidad de enrutamiento de tráfico entre haces, pues está dicho que existen diferentes tipos de flujo que son susceptibles de manera diferente a los parámetros de retardo de propagación y latencia en la unidad de enrutamiento. En este sentido, la identificación de los diferentes tipos de flujo y el tratamiento diferenciado son dos elementos claves en las redes satelitales de próxima generación y como tal, se ha propuesto el presente proyecto con el objetivo de identificar una estrategia que



	permita garantizar niveles de servicio particulares a los diferentes usuarios buscando favorecer la incursión de la tecnología satelital en el transporte de servicios de tiempo real y multimedia.
Recursos Necesarios	Para la ejecución de este proyecto es necesario un computador de altas capacidades, así como el software elegido por los desarrolladores para realizar las simulaciones y generación de la documentación.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes de nueva generación, calidad de servicio en redes IP y simulación de procesos de telecomunicaciones.

**Tabla 21: Descripción del proyecto PCS-02**

<b>Proyecto PCS - 02</b>	
Nombre del Proyecto:	Establecimiento de Recomendaciones y Criterios para la Construcción de Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs, Service Level Agreements) en las Redes Satelitales de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles deben ser los criterios a tener en cuenta en la construcción de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs, Service Level Agreements) entre el usuario y el operador considerando las limitaciones inherentes al canal satelital y las nuevas características de las redes de próxima generación?
Objetivo General	Definir criterios y generar recomendaciones para la construcción de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs, Service Level Agreements) entre el usuario y el operador, atendiendo a las condiciones inherentes de los sistemas satelitales y a las nuevas capacidades incorporadas a la próxima generación.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de la creación de Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs, Service Level Agreements) en el marco de las comunicaciones por satélite.
	Modelar los parámetros técnicos que definen la Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en el escenario de los sistemas satelitales y definir las métricas más adecuadas de acuerdo a las condiciones de cada usuario.
	Recopilar información respecto de las políticas de los operadores de servicios de telecomunicaciones por satélite para establecer los compromisos adquiridos por el usuario y el proveedor cuando se contratan servicios en el entorno de las redes satelitales actuales y trasladar este modelo al de la redes de próxima generación.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de esta propuesta se espera recopilar información alrededor de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs, Service Level Agreements) en el escenario de las comunicaciones por satélite para establecer los criterios y recomendaciones que deben considerarse para su construcción. De la misma forma se esperan estimaciones basadas en resultados de simulación de las mejores y peores condiciones que podría ofrecer una red satelital de próxima generación para diferentes tipos de tráfico con el propósito de evaluar el deterioro resultante y las condiciones que deben establecerse en los acuerdos para favorecer la calidad de servicio.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado.</p>

Justificación	Cuando se contratan servicios de telecomunicaciones, el operador adquiere un conjunto de compromisos con el usuario respecto del nivel de servicio en términos de tasas de transmisión, disponibilidad, ancho de banda, proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) entre otros. Del mismo modo se definen las penalizaciones que se deben adelantar cuando el operador falta a alguno de los compromisos. Ante esto, la construcción de acuerdos de calidad de servicio debe ser un elemento integral de la contratación del servicio, sin embargo, en el marco de las comunicaciones por satélite esta no es una práctica cotidiana, no obstante, en el nuevo modelo de red donde existe una petición y asignación por demanda y cada usuario cursa tráficos diferentes en términos de sensibilidad al modo de operación de la red, este tipo de acuerdos cobran un papel de vital importancia pues constituyen la herramienta para reglamentar el acceso múltiple al medio y la asignación de recursos así como una garantía de conformidad de los usuarios. Por esta razón, se propone este proyecto enfocado a la búsqueda de recomendaciones y criterios para construcción de acuerdos de nivel de servicio en las redes satelitales de próxima generación.
Recursos Necesarios	Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05, ADA-04 y ASM-01. Adicionalmente se requiere un computador para el desarrollo del documento, permanente conexión a Internet para acceder a información actualizada y Software para el modelamiento de los algoritmos.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en gestión de redes de datos.

### 2.1.1.10 Análisis de la Optimización de TCP (Transmission Control Protocol)

Está dicho que el rendimiento de los protocolos de la capa de transporte y particularmente el TCP no tiene un rendimiento óptimo cuando se cursan **por redes de gran ancho de banda** y elevado retardo de propagación como es el caso de los sistemas satelitales. Atendiendo a esta condición, esta iniciativa se propone el análisis de los procedimientos para optimizar el rendimiento de este protocolo considerando las facilidades de procesamiento a bordo y menores proporciones de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) derivadas de la regeneración de la señal. El proyecto que se plantea para este propósito se describe detalladamente en la Tabla 22.

**Tabla 22: Descripción del Proyecto TCP-01**

Proyecto TCP - 01	
Nombre del Proyecto:	Análisis y Definición de un sistema de Optimización del Rendimiento del Protocolo TCP en las redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo optimizar el rendimiento del protocolo de TCP cuando se cursa a través de un satélite con capacidad de procesamiento a bordo?
Objetivo General	Desarrollar una estrategia para optimizar el rendimiento del protocolo TCP cuando se cursa a través de una red satelital de próxima generación.

Objetivos Específicos	Analizar y evaluar el rendimiento de los mecanismos de optimización que se emplean actualmente para trasladar las fortalezas de cada uno a una solución adaptada a las condiciones del modelo de próxima generación.
	Identificar los requerimientos en el transpondedor y/o en las estaciones terrenas para optimizar el rendimiento del protocolo TCP según el modelo planteado para la próxima generación.
	Generar recomendaciones y criterios para la implementación de la solución al modelo de red de próxima generación.
Resultados Esperados	<p>Este proyecto busca evaluar las técnicas de optimización de TCP que existen actualmente y tomar ventaja de la capacidad del procesamiento a bordo para adaptar o generar una solución tal que pueda incorporarse al modelo de próxima generación la capacidad de acelerar este protocolo para lograr un mejor rendimiento aparente ante los usuarios. Adicionalmente, se espera que resulten recomendaciones y criterios sobre la implementación de la solución sobre las estructuras del transpondedor y/o estación terrena.</p> <p>La descripción de los análisis que conduzcan a la definición de la solución final, así como los resultados de simulación deben hacer parte de la documentación final que se exige para este proyecto. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El retardo de propagación inherente al canal satelital ha afectado el rendimiento del protocolo TCP, pues este no fue desarrollado para este tipo de medios, sin embargo, la necesidad a determinado que TCP sea adaptado para que pueda cursarse a través de satélites. Para este efecto, se han generado soluciones que involucran hasta el momento los extremos de la comunicación pues los satélites actúan fundamentalmente como repetidores. Con la propuesta de redes de nueva generación, es posible que el rendimiento del TCP pueda ser incluso mayor si se explota de manera adecuada la capacidad de procesamiento de los nuevos satélites y se les otorga la capacidad ejecutar algoritmos de optimización. Para determinar la mejor forma de garantizar este mejoramiento, se plantea la presente propuesta con el propósito de diseñar una solución que se adapte al modelo de red planteado en el Programa de I+D.
Recursos Necesarios	Los recursos requeridos para este proyecto son los resultados del proyecto MAC-05 y ADA-04. Adicionalmente se requiere un computador para el desarrollo del documento, permanente conexión a Internet para acceder a información actualizada y Software de simulación si es necesario.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos y experiencia en redes TCP/IP

#### 2.1.1.11 Análisis del Enrutamiento IP en el segmento espacial

Esta iniciativa se orienta a la búsqueda de modelos para otorgar al transpondedor de próxima generación capacidades de enrutamiento basándose en el protocolo de Internet (IP). En este sentido, los proyectos propuestos se orientan al diseño de un módulo capaz de realizar enrutamiento atendiendo a consideraciones de calidad de servicio, movilidad

de usuarios IP, tráfico de multidifusión y condiciones inherentes a los sistemas satelitales como el retardo de propagación.

**Tabla 23: Descripción del Proyecto EIP-01**

<b>Proyecto EIP-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Propuesta de incorporación de la tecnología de conmutación de etiquetas al modelo de redes satelitales de próxima generación para interconexión de redes terrestres basadas en MPLS.
Planteamiento del Problema	¿Es posible realizar una conmutación basada en etiquetas o una asignación de etiquetas en el transpondedor de manera que pueda cursarse a través del satélite tráfico entre redes MPLS o que pueda etiquetarse el tráfico para incorporarlo a este tipo de redes, tal y como si se tratara de un enrutador de frontera (LER) o un enrutador de etiquetas (LSR) terrestre?
Objetivo General	Crear un modelo para otorgar a los transpondedores de próxima generación capacidades de conmutación de etiquetas, de manera que puedan involucrarse en dominios MPLS, tal y como si se tratara de enrutadores de frontera (LER) o de conmutación (LSR).
Objetivos Específicos	Crear un fundamento teórico alrededor de la tecnología MPLS sobre redes satelitales de próxima generación.
	Analizar las posibilidades para facilitar el curso de tráfico MPLS entre las redes de conmutación de etiquetas asociadas a la red satelital mediante un proceso adelantado en el transpondedor.
	Generar recomendaciones y criterios para la implementación del modelo sobre las redes satelitales de próxima generación.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera determinar la viabilidad de otorgar a los transpondedores de próxima generación la capacidad de cursar tráfico entre estaciones terrenas asociadas a dominios MPLS e incluso de transferir tráfico entre las redes convencionales y las redes MPLS. Una vez finalizado este análisis, el proyecto se orienta a la construcción de un modelo para involucrar capacidades de conmutación y asignación de etiquetas a bordo del satélite, de manera que este se convierta en un componente del dominio MPLS sea bien como LSR o LER. El logro más importante es la definición de los módulos software para la estructura del transpondedor y al mismo tiempo de los algoritmos que hagan posible este propósito. Adicionalmente se requiere de las recomendaciones de implementación sobre la plataforma SDR para facilitar la programación de los dispositivos.</p> <p>Los resultados alcanzados en este proyecto deben ser validados a través de simulación de los algoritmos y deben describirse con suficiente detalle en la documentación final. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La tecnología MPLS ha resultado ser un gran avance en la reducción de los tiempos de enrutamiento de paquetes y además una muy buena solución para proveer calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en los enlaces de backbone de las redes terrestres. Estas características le han facilitado una amplia penetración en el mercado y hoy en día existen planes de migración de muchas redes a esta nueva plataforma. En estas condiciones, los procesos de enrutamiento en el transpondedor deben también ser

	actualizados para cursar tráfico de MPLS y así, interconectar redes MPLS distantes o incluso, transferir información entre estos dominios y las redes convencionales. No obstante, esta dicho que no es solamente MPLS el tipo de tráfico que se cursará por la red satelital, luego debe entenderse que son necesarios tanto un modulo de enrutamiento IP tradicional y un módulo de conmutación de etiquetas para direccionar el tráfico de manera apropiada entre los diferentes haces según sea el caso.
Recursos Necesarios	Para la ejecución de este proyecto es necesario un computador con altas capacidades de procesamiento, así como el software elegido por los desarrolladores para realizar las simulaciones y generación de la documentación.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes MPLS, redes satelitales y simulación de procesos de telecomunicaciones.

**Tabla 24: Descripción del Proyecto EIP-02**

<b>Proyecto EIP-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Propuesta para provisión de capacidades de enrutamiento a los transpondedores de próxima generación
Planteamiento del Problema	¿Cómo incorporar al transpondedor de próxima generación capacidades de enrutamiento IP considerando los requerimientos de movilidad-portabilidad de terminales, multidifusión IP, calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y conmutación por etiquetas (MPLS, MultiProtocol Label Switching)?
Objetivo General	Diseñar un procedimiento para proveer capacidades de enrutamiento IP entre múltiples haces a los transpondedores de próxima generación atendiendo a los requerimientos de movilidad-portabilidad de terminales, multidifusión IP, calidad de servicio (QoS, Quality of Service) y conmutación por etiquetas (MPLS, MultiProtocol Label Switching).
Objetivos Específicos	Construir un modelo para proveer capacidad de enrutamiento IP a partir de los resultados de los proyectos MUL-01, IPM-01, PCS-01 y EIP-01
	Analizar a través de simulación el desempeño y eficiencia del modelo para efectos de optimización y validación.
	Generar criterios y recomendaciones de la implementación del modelo en la estructura del transpondedor de próxima generación.
Resultados Esperados	El primer resultado esperado de la realización de este proyecto es el desarrollo de un modelo para realizar enrutamiento de paquetes IP en el transpondedor que integre a los sistemas de movilidad-portabilidad de terminales IP, Control de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service), Multidifusión IP y Análisis de Tráfico, de manera que la tarea de enrutamiento realizada por el satélite sea determinada atendiendo conjuntamente todas estas consideraciones. Finalizado este proyecto se contará con los algoritmos necesarios para realizar enrutamiento de paquetes IP debidamente validado a través de simulación.

	La documentación final de este proyecto debe contener detalladamente los análisis que condujeron a la construcción del modelo y además describir con la mayor claridad posible el modo de funcionamiento, de manera que no se dificulte entender y codificar los algoritmos. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado
Justificación	El enrutamiento de paquetes IP se convierte en una función esencial de los satélites de la próxima generación en el mismo momento en que el área de cobertura se logra a través del uso de múltiples haces, pues el tráfico que genera una estación terrena puede tener el destino en un haz diferente, por lo cual se debe analizar el encabezado del datagrama IP para determinar que haz está iluminando el destino. Este proceso es necesario pues de lo contrario se requeriría retransmitir los paquetes en todos los haces, lo cual no constituye un uso eficiente de la red satelital. Atendiendo a estas condiciones, el presente proyecto se orienta al diseño de un sistema que permita realizar enrutamiento de datagramas a bordo del satélite de manera autónoma, es decir, sin el intercambio de información de soporte con estaciones terrenas de control.
Recursos Necesarios	Para la ejecución de este proyecto es necesario un computador con altas capacidades de procesamiento, así como el software elegido por los desarrolladores para realizar las simulaciones y generación de la documentación.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos Redes de Nueva Generación (Next Generation Networks), calidad de servicio (QoS, Quality of Service) en redes IP y simulación de procesos de telecomunicaciones.

#### 2.1.1.12 Definición de los Protocolos de Nivel Superior

El paso siguiente a la definición de las estrategias para garantizar la Calidad del Servicio (QoS, Quality of Service), la multidifusión IP, la movilidad y portabilidad de terminales IP, enrutamiento de paquetes siguiendo la política de lectura de datagramas y lectura de Etiquetas en el segmento espacial, se requiere establecer una estructura protocolar tal que todos los anteriores procesos puedan ejecutarse armónica y eficientemente entre cada una de las estaciones terrenas y el satélite. Para lograr este propósito se plantea esta iniciativa enfocada a la definición de la estructura de protocolos a través de la recopilación de los resultados obtenidos en los anteriores proyectos tanto para la gestión de los recursos del transpondedor como el procesamiento del tráfico de usuarios. Esta tarea se plantea a través de un único proyecto, el cual se describe en la Tabla 25.

**Tabla 25: Descripción del Proyecto DPS-01**

Proyecto DPS-01	
Nombre del Proyecto:	Definición y simulación de la estructura de protocolos de los niveles equivalentes de red y transporte del modelo de referencia OSI para las redes satelitales de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo coordinar los procesos de asociación de usuarios, enrutamiento, provisión de

	calidad de servicio (QoS, Quality of Service), control de movilidad y portabilidad de terminales, multidifusión IP y aceleración del TCP que suceden en el nivel de red y transporte en una red satelital de próxima generación a través de un conjunto de protocolos que se superpongan sobre los resultados del proyecto DPI-01?
Objetivo General	Definir una estructura de protocolos apropiada para armonizar todos los procesos que toman lugar en el nivel de red y transporte a bordo del satélite siguiendo los resultados de los proyectos GRT-05 y EIP-02.
Objetivos Específicos	Analizar los protocolos que actualmente están siendo desarrollados para las redes satelitales basadas en IP para trasladar las fortalezas de estos al escenario de las redes de próxima generación.
	Integrar a nivel de protocolos las técnicas de enrutamiento, provisión de calidad de servicio, control de movilidad y portabilidad de terminales, multidifusión IP y aceleración del TCP con la estructura definida en el proyecto DPI-01.
	Analizar a través de simulación la operación conjunta de toda la pila para efectos de optimización y validación de la estructura protocolar en general.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera desarrollar un conjunto de protocolos que permitan armonizar los procesos de asociación de usuarios, enrutamiento, provisión de calidad de servicio, control de movilidad y portabilidad de terminales, multidifusión IP y aceleración del TCP con la estructura protocolar lograda en el proyecto DPI-01a través de un análisis asistido por procesos de simulación.</p> <p>Todos los análisis y tareas de simulación realizadas para definir la estructura de protocolos hacen parte de los resultados, por lo cual, deben documentarse detalladamente. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	Cada uno de los procesos de asociación de usuarios, enrutamiento, provisión de calidad de servicio, control de movilidad y portabilidad de terminales, multidifusión IP y aceleración del TCP han sido definidos de manera independiente, por lo cual, no existe una relación que permita hacer un uso conjunto de estos. Este efecto, exige de una integración, la cual es el objeto de esta propuesta. En estos términos, este proyecto se propone el diseño de los protocolos del nivel de red y transporte según el modelo de referencia OSI de manera que se defina completamente a nivel lógico el funcionamiento del transpondedor de próxima generación.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario un computador con suficiente capacidad de procesamiento y los paquetes de simulación que seleccionen los desarrolladores. Adicionalmente, se exige disponibilidad para acceder a Internet durante toda la ejecución del proyecto.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en radiocomunicaciones, protocolos para redes inalámbricas y experiencia en simulación de procesos de telecomunicaciones.

### 2.1.1.13

### Diseño de Redes de Conformación de Haces

En lo pertinente a la conformación de múltiples haces, entendido esto como un requerimiento esencial en las redes satelitales de próxima generación, el objetivo consiste en la generación de recomendaciones para la construcción de sistemas de generación de múltiples haces a través de algoritmos de Procesamiento Digital de Señal (Digital Signal Processing) empotrados en módulos que hacen parte de estructuras de Radio Definido por Software (SDR, Software Defined Radio). El primer proyecto se orienta a construir un primer prototipo de red de conformación de haces con la capacidad de generar un número de haces específico y en un momento determinado, mover o cambiar el tamaño de un conjunto de ellos atendiendo a ordenes externas. Para este efecto, el proceso debe iniciar con la definición de las interfaces más adecuadas tanto para ejercer el control como para el sistema de antenas necesario. Para efectos de verificación se propone realizar simulaciones que permitan comprobar el funcionamiento y robustez de estos resultados. La descripción detallada de la propuesta se presenta en la Tabla 26.

**Tabla 26: Descripción del proyecto RCH-01**

<b>Proyecto RCH-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño de una Red de Formación Dinámica de Múltiples Haces Basada en Procesadores Digitales de Señal (DSPs, Digital Signal Processors) para el modelo de red de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe construirse una red de formación dinámica de haces para generar un número determinado de haces de tamaño variable y con movilidad independiente para cualquiera de ellos empleando Procesamiento Digital de Señal (Digital Signal Processing)?
Objetivo General	Diseñar un prototipo de red de conformación de múltiples haces con capacidad de reconfiguración del número, tamaño y posición de los haces a través de procesamiento digital de señal.
Objetivos Específicos	Crear un fundamento teórico alrededor del diseño de redes de conformación de haces empleando Procesamiento Digital de Señal (Digital Signal Processing).
	Desarrollar los algoritmos que permitan conformar dinámicamente múltiples haces y controlar la cantidad, tamaño y posición según ordenes recibidas a través de una interfaz de control.
	Identificar la estructura hardware más adecuada para implementar redes de conformación de haces con las características mencionadas en esta propuesta y considerando que estará expuesta a las condiciones del espacio.
Resultados Esperados	Con el desarrollo de este proyecto se logra el diseño de una red de conformación de haces con capacidad de generar un número variable de haces con posición y tamaño definidos a través de una interfaz de control. Adicionalmente, a través de esta misma interfaz es posible realizar movilidad de uno o varios haces en particular desde una posición específica a otra en particular. La validación de este resultado debe realizarse a través de simulación para garantizar la robustez y la compatibilidad con los demás módulos del transpondedor.



	<p>La documentación final debe contener detalladamente la estructura y modo de operación del diseño, de manera que sea fácilmente modificable e implementable como parte de un sistema de radio definido por software (SDR, Software Defined Radio). Por otra parte, debe especificarse detalladamente los requerimientos con los cuales debe cumplir el sistema de antenas considerando que la propuesta es el uso de un único reflector iluminado desde varios alimentadores dispuestos estratégicamente. De igual forma deben definirse detalladamente todas las interfaces de este modulo con los demás componentes del transpondedor.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>El desarrollo de redes de conformación de haces a partir de procesamiento digital reducen en gran medida el peso que debe hospedarse en el satélite, pues debe recordarse que en el pasado estas redes eran la combinación de guía ondas de diferentes longitudes con controladores de amplitud, lo cual representa una gran complejidad, poca flexibilidad y mucho peso a bordo del satélite. Con el uso de procesadores digitales de señal además de todas las ventajas de flexibilidad y peso, es posible desarrollar estos algoritmos para hacer parte de plataformas de radio definido por software (SDR, Software Defined Radio), lo cual otorga ventajas tales como la posibilidad de optimizar los algoritmos aún después del lanzamiento del satélite.</p> <p>Por otra parte, la posibilidad de cambiar el número de haces, su posición o tamaño permite a los satélites cubrir el área de servicio a través de diferentes configuraciones lo cual representa la posibilidad de responder más apropiadamente a la demanda de los usuarios. Según estas consideraciones se propone el desarrollo de este proyecto el cual se orienta al diseño de las redes de conformación de haces a través del uso de Procesadores Digitales de Señal (DSPs, Digital Signal Processors) en configuraciones validadas para vuelo espacial.</p>
Recursos Necesarios	<p>Este proyecto requiere de una constante comunicación con los desarrolladores del proyecto GRT-05 para ajustar las interfaces de control. Además se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en campos electromagnéticos, diseño de antenas inteligentes y experiencia en simulación de procesos de telecomunicaciones.</p>

#### 2.1.1.14 Diseño y Construcción de Prototipos de Antenas.

En la construcción de antenas para el segmento espacial se deben enfrentar varios desafíos relacionados con el volumen y el peso de las estructuras, seguidamente, existen requerimientos de altas ganancias y múltiples haces lo que exige inicialmente concentración en la definición de una técnica para la construcción de reflectores de gran diámetro y módulos de alimentación compatibles con estos para conformar dinámicamente el patrón de radiación de acuerdo a las condiciones de interfaz con la red de conformación de haces. De este modo, el primer proyecto está orientado a modelar un prototipo de arreglo de antenas con reflector desplegable de diámetro no inferior a 10 metros con un sistema de alimentación compatible que cumpla con los requerimientos de la red de conformación de haces para completa interoperabilidad. Para este efecto, se

plantea que tanto el proyecto de modelamiento de la red de conformación de haces y el modelamiento del arreglo de antenas empiecen simultáneamente y ambos grupos de desarrollo se mantengan en constante comunicación para la definición de condiciones comunes.

El siguiente paso después del diseño del prototipo, consiste en la implementación del sistema de antenas atendiendo a todas las condiciones necesarias para la validación de resultados para vuelo espacial. De esta forma, es necesario seguir estrictamente las recomendaciones del proyecto inmediatamente anterior para la implementación y al mismo tiempo, desarrollar nuevas simulaciones del comportamiento de la estructura en conjunto. La descripción de las propuestas se describe a continuación en la Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30.

**Tabla 27: Descripción del proyecto SAE-01**

<b>Proyecto SAE-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Criterios y Recomendaciones para la Construcción de Reflectores Parabólicos Desplegables de Gran Diámetro y Arreglos de Alimentadores para Generación de Múltiples Haces.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles deben ser los criterios a tener en cuenta en la construcción de sistemas de antenas empleando reflectores parabólicos desplegados de gran diámetro y arreglos de alimentadores, considerando la necesidad de alta ganancia, amplio ancho de banda y generación de múltiples haces?
Objetivo General	Definir los criterios y recomendaciones para la construcción de sistemas de antenas adecuados para generación de múltiples haces en el segmento espacial empleando un único reflector parabólico iluminado por un arreglo de alimentadores.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de la construcción de reflectores desplegados de gran diámetro y arreglos de alimentadores para los sistemas de antenas del segmento espacial para las bandas C, Ku y Ka.
	Desarrollar un conjunto de pruebas de laboratorio y simulaciones orientadas a determinar las mejores técnicas, materiales y configuraciones para la construcción de antenas para el segmento espacial empleando arreglos de alimentadores y reflectores parabólicos de gran diámetro.
	Definir las condiciones de interfaz para la interconexión de redes de conformación de haces con los sistemas de antenas que emplean múltiples alimentadores con único reflector para optimizar los resultados.
Resultados Esperados	Con el desarrollo de esta propuesta se espera determinar la metodología más adecuada para la construcción de antenas con múltiples alimentadores y un reflector desplegable de gran diámetro como resultado de un conjunto de pruebas a nivel de laboratorio y pruebas de simulación. Por otra parte, se espera modelar la respuesta del patrón de radiación de un sistema de antena con las características mencionadas cuando varían los materiales, las dimensiones, la estructura y el sistema de iluminación para facilitar el diseño de este tipo de antenas y las redes de conformación de haces.

	Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado
Justificación	Los requerimientos en el segmento terrestre por reducir el tamaño y complejidad de los terminales implica lo contrario en el segmento espacial. En este sentido, el desarrollo de sistemas de antenas de mayor diámetro para garantizar mayor ganancia y además la facilidad de múltiples haces contrasta con las restricciones de volumen y peso existentes para la infraestructura en órbita. De este modo, la investigación en el desarrollo de reflectores desplegados con materiales livianos y aptos para generación de múltiples haces ha cobrado una importancia sobresaliente en la construcción de satélites. Siguiendo estas condiciones, se ha propuesto este proyecto con el ánimo de generar conocimiento y nuevas experiencias que soporten nuevos proyectos de investigación en la construcción de este tipo de antenas.
Recursos Necesarios	Se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en campos electromagnéticos, antenas y propagación.

**Tabla 28: Descripción del proyecto SAE-02**

<b>Proyecto SAE-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño y Construcción de un Reflector Parabólico Desplegable y un Arreglo de Alimentadores Compatible con la Generación de Múltiples Haces.
Planteamiento del Problema	¿Cómo implementar un sistema de antenas validado para vuelo espacial y adecuado para la conformación dinámica de haces empleando arreglos de alimentadores y un reflector de gran diámetro?
Objetivo General	Diseñar y construir un sistema de antena para el segmento espacial a partir de un arreglo de alimentadores y un reflector parabólico desplegable de gran diámetro compatible con una red de conformación de haces ya existente.
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de sistemas de antenas con arreglos de alimentadores y reflectores de grandes diámetros.
	Implementar un sistema de antena para el segmento espacial siguiendo los criterios y recomendaciones obtenidas por desarrollos anteriores en esta misma línea.
	Desarrollar un plan de pruebas para validar la confiabilidad de los sistemas de antena en las condiciones previas al lanzamiento y permanencia en el espacio.
Resultados Esperados	Con la ejecución de esta propuesta se espera construir el primer prototipo de antena con reflector desplegable con arreglos de alimentadores dispuestos para generar múltiples haces, validado para vuelo espacial a través de pruebas de laboratorio y simulaciones. Este sistema de antena, debe ser compatible totalmente con los

	<p>resultados obtenidos en el proyecto RCH-01 para obtener en conjunto un sistema funcional de generación dinámica de los haces diferenciando los escenarios para las bandas C, Ku y Ka.</p> <p>La documentación final de este proyecto, además de especificar detalladamente el proceso de diseño e implementación, debe recopilar las experiencias y dificultades dentro del proceso de desarrollo, buscando propagar el conocimiento adquirido como resultado de esta realización.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>El desarrollo de antenas para el segmento espacial obedece en cada caso a un diseño particular, puesto que cada satélite se diseña para una misión en específico. Sin embargo, a partir del logro de conformación dinámica de haces y cargas reconfigurables la industria se ha orientado hacia el desarrollo de satélite genéricos, es decir, aptos para cualquier misión. En este contexto, los sistemas de antenas al igual que las cargas de comunicaciones deben diseñarse para ofrecer una configuración de cobertura adaptable según sea la misión, es decir, sistemas de antenas cuyo patrón de radiación sea suficientemente flexible y permita diferentes configuraciones en términos de cantidad y tamaño de los haces para garantizar de esta forma que su construcción es independiente de la misión del satélite.</p>
Recursos Necesarios	<p>Al inicio de este proyecto se requieren los resultados de los proyectos SAE-01 y RCH-01. Adicionalmente, se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se propone un desarrollador con conocimientos en campos electromagnéticos, antenas, propagación y simulación de procesos de telecomunicaciones. El segundo desarrollador se propone tenga conocimiento en la construcción de estructuras mecánicas.</p>

**Tabla 29: Descripción del proyecto SAE-03**

<b>Proyecto SAE-03</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de factibilidad para Construir Sistemas de Antenas Empleando Reflectores Planos Basados en Parches de Microcinta.
Planteamiento del Problema	¿Es viable la construcción de sistemas de antenas empleando reflectores planos basados en parches de microcinta para las estaciones terrenas considerando la necesidad de alta ganancia, homogeneidad de la respuesta en amplios anchos de banda y haces móviles altamente directivos?
Objetivo General	Evaluar la viabilidad de desarrollar sistemas de antenas adecuados para estaciones terrenas fijas, portátiles y móviles empleando reflectores planos con parches de microcinta.
Objetivos Específicos	Crear un fundamento teórico alrededor de la construcción sistemas de antenas empleando arreglos de reflectores de microcinta dispuestos sobre superficies planas para estaciones terrestres.

	<p>Desarrollar un conjunto de pruebas de laboratorio y simulaciones orientadas a determinar la factibilidad de implementar antenas para estaciones terrenas fijas, móviles y portátiles empleando arreglos de reflectores de microcinta dispuestos sobre superficies planas.</p> <p>Generar recomendaciones para la construcción de este tipo de reflectores e identificar a través de la experimentación las ventajas sobre los reflectores parabólicos tradicionales.</p>
Resultados Esperados	<p>Con el desarrollo de esta propuesta se espera determinar en qué condiciones o para cuales aplicaciones son tecnológicamente más eficientes los reflectores planos de microcinta como resultado de un conjunto de pruebas de laboratorio y simulaciones orientadas a evaluar el desempeño de estos reflectores en diferentes condiciones. Por otra parte, se espera identificar los procedimientos a través de los cuales es posible conformar el patrón de radiación para garantizar posibilidad de apuntamiento y seguimiento al satélite sin el requerimiento de movimientos mecánicos.</p> <p>La documentación generada en este proyecto debe exponer detalladamente los procedimientos empleados para la evaluación del desempeño tanto en el laboratorio como a nivel de simulación. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Los reflectores planos son considerados una solución muy viable para aquellas aplicaciones donde no es posible instalar reflectores parabólicos por efectos del volumen o donde existen requerimientos de peso. En esta dinámica, los reflectores pueden ser construidos empleando superficies planas ya existentes mediante la impresión de parches de microcinta o sobre superficies de muy bajo peso, lo cual representa una optimización en el uso de espacios y disminución de los costos por la notable disminución de la infraestructura. Sin embargo, la construcción de estos reflectores es muy compleja considerando que la posición y dimensiones de cada uno de los reflectores influye sobre el patrón de radiación, lo cual requiere de extrema precisión y además, la respuesta de la antena es homogénea para una banda muy angosta de frecuencias según estudios. En estas condiciones, se propone la ejecución de este proyecto buscando evaluar la posibilidad de emplear esta tecnología en el desarrollo de antenas para las estaciones terrenas en las diferentes bandas C, Ku y Ka.</p>
Recursos Necesarios	<p>Se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en campos electromagnéticos, antenas, propagación y simulación de procesos de telecomunicaciones.</p>

**Tabla 30: Descripción del proyecto SAE-04**

Proyecto SAE-04	
Nombre del Proyecto:	Construcción de prototipos de Antenas con Reflectores Planos Basados en Parches de Microcinta.

Planteamiento del Problema	¿Cómo construir prototipos funcionales de un sistema de antena con reflector plano basado en parches de microcinta sea bien para el segmento espacial o terrestre en las bandas C, Ku y Ka?
Objetivo General	Construir prototipos de antena empleando reflectores planos basados en parches de microcinta para el segmento terrestre atendiendo a los criterios y recomendaciones del proyecto SAE-03 con el propósito de realizar pruebas de validación de esta tecnología.
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de arreglos de reflectores de microcinta dispuestos sobre superficies planas para aplicaciones de comunicaciones por satélite.
	Evaluar de manera práctica los resultados del desempeño de los reflectores planos a través de pruebas en escenarios particulares según la simulación.
	Identificar estrategias para mejorar el rendimiento de las antenas de reflectores planos en términos de ancho de banda, conformación de haces, ganancia y niveles de ruido.
Resultados Esperados	<p>Este proyecto se realiza solamente si el proyecto SAE-03 determina que es factible la utilización de reflectores planos en aplicaciones de comunicaciones por satélite. En caso de ser positivos los resultados, con el desarrollo de esta propuesta se esperan construir diferentes prototipos y realizar las pruebas pertinentes para validar y comprobar definitivamente que la utilización de reflectores planos representa mayores ventajas sobre los reflectores parabólicos. Esta comprobación se realiza atendiendo a los niveles de ganancia, figura de mérito, ancho de banda, volumen y peso. Incluso, se proponen pruebas de estabilidad de los parámetros cuando el arreglo de reflectores se expone al sol, humedad o vientos fuertes.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	Una vez se haya definido a nivel de diseño y simulación que es posible emplear reflectores planos en el segmento terreno y obtener mayores ventajas que las obtenidas con los reflectores parabólicos, el paso siguiente es la construcción de prototipos con los cuales se puedan desarrollar las pruebas necesarias para validar y comprobar el desempeño de estos dispositivos, de manera que exista un respaldo y resultados prácticos para asegurar factibilidad de estos dispositivos.
Recursos Necesarios	Para este proyecto se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas y generar la documentación final. Adicionalmente es necesario el equipo para generar los parches y construir la estructura total de la antena.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en campos electromagnéticos, antenas, propagación y simulación de procesos de telecomunicaciones.

### 2.1.1.15 Diseño y Construcción de Dispositivos de Microondas

La iniciativa de desarrollar dispositivos de microondas, tales como amplificadores, filtros de RF (RadioFrequency) y convertidores de frecuencia, surge a partir de la necesidad de dispositivos con respuestas más lineales, más inteligentes y con capacidades de monitoreo, es decir, que a través de una interfaz de control se pueda conocer su estado para facilitar el proceso de gestión en general. Para el logro de este objetivo, es necesario considerar el uso de las nuevas tecnologías de radio frecuencia, tales como los circuitos de microcinta, Transistores de Electrones de Alta Movilidad (HEMT, High Electron Mobility Transistors) y los Circuitos Integrados Monolíticos de Microondas (MMICs, Microwave Monolithic Integrated Circuits). En este contexto, los proyectos propuestos en esta iniciativa redundan en el diseño de componentes hardware del transpondedor y estaciones terrenas a partir del uso de nuevas tecnologías para reducir el peso y volumen de estos dispositivos y aumentar la confiabilidad a través de la posibilidad de interfaces de control y monitoreo. Los proyectos propuestos alrededor de esta iniciativa se exponen en la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39.

**Tabla 31: Descripción del proyecto CDM-01**

<b>Proyecto CDM-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Recomendaciones y Criterios para la Construcción de Amplificadores de Potencia para el Segmento terrestre y Espacial.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles deben ser las recomendaciones y criterios que deben atenderse en el proceso de diseño y construcción de amplificadores de potencia para el segmento espacial y terrestre para operación en banda C, Ku y Ka?
Objetivo General	Establecer los criterios y recomendaciones para el diseño y construcción de amplificadores de potencia en las bandas C, Ku y Ka para el segmento terrestre y espacial.
Objetivos Específicos	Contribuir a la construcción de una base de conocimiento alrededor del diseño y construcción de dispositivos de microondas para sistemas satelitales de telecomunicaciones.
	Desarrollar un conjunto de simulaciones y pruebas de laboratorio que permitan evaluar diferentes tecnologías de hardware, diseños y ensamblaje de circuitos de microondas para la banda Ku en el segmento espacial y terrestre, de manera que puedan definirse criterios y recomendaciones para obtener los mejores resultados en futuros desarrollos.
	Establecer un plan de pruebas para la validación de vuelo espacial para este tipo de resultados.
Resultados Esperados	Con la ejecución de este proyecto se espera establecer un conjunto de criterios y recomendaciones para el diseño e implementación de amplificadores de potencia tanto para el segmento espacial como para el segmento terrestre buscando garantizar óptimo

	<p>rendimiento en términos de linealidad, ganancia, ancho de banda, facilidades de gestión y eficiencia en diseños futuros. Para este efecto, se exige que los resultados de este proyecto estén respaldados por simulaciones y pruebas de laboratorio que garanticen la confiabilidad de estos logros.</p> <p>Otro resultado que se espera de este proyecto es la identificación de las condiciones que a nivel de laboratorio son necesarias para la construcción de este tipo de dispositivos, es decir, se requiere determinar el equipo de instrumentación e insumos requeridos para la ejecución de los proyectos futuros de implementación y pruebas. Además de esto, es necesario que la documentación final, describa de manera detallada todos los procesos adelantados, así como los resultados obtenidos que fueron tenidos en cuenta para la construcción de recomendaciones y definición de los criterios.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Aún cuando el desarrollo de hardware para el segmento espacial o terrestre no ha sido el fuerte de la comunidad académica del país y existe además una amplia oferta de dispositivos en el mercado, la investigación en la construcción de dispositivos de microondas se justifica en la necesidad de adquirir experiencia en el manejo de las nuevas tecnologías del hardware de radiofrecuencia y porque además de reducir los costos derivados del diseño e implementación de estos dispositivos con recursos nacionales, se enriquece la experiencia y se califica altamente el talento.</p> <p>En este contexto, se propone este proyecto buscando preparar el camino para futuros proyectos de diseño e implementación y con ello, reducir la probabilidad de fallas o gastos inoficiosos de tiempo, talento y recursos.</p>
Recursos Necesarios	<p>Este proyecto requiere de un computador de altas capacidades de procesamiento para realizar las simulaciones y generar la documentación final. También es necesario el software de simulación que determinen los desarrolladores y el equipo de laboratorio para el desarrollo hardware.</p>
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen como desarrolladores dos aspirantes al título de ingenieros electrónicos y de telecomunicaciones con conocimientos en electrónica de potencia, construcción y simulación de circuitos electrónicos para RF.</p>

**Tabla 32: Descripción del proyecto CDM-02**

<b>Proyecto CDM-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Recomendaciones y Criterios para la Construcción de Amplificadores de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para el Segmento terrestre y Espacial.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles deben ser las recomendaciones y criterios que deben atenderse en el proceso de diseño y construcción de amplificadores de bajo ruido para el segmento espacial y terrestre para operación en las bandas C, Ku y Ka?
Objetivo General	Establecer los criterios y recomendaciones para el diseño y construcción de amplificadores de bajo ruido en las bandas C, Ku y Ka para el segmento terrestre y espacial.



Objetivos Específicos	Contribuir a la construcción de una base de conocimiento alrededor del diseño y construcción de dispositivos de microondas para sistemas de comunicaciones por satélite.
	Desarrollar un conjunto de simulaciones y pruebas de laboratorio que permita evaluar diferentes tecnologías de hardware y estrategias de diseño y ensamblaje de circuitos de microondas para las bandas C, Ku y Ka en el segmento espacial y terrestre, de manera que puedan definirse criterios y recomendaciones para obtener los mejores resultados en los desarrollos futuros.
	Establecer un plan de pruebas para la validación de vuelo espacial para este tipo de resultados.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera establecer un conjunto de criterios y recomendaciones para el diseño e implementación de amplificadores de bajo ruido (LNA, Low Noise Amplifier) tanto para el segmento espacial como para el segmento terrestre buscando garantizar óptimo rendimiento en términos de linealidad, ganancia, ancho de banda, facilidades de gestión y eficiencia. Para este efecto, se exige que los resultados de este proyecto estén respaldados por simulaciones y pruebas de laboratorio que garanticen la confiabilidad de estos logros.</p> <p>Por otra parte, en este proyecto se debe identificar las condiciones que a nivel de laboratorio son necesarias para la construcción de este tipo de dispositivos, es decir, se debe determinar el equipo de instrumentación e insumos requeridos para la ejecución de los proyectos futuros de implementación y pruebas.</p> <p>Además de esto, es necesario que la documentación final, describa de manera detallada todos los procesos adelantados, así como las consideraciones que fueron tenidas en cuenta para la construcción de recomendaciones y definición de los criterios. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Aún cuando el desarrollo de hardware para el segmento espacial o terrestre no ha sido el fuerte de la comunidad académica nacional y existe además una amplia oferta de dispositivos en el mercado, la investigación en la construcción de dispositivos de microondas se justifica en la necesidad de adquirir experiencia en el manejo de las nuevas tecnologías del hardware de radiofrecuencia. En estos términos, además de reducir los costos derivados del diseño e implementación con recursos nacionales, se enriquece la experiencia y se califica altamente el talento.</p> <p>En este contexto, se propone este proyecto buscando preparar el camino para futuros proyectos de diseño e implementación y con ello, reducir la probabilidad de fallas o gastos ineficaces de tiempo, talento y recursos.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para realizar las simulaciones y generar la documentación final. Es necesario además, el software de simulación que elijan los desarrolladores.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia, construcción y simulación de circuitos electrónicos para RF (RadioFrequency).

**Tabla 33: Descripción del proyecto CDM-03**

<b>Proyecto CDM-03</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de un Amplificador de Potencia para el Segmento Espacial en Banda Ku.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse un amplificador de potencia para la banda Ku validado para vuelo espacial siguiendo los resultados obtenidos en el proyecto CDM-01?
Objetivo General	Implementar un amplificador de potencia para el segmento espacial validado para vuelo espacial a partir de las recomendaciones generadas en el proyecto CDM-01
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de amplificadores de potencia para el segmento espacial empleando electrónica de microondas.
	Construir un amplificador de potencia empleado tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento espacial siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-01
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-01 para certificar que el amplificador de potencia construido soporta las condiciones previas al lanzamiento del satélite y las existentes en el espacio.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-01e implementar un amplificador de potencia a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos del transpondedor propuesto en el modelo de redes satelitales de nueva generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente las recomendaciones de implementación y el plan de pruebas del proyecto CDM-01.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	<p>La construcción de Amplificadores de Potencia (PAs, Power Amplifiers) para el segmento espacial constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de transpondedores y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de RF, lo que representa un posicionamiento para el grupo de investigación y además acerca la posibilidad de generar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.</p> <p>Por otra parte, la generación de amplificadores a partir de dispositivos electrónicos permite disminuir el peso, volumen y mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios (QoSs, Quality of Services) y sobre el costo de las comunicaciones por satélite.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos para la construcción del amplificador definidos en el proyecto CDM-01. También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.

Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia, construcción de circuitos electrónicos para RF (RadioFrequency).
-------------------------------	--

**Tabla 34: Descripción del proyecto CDM-04**

<b>Proyecto CDM-04</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para el Segmento Espacial en Banda Ku.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse un amplificador de bajo ruido para la banda Ku validado para vuelo espacial empleando circuitos electrónicos de microondas?
Objetivo General	Implementar un amplificador de bajo ruido para el segmento espacial validado para vuelo espacial
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de amplificadores de bajo ruido para el segmento espacial empleando electrónica de microondas.
	Construir un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) empleado tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento espacial siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-02
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-02 para certificar que el Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) construido soporta las condiciones previas al lanzamiento del satélite y las existentes en el espacio.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-02 e implementar un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos del transpondedor propuesto en el modelo de redes satelitales de nueva generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente el plan de pruebas del proyecto CDM-02 y evaluar los resultados para certificar esta implementación o para generar un plan de mejoramiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>La construcción de Amplificadores de Bajo Ruido (LNAs, Low Noise Amplifiers) para el segmento espacial constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de transpondedores y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de RF (RadioFrequency), lo que representa un posicionamiento para los grupos de investigación involucrados, y además, acerca la posibilidad de generar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.</p> <p>Por otra parte, la generación de amplificadores a partir de dispositivos electrónicos permite disminuir el peso, volumen y mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios y además sobre la disminución del tamaño de las estaciones terrestres.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos para la construcción del amplificador definidos en el proyecto CDM-02.

	También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia, en construcción de circuitos electrónicos para RF (RadioFrequency).

**Tabla 35: Descripción del proyecto CDM-05**

<b>Proyecto CDM-05</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de un Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) para el Segmento Terrestre en Banda Ku.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse un Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) para la banda Ku validado para ser empleado en estaciones terrenas utilizando circuitos electrónicos de microondas?
Objetivo General	Implementar un Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) para el segmento terrestre validado utilización en banda Ku.
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de Amplificadores de Potencia (PA, Power Amplifiers) para el segmento terreno empleando electrónica de microondas.
	Construir un Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) empleando tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento terrestre siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-01
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-01 para certificar que el Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) construido soporta las condiciones operativas de una estación terrena.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-01 e implementar un Amplificador de Potencia (PA, Power Amplifier) a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos de la estación terrena propuesta en el modelo de redes satelitales de nueva generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente el plan de pruebas del proyecto CDM-01 y evaluar los resultados para certificar esta implementación o para generar un plan de mejoramiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	La construcción de Amplificadores de Potencia (PAs, Power Amplifiers) para el segmento terreno constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de transpondedores y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de RF, lo que representa un posicionamiento para el grupo de investigación y además acerca la posibilidad de generar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.

	Por otra parte, la generación de amplificadores a partir de dispositivos electrónicos permite mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos para la construcción del amplificador definidos en el proyecto CDM-01. También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia y construcción de circuitos electrónicos para RF.

**Tabla 36: Descripción del proyecto CDM-06**

<b>Proyecto CDM-06</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para el Segmento Terrestre en Banda Ku.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para la banda Ku validado para su utilización en estaciones terrenas empleando circuitos electrónicos de microondas?
Objetivo General	Implementar un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para el segmento terrestre validado para utilización en banda Ku
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) para el segmento terrestre empleando tecnologías emergentes de electrónica de microondas.
	Construir un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) empleando tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento terrestre siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-02
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-02 para certificar que el amplificador construido soporta las condiciones operativas de una estación terrena.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-02 e implementar un Amplificador de Bajo Ruido (LNA, Low Noise Amplifier) a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos de la estación terrena descrita en el modelo de redes satelitales de nueva generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente el plan de pruebas del proyecto CDM-02 y evaluar los resultados para certificar esta implementación o para generar un plan de mejoramiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>

Justificación	<p>La construcción de Amplificadores de Bajo Ruido (LNAs, Low Noise Amplifiers) constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de estaciones terrenas y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de radiofrecuencia, lo que representa un posicionamiento para el grupo de investigación y además, acerca la posibilidad de generar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.</p> <p>Por otra parte, la generación de amplificadores a partir de dispositivos electrónicos permite disminuir el peso, volumen y mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios y además sobre la disminución del tamaño de las estaciones terrestres.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos para la construcción del amplificador definidos en el proyecto CDM-02. También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia y construcción de circuitos electrónicos para RF.

**Tabla 37: Descripción del Proyecto CDM-07**

<b>Proyecto CDM-07</b>	
Nombre del Proyecto:	Recomendaciones y Criterios para la Construcción de Conversores Elevadores (Up Converter) y Reductores (Down Converter) de Frecuencia para el Segmento Terrestre y Espacial
Planteamiento del Problema	¿Cuáles deben ser las recomendaciones y criterios que deben atenderse en el proceso de diseño y construcción de Conversores Elevadores (Up Converter) y Reductores (Down Converter) de Frecuencia para el segmento espacial y terrestre para operación en las bandas C, Ku y Ka?
Objetivo General	Establecer los criterios y recomendaciones para el diseño y construcción de Conversores Elevadores (Up Converter) y Reductores (Down Converter) de Frecuencia en las bandas C, Ku y Ka para el segmento terrestre y espacial.
Objetivos Específicos	Construir un fundamento teórico alrededor del diseño y construcción de dispositivos de microondas para sistemas de comunicaciones por satélite.
	Desarrollar un conjunto de simulaciones y pruebas de laboratorio que permita evaluar diferentes tecnologías de hardware y estrategias de diseño y ensamblaje de circuitos de microondas para construir Conversores Elevadores (Up Converter) y Reductores (Down Converter) de frecuencia en las bandas C, Ku y Ka en el segmento espacial y terrestre.
	Establecer un plan de pruebas para la validación de vuelo espacial para este tipo de resultados.

Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera establecer un conjunto de criterios y recomendaciones para el diseño e implementación de Conversores Elevadores (Up Converter) y Reductores (Down Converter) tanto para el segmento espacial como para el segmento terrestre buscando garantizar óptimo rendimiento en términos de linealidad, ganancia, ancho de banda, facilidades de gestión y eficiencia. Para este efecto, se exige que los resultados de este proyecto estén respaldados por simulaciones y pruebas de laboratorio que garanticen la confiabilidad de estos logros.</p> <p>Por otra parte, en este proyecto se debe identificar las condiciones que a nivel de laboratorio son necesarias para la construcción de este tipo de dispositivos, es decir, se debe determinar el equipo de instrumentación e insumos requeridos para la ejecución de los proyectos futuros de implementación y pruebas. Además de esto, es necesario que la documentación final, describa de manera detallada todos los procesos adelantados, así como las consideraciones que fueron tenidas en cuenta para la construcción de recomendaciones y definición de los criterios.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Aún cuando el desarrollo de hardware para el segmento espacial o terrestre no ha sido el fuerte de la comunidad académica nacional y existe además una amplia oferta de dispositivos en el mercado, la investigación en la construcción de dispositivos de microondas se justifica en la necesidad de adquirir experiencia en el manejo de las nuevas tecnologías del hardware de radiofrecuencia. En estos términos, además de reducir los costos derivados del diseño e implementación con recursos nacionales, se enriquece la experiencia y se califica altamente el talento.</p> <p>En este contexto, se propone este proyecto buscando preparar el camino para futuros proyectos de diseño e implementación y con ello, reducir la probabilidad de fallas o gastos inoficiosos de tiempo, talento y recursos.</p>
Recursos Necesarios	Al inicio de este proyecto se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para realizar las simulaciones y generar la documentación final. Es necesario además, el software de simulación que elijan los desarrolladores.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia, construcción y simulación de circuitos electrónicos para RF.

**Tabla 38: Descripción del Proyecto CDM-08**

Proyecto CDM-08	
Nombre del Proyecto:	Implementación de los Conversores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el Segmento Terrestre en Banda Ku.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse los conversores de frecuencia para la banda Ku para su utilización en estaciones terrenas empleando circuitos electrónicos de microondas?
Objetivo General	Implementar los Conversores Elevadores y Reductores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el segmento Terrestre para utilización en banda Ku

Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de los convertidores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el segmento terrestre empleando tecnologías emergentes de electrónica de microondas.
	Construir un amplificador de bajo ruido (LNA, Low Noise Amplifier) empleando tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento terrestre siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-07
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-07 para certificar que los convertidores de frecuencia construidos soportan las condiciones operativas de las estaciones terrestres.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-07 e implementar los convertidores de frecuencia elevador y reductor (Up Converter y Down Converter) a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos de las estaciones propuestas en el modelo de redes satelitales de nueva generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente el plan de pruebas del proyecto CDM-07 y evaluar los resultados para certificar esta implementación o para generar un plan de mejoramiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	<p>La construcción de convertidores de frecuencia para el segmento terrestre constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de estaciones terrenas y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de radiofrecuencia, lo que representa un posicionamiento para el grupo de investigación y además acerca la posibilidad de generar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.</p> <p>Por otra parte, la generación de convertidores de frecuencia a partir de dispositivos electrónicos permite disminuir el peso, volumen y mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios y además sobre la disminución del tamaño de las estaciones terrenas.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos definidos en el proyecto CDM-07. También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia y construcción de circuitos electrónicos para RF.

**Tabla 39: Descripción del Proyecto CDM-09**

Proyecto CDM-09	
Nombre del Proyecto:	Implementación de los Convertidores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el Segmento Espacial en Banda Ku.



Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse los Convertidores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) para la banda Ku validado para vuelo espacial empleando circuitos electrónicos de microondas?
Objetivo General	Implementar los Convertidores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el segmento espacial y validarlos para vuelo espacial
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la construcción de los Convertidores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el segmento espacial empleando electrónica de microondas.
	Construir los Convertidores de Frecuencia (Up Converter y Down Converter) empleado tecnologías emergentes de electrónica de microondas para el segmento espacial siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en el proyecto CDM-07
	Ejecutar el plan de pruebas establecido en el proyecto CDM-07 para certificar que los convertidores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) construidos soportan las condiciones previas al lanzamiento del satélite y las existentes en el espacio.
Resultados Esperados	<p>Con esta propuesta se pretende materializar los resultados del proyecto CDM-07 e implementar los convertidores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) a partir de tecnologías de electrónica para radiofrecuencia que se ajuste a los requerimientos del transpondedor propuesto en el modelo de redes satelitales de próxima generación. Para este efecto, debe seguirse rigurosamente el plan de pruebas del proyecto CDM-07 y evaluar los resultados para certificar esta implementación o para generar un plan de mejoramiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>La construcción de los convertidores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) para el segmento espacial constituye un gran paso en la adquisición de experiencia en la construcción de transpondedores y utilización de tecnologías recientes de la electrónica de radiofrecuencia, lo que representa un posicionamiento para el grupo de investigación y además acerca la posibilidad de comercializar productos que garanticen la autosostenibilidad del programa de I+D.</p> <p>Por otra parte, la generación de convertidores de frecuencia (Up Converter y Down Converter) a partir de dispositivos electrónicos permite disminuir el peso, volumen y mejorar las características de linealidad, ancho de banda, eficiencia y ganancia, lo que tiene un impacto directo sobre la calidad de los servicios y además sobre la disminución del tamaño de las estaciones terrestres puesto que serán iluminadas con mayor nivel de potencia.</p>
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarios los equipos de instrumentación y los insumos para la construcción del amplificador definidos en el proyecto CDM-07. También es necesario un computador para el desarrollo de la documentación final y conexión a Internet para adquisición de información.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en electrónica de potencia y construcción de circuitos electrónicos para radiofrecuencia.

## 2.1.2 Fase de Desarrollo

### 2.1.2.1 Diseño e Implementación de las Plataformas SDR (Software Defined Radio)

En la primera etapa del programa se han definido los algoritmos que definen el funcionamiento de la carga de comunicaciones, en esta iniciativa, el propósito consiste en construir una plataforma SDR (Software Defined Radio) a partir de estos resultados, es decir, crear una estructura hardware sobre la cual sea posible implementar los algoritmos y obtener así una carga de comunicaciones completamente digital basada en dispositivos lógicos programables con capacidad de reprogramación o actualización del software. Para este efecto, se ha definido un proyecto cuyo objetivo es el análisis de los resultados previos y la construcción de la plataforma. Esta iniciativa se describe en la Tabla 40 y Tabla 41.

**Tabla 40: Descripción del proyecto SDR-01**

<b>Proyecto SDR-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño e Implementación de una plataforma SDR que soporte la estructura de procesamiento de un transpondedor de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la mejor configuración en hardware y software para construir la plataforma SDR que soporte la estructura propuesta del transpondedor y que además permita realizar reprogramación de los dispositivos lógicos para posibles actualizaciones?
Objetivo General	Diseñar y construir una plataforma SDR adecuada para implementar sobre ella el sistema de procesamiento a bordo de un transpondedor de próxima generación.
Objetivos Específicos	Identificar los dispositivos lógicos programables y la configuración hardware-software más adecuada para desarrollar la plataforma SDR que soporte la implementación del transpondedor con capacidad de reconfiguración.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para validar los resultados y garantizar que el funcionamiento y rendimiento de la plataforma es el apropiado para la implementación del transpondedor.
	Generar criterios y recomendaciones para implementación de cada uno de los módulos del transpondedor sobre la estructura diseñada en este proyecto.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera seleccionar los dispositivos lógicos programables más adecuados y construir a partir de estos una plataforma SDR que soporte los algoritmos que definen el funcionamiento del transpondedor, atendiendo a las condiciones de regeneración y redundancia necesarias para garantizar tanto las actualizaciones de la carga de comunicaciones como para conservar a pesar de fallas la disponibilidad del sistema. De igual forma, se espera definir una estructura a nivel de software que facilite la implementación e interoperabilidad de cada uno de los módulos que lo componen.</p> <p>Con este proyecto deben quedar definidos completamente los mecanismos de programación y reprogramación de la plataforma, adicionalmente debe establecerse los</p>

	<p>mecanismos de respuesta ante fallas de la plataforma considerando sistemas de redundancia, lo que implica una actualización de los resultados del proyecto DPI-01.</p> <p>Una vez construida la plataforma, se exige que sea probada mediante un plan diseñado en el transcurso del proyecto para validar su correcto funcionamiento. El documento final, debe especificar con detalle todos los procesos de análisis, diseño e implementación de los resultados y además, se exige un conjunto de recomendaciones para la incorporación de los algoritmos de cada uno de los módulos.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado.</p>
Justificación	<p>El presente proyecto propone el diseño y la construcción completa de la estructura hardware del transpondedor, esto obedece a la consideración de que es más sencillo, rápido y versátil establecer interfaces a nivel lógico que a nivel de hardware. En estos términos, se plantea un dimensionamiento basado en los resultados de los proyectos MAC-05, ADA-04, ASM-01 y DPI-01 para diseñar y construir la plataforma de SDR, de manera que una vez terminado este proyecto, la preocupación será el desarrollo de código adaptado a la arquitectura.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para el desarrollo de este proyecto se requiere los dispositivos lógicos programables en cantidad y calidad exigidos por los desarrolladores, así como los insumos necesarios para las pruebas, programación y montaje hardware. Adicional a lo anterior, es necesario un equipo de computación con alta capacidad de procesamiento para desarrollo del código que sea necesario y la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR e implementación de circuitos.

**Tabla 41: Descripción del proyecto SDR-02**

<b>Proyecto SDR-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño e Implementación de una plataforma SDR que soporte la estructura de procesamiento de una estación terrena de próxima generación.
Planteamiento del Problema	¿Cuál es la mejor configuración en hardware y software para construir la plataforma SDR que soporte la estructura propuesta para una estación terrena y que además permita realizar reprogramación de los dispositivos lógicos para posibles actualizaciones?
Objetivo General	Diseñar y construir una plataforma SDR tanto a nivel hardware como software capaz de soportar los requerimientos de procesamiento de una estación terrena de próxima generación.
Objetivos Específicos	Identificar los dispositivos lógicos programables y la configuración hardware y software más adecuada para desarrollar la plataforma SDR que soporte la implementación de la estación terrena y además los procesos de reconfiguración.
	Generar criterios y recomendaciones para implementación de cada uno de los módulos

	de la estación terrena sobre la estructura diseñada en este proyecto.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para validar los resultados y garantizar que el funcionamiento y rendimiento es el apropiado para los requerimientos de la estación terrena.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera seleccionar los dispositivos lógicos programables más adecuados y construir a partir de estos una plataforma SDR que soporte los algoritmos que definen el funcionamiento de la estación terrena. De igual forma, se espera definir una estructura a nivel de software que facilite la implementación e interoperabilidad de cada uno de los módulos que la componen. Una vez construida la plataforma, se exige que sea probada mediante un plan de pruebas diseñado en el transcurso del proyecto para validar su correcto funcionamiento.</p> <p>El documento final, debe especificar con detalle todos los procesos de análisis, diseño e implementación de los resultados y adicionalmente, se exige un conjunto de recomendaciones para la incorporación de los algoritmos de cada uno de los módulos.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El presente proyecto propone el diseño y la construcción completa de la estructura hardware de la estación terrena, esto obedece a la consideración de que es más fácil y versátil establecer interfaces a nivel lógico que a nivel de hardware. En estos términos, se plantea un dimensionamiento basado en los resultados del proyecto DPI-01 para diseñar y construir la plataforma de SDR.
Recursos Necesarios	Para el desarrollo de este proyecto se requiere los dispositivos lógicos programables en cantidad y calidad exigidos por los desarrolladores, así como los insumos necesarios para las pruebas, programación y montaje hardware. Adicional a lo anterior, es necesario un equipo de computación con alta capacidad de procesamiento para desarrollo y compilación del código que sea necesario, así como la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR, operación con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

### 2.1.2.2 Construcción de los Equipos de Comunicaciones

La construcción de la carga de comunicaciones ocurre en el dominio digital con el desarrollo del componente de procesamiento de datos y en el dominio analógico con la implementación del componente de radiocomunicaciones. En el marco de esta iniciativa, se inicia la construcción de ambos bloques de manera simultánea, de manera que se obtengan resultados parciales integrables en la próxima etapa del Programa de I+D.

En lo pertinente al componente de radiocomunicaciones el propósito es recopilar los estudios realizados en la primera etapa respecto de la interfaz de radiofrecuencia

diseñada para las redes satelitales de próxima generación y construir este componente a través de proyectos orientados a programar la plataforma satelital con los algoritmos obtenidos en los a proyectos anteriores. El componente de procesamiento de datos se obtiene de la misma forma que el anterior, es decir, a través de la programación de la plataforma SDR con los algoritmos obtenidos en la primera fase. Cada proyecto está orientado a construir un componente de la estructura del procesador sobre la plataforma y a interconectarlo con los demás, de manera que al final de esta etapa, se obtiene el procesador de datos y los componentes de radiocomunicaciones completamente validados y funcionales de manera separada. Cada uno de los proyectos se describe a continuación desde la Tabla 42 hasta la Tabla 49.

**Tabla 42: Descripción del Proyecto SDR-03**

<b>Proyecto SDR-03</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de los tranceptores digitales para la estructura del transpondedor sobre la plataforma SDR
Planteamiento del Problema	¿Cómo construir un módulo que realice los procesos de sincronización, aleatorización, codificación-modulación y control de adaptabilidad del canal en el sentido de transmisión y recepción para el transpondedor siguiendo las especificaciones de la interfaz de radio (nivel físico) descritas en los resultados del proyecto DPI-01?
Objetivo General	Diseñar e implementar sobre la plataforma SDR del transpondedor una unidad de transmisión-recepción compatible con la interfaz de radio definida en el proyecto DPI-01 que integre las funciones de sincronización, aleatorización, codificación-modulación y control de adaptabilidad del canal.
Objetivos Específicos	Adquirir y difundir experiencias alrededor de la implementación y prueba de sistemas SDR para el segmento espacial.
	Generar algoritmos de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing) para adelantar procesos de sincronización de la portadora, aleatorización, modulación-demodulación, codificación y corrección de errores.
	Programar la plataforma SDR con los algoritmos obtenidos y realizar un conjunto de pruebas tales que se verifique el correcto funcionamiento de la unidad de radio y sus capacidades de adaptación al medio de propagación.
Resultados Esperados	<p>En el presente proyecto se espera construir un módulo de transmisión-recepción para la estructura del transpondedor siguiendo los resultados del proyecto DPI-01 en cuanto a consideraciones de la interfaz de radio. Este resultado representa un producto final y además un componente de la arquitectura del transpondedor por lo cual debe ser validado a través de un estricto plan de pruebas.</p> <p>Un elemento muy importante es la definición de las interfaces de este módulo de radio con los módulos de Control de Acceso al Medio, Red de conformación de haces, módulo de control y el procesador de tramas, pues se debe tener en cuenta que estos están siendo desarrollados simultáneamente y existen recomendaciones previas para la interacción entre módulos del transpondedor en los resultados del proyecto SDR-01.</p> <p>La documentación debe exponer detalladamente el procedimiento de análisis, implementación y pruebas, así como las recomendaciones de integración con otros</p>

	<p>módulos.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Las unidades de radiocomunicaciones son los componentes que reciben el tráfico de un haz en particular y en el modo de recepción capturan la señal electromagnética previamente digitalizada y extraen de esta las tramas para que sean procesadas en la siguiente unidad o bien, en el modo de transmisión realizan la función contraria con las tramas recibidas del procesador de tramas. Es así, que estas unidades se crean dinámicamente según el número de haces para cubrir la zona de servicio, dado que cada unidad de radio está asociada a un haz. En estos términos, se propone en este proyecto el diseño e implementación de un transceptor adaptativo buscando avanzar en la construcción del prototipo de transpondedor de nueva generación que será el instrumento sobre el cual será posible realizar las pruebas que determinen en definitiva los ajustes finales del modelo de redes satelitales de próxima generación.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-01 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-01 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar, compilar y simular el código de procesamiento digital de señal y para el desarrollo de la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y operación con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 43: Descripción del Proyecto SDR-04**

<b>Proyecto SDR-04</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de los trancceptores digitales para la estructura de la estación terrena sobre la plataforma SDR
Planteamiento del Problema	¿Cómo construir un módulo que realice los procesos de sincronización, aleatorización, codificación-modulación y control de adaptabilidad del canal en el sentido de transmisión y recepción para la estación terrena siguiendo las especificaciones de la interfaz de radio (nivel físico) descritas en los resultados del proyecto DPI-01?
Objetivo General	Diseñar e implementar sobre la plataforma SDR de la estación terrena una unidad de transmisión-recepción compatible con la interfaz de radio definida en el proyecto DPI-01 que integre las funciones de sincronización, aleatorización, codificación-modulación y control de adaptabilidad del canal.
Objetivos Específicos	Adquirir y difundir experiencias alrededor de la implementación y prueba de sistemas SDR para el segmento terreno.
	Generar algoritmos de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing) para adelantar procesos de sincronización de la portadora, aleatorización, modulación-demodulación, codificación y corrección de errores.

	<p>Programar la plataforma SDR con los algoritmos obtenidos y realizar un conjunto de pruebas tales que se verifique el correcto funcionamiento de la unidad de radio y sus capacidades de adaptación al medio de propagación.</p>
Resultados Esperados	<p>En el presente proyecto se espera construir un módulo de transmisión-recepción para la estructura de la estación terrena siguiendo los resultados del proyecto DPI-01 en cuanto a consideraciones de la interfaz de radio. Este resultado representa un producto final y además un componente de la arquitectura de la estación terrena, por lo cual debe ser validado a través de un estricto plan de pruebas.</p> <p>Un elemento muy importante es la definición de las interfaces de este modulo de radio con los módulos de Control de Acceso al Medio (MAC, Medium Access Control), módulo de control y el procesador de tramas, pues debe atenderse que estos están siendo desarrollados simultáneamente y existen recomendaciones previas para la interacción entre módulos de la estación terrena en los resultados del proyecto SDR-02</p> <p>La documentación debe exponer detalladamente el procedimiento de análisis, implementación y pruebas, así como las recomendaciones de integración con otros módulos.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Las unidades de radiocomunicaciones son los componentes que extraen de la señal electromagnética las tramas de datos y al mismo tiempo, construyen la señal a transmitir mediante las tramas generadas por la red o usuario final. En estos términos, estos tranceptores elementos esenciales en la estructura de las estaciones terrenas. El presente proyecto propone precisamente la construcción de un tranceptor adaptativo buscando avanzar en la construcción del prototipo de estación terrena de nueva generación que será, junto a el prototipo del transpondedor, los instrumentos sobre los cuales será posible realizar las pruebas que determinen los ajustes finales del modelo de redes satelitales de próxima generación.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-02 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-02 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar, compilar y simular el código de procesamiento digital de señal (DSP, Digital Signal Processing) y para el desarrollo de la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y operación con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 44: Descripción del proyecto SDR-05**

<b>Proyecto SDR-05</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación del módulo de Control de Acceso Múltiple (MAC, Medium Access Control) al Medio de la arquitectura del Transpondedor en la Plataforma SDR-01
Planteamiento del Problema	¿Cómo implementar sobre una plataforma de Radio Definido por Software (SDR,

	Software Defined Radio) una unidad de Control de Acceso al Medio (MAC, Medium Access Control) que se ajuste a la estructura propuesta para el transpondedor y a las recomendaciones generadas en el proyecto MAC-05 e DPI-01?
Objetivo General	Implementar sobre una plataforma de Radio Definido por Software (SDR, Software Defined Radio) una unidad de control de acceso al medio para la estructura del transpondedor que se ajuste a los resultados del proyecto SDR-01 y a las recomendaciones de los proyectos MAC-05 e DPI-01
Objetivos Específicos	Crear experiencia alrededor de la implementación y prueba de sistemas SDR para el segmento espacial.
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-01, con los algoritmos logrados en el proyecto DPI-01 para construir el módulo de control de acceso múltiple al medio y así mismo, interconectarlo con los demás componentes a través de las interfaces adecuadas.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para validar los resultados e identificar fallas para construir planes de mejoramiento.
Resultados Esperados	<p>El resultado de este proyecto es el prototipo funcional del componente de control de acceso múltiple que debe instalarse en el satélite. Esta implementación debe realizarse siguiendo estrictamente las recomendaciones generadas en el proyecto DPI-01 pues deben ser compatibles los módulos generados tanto para el transpondedor como para la estación terrena, lo que representa además una continua comunicación con los desarrolladores del proyecto SDR-07. Adicional a las pruebas de rigor para sustentar el correcto funcionamiento de estos resultados, se requiere que sean evaluadas las interfaces con todos los componentes con los cuales este módulo realiza intercambio de datos u ordenes para efectos de compatibilizar todos los resultados obtenidos hasta la finalización de este proyecto.</p> <p>En el documento final se debe describir detalladamente los procesos de implementación, análisis y pruebas, de manera que exista respaldo escrito de todos los resultados.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La unidad de Control de Acceso al Medio (MAC, Medium Access Control) es la encargada de controlar las unidades de radiocomunicaciones asociadas a cada haz para definir las frecuencias, intervalos o códigos en los cuales deben transmitir e incluso definir el contenido o la información de cada transmisión, dependiendo de la técnica de acceso al medio que haya sido elegida más viable en el proyecto MAC-05. Según esta condición, esta unidad es fundamental en la estructura del transpondedor y su implementación se dificulta debido a que debe intercambiar información con varios módulos, tales como la red de conformación de haces, las unidades de radiocomunicaciones e incluso con la unidad de procesamiento de paquetes. El presente proyecto se propone para realizar un diseño tal que conduzca a la construcción de un componente de control de acceso al medio que se ajuste a las condiciones tanto de la estructura del transpondedor como a las condiciones de red de próxima generación buscando garantizar calidad de resultados en el prototipo de transpondedor de próxima generación.
Recursos Necesarios	Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-01 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-01 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar y compilar el código



	como para el desarrollo de la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y operación con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 45: Descripción del proyecto SDR-06**

<b>Proyecto SDR-06</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de una Red de Conformación Dinámica de Múltiples Haces sobre la plataforma de Radio Definido por Software (SDR, Software Defined Radio) SDR-01.
Planteamiento del Problema	¿Cómo construir sobre la plataforma SDR existente para el transpondedor, una red de conformación de haces basada en procesamiento digital de señal siguiendo el diseño establecido en el proyecto RCH-01?
Objetivo General	Implementar la red de conformación de haces lograda en el proyecto RCH-01 sobre la plataforma SDR del transpondedor y establecer el plan de pruebas para certificar su funcionamiento.
Objetivos Específicos	Adquirir experiencia en la implementación de redes de conformación de haces empleando técnicas de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing) y Radio Definido por Software (SDR, Software Defined Radio).
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-01, con los algoritmos logrados en el proyecto RCH-01 para construir la red de conformación de haces y así mismo, definir las interfaces con los demás componentes
	Realizar un conjunto de pruebas orientadas a validar los resultados empleando conjuntamente los resultados parciales del sistema de antenas SAE-02 para evaluar resultados y generar recomendaciones respecto del perfeccionamiento del sistema.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera materializar los resultados del proyecto RCH-01 e implementar sobre una plataforma SDR los algoritmos para conformación dinámica de haces para interconectarlos con el sistema de antenas y así, conocer y evaluar el funcionamiento real de conjunto para trazar las estrategias de mejoramiento.</p> <p>Tan importante como la implementación de la red de conformación de haces, es la evaluación del rendimiento en conjunto con el sistema de antenas, es decir, se trata de determinar la compatibilidad entre estos dos diseños e identificar los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El presente proyecto se orienta a la construcción del primer prototipo de pruebas de la red de conformación de haces. En estos términos, servirá para estudiar la respuesta del conjunto de la red de conformación de haces con el sistema de antenas lograda en el proyecto SAE-02, lo cual será la base para definir los ajustes sobre las

	implementaciones finales de ambos sistemas. No existe otra justificación para la realización de este proyecto que el requerimiento de conocer el funcionamiento conjunto de estos dos diseños de forma real.
Recursos Necesarios	Se requiere un computador de altas capacidades de procesamiento para simular las soluciones propuestas, generar y compilar el código para los dispositivos lógicos programables y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing), programación de dispositivos lógicos, antenas y programación.

**Tabla 46: Descripción del proyecto SDR-07**

<b>Proyecto SDR-07</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación de una Unidad de Control de Acceso al Medio (MAC, Medium Access Control) para la estructura de la estación terrena en la Plataforma SDR-02
Planteamiento del Problema	¿Cómo implementar sobre la plataforma lograda en el proyecto SDR-02 una unidad de control de acceso al medio que se ajuste a la estructura propuesta para la estación terrena y a las recomendaciones generadas en el proyecto MAC-05 y DPI-01?
Objetivo General	Implementar sobre la plataforma de Radio Definido por Software (SDR, Software Defined Radio) y lograda en el proyecto SDR-02 una unidad de Control de Acceso al Medio (MAC, Medium Access Control) para la estructura propuesta de la estación terrena.
Objetivos Específicos	Crear experiencia alrededor de la implementación y prueba de sistemas SDR para el segmento terrestre.
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-02, con los algoritmos logrados en el proyecto MAC-05 y DPI-01 para construir la unidad de control de acceso múltiple y así mismo, interconectarla con los demás componentes a través de las interfaces adecuadas.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para validar los resultados o identificar fallas para construir planes de mejoramiento.
Resultados Esperados	<p>El resultado de este proyecto es la versión final del componente de control de acceso múltiple que debe instalarse en el la estación terrena. Esta implementación debe realizarse siguiendo estrictamente las recomendaciones generadas en el proyecto MAC-05 y DPI-01 pues deben ser compatibles los módulos generados tanto para el transpondedor como para la estación terrena, lo que representa además una continua comunicación con los desarrolladores del proyecto SDR-05. Adicionalmente se exigen pruebas de funcionamiento para validar los resultados y evaluaciones de compatibilidad entre las unidades de control en el segmento espacial y segmento terreno.</p> <p>La documentación final debe describir al detalle todo el proceso de diseño,</p>

	implementación e incluso las pruebas tanto de la unidad solamente como del conjunto entre las unidades homologas del segmento espacial y terrestre. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado
Justificación	La unidad de control de acceso al medio es la encargada de controlar la unidad de radiocomunicaciones para definir las frecuencias, intervalo o incluso código en los cuales se debe transmitir, dependiendo de la técnica de acceso al medio que haya sido elegida más viable en el proyecto MAC-05. Según esta condición la unidad de control de acceso múltiple es una unidad fundamental en la estructura de la estación terrena y debe garantizarse su interoperabilidad con otros módulos. Según esta condición, se propone la ejecución de este proyecto buscando construir la versión final de la unidad de control de acceso al medio, puesto que los resultados logrados hasta el momento requieren de una integración para que sean contribuciones en el logro de una estación terrena de nueva generación.
Recursos Necesarios	Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-02 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-02 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar y compilar el código como para el desarrollo de la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y operación con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 47: Descripción del Proyecto SDR-08**

<b>Proyecto SDR-08</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación del Módulo de Enrutamiento IP sobre la plataforma SDR del transpondedor.
Planteamiento del Problema	¿Cómo puede implementarse el Módulo de Enrutamiento IP sobre la plataforma SDR de acuerdo a las consideraciones establecidas en el proyecto EIP-02 y DPS-01 para lograr completa compatibilidad con la estructura del transpondedor de próxima generación?
Objetivo General	Diseñar e implementar un Módulo de Enrutamiento IP sobre la plataforma SDR construida en el proyecto SDR-01 siguiendo los resultados del proyecto EIP-02 y DPS-01.
Objetivos Específicos	Construir un fundamento teórico alrededor del desarrollo de sistemas SDR para el segmento espacial.
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-01, con los algoritmos logrados en el proyecto EIP-02 y DPS-01 para construir el módulo de enrutamiento IP y así mismo, definir sus interfaces con los demás componentes.

	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas estricto sobre el hardware de la plataforma que garantice la robustez y eficiencia de los resultados.
Resultados Esperados	<p>El resultado principal de este proyecto es la programación de la plataforma SDR con los algoritmos definidos en el proyecto DPS-01 y el ajuste de las interfaces de este módulo con los demás componentes del transpondedor para lograr la interoperabilidad. Adicional a las pruebas de rigor a nivel lógico sobre el software de compilación y simulación, se exigen pruebas sobre el Hardware para validar el funcionamiento del modulo diseñado en este proyecto y además para verificar la compatibilidad con los demás componentes con los cuales realiza intercambio de ordenes o información. A partir de estos resultados los desarrolladores deben decidir si la estructuras requieren o no de cambios para mejor comportamiento. Estos ajustes de optimización o mejoramiento, hacen parte de los resultados de este proyecto.</p> <p>Todo el proceso de codificación y programación de la plataforma, así como el diseño y los resultados del plan de pruebas deben estar suficientemente detallados en la documentación final. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El presente proyecto es la materialización de los resultados de la ejecución del proyecto EIP-02 y DPS-01, además, los resultados obtenidos en esta realización constituyen una unidad funcional esencial de la estructura total del transpondedor. Tal es la importancia de esta unidad que otorga a las redes satelitales de próxima generación facilidades de enrutamiento de datagramas entre los diferentes haces, lo que permite optimizar el ancho de banda de bajada puesto que en cada haz se transmitirán solo los paquetes cuyos destinos se encuentran asociados a este. En estos términos, las redes satelitales aumentan notablemente la eficiencia en el uso de sus recursos y les otorga mayor capacidad de tráfico y velocidad para cada uno de los terminales.
Recursos Necesarios	Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-01 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma, son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-01 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar y compilar el código como para el desarrollo de la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR, simulación y generación de código con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 48: Descripción del Proyecto SDR-09**

<b>Proyecto SDR-09</b>	
Nombre del Proyecto:	Implementación del módulo de Control de la Carga de Comunicaciones del Transpondedor sobre la plataforma SDR.
Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse el módulo de Control y Gestión sobre la plataforma SDR para lograr completa compatibilidad con la estructura del transpondedor de próxima generación siguiendo además las recomendaciones del proyecto GRT-05?
Objetivo General	Diseñar e implementar sobre la plataforma SDR construida en el proyecto SDR-01 el

	módulo de control y gestión de la carga de comunicaciones siguiendo los resultados del proyecto GRT-05.
Objetivos Específicos	Aportar en la construcción de una base de conocimientos y experiencias en el desarrollo de sistemas SDR para el segmento espacial.
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-01, con los algoritmos logrados en el proyecto GRT-05 para lograr el módulo de Control y Gestión, y así mismo, definir las interfaces con los demás componentes.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas estricto sobre el hardware de la plataforma que garantice la robustez y eficiencia de los resultados.
Resultados Esperados	<p>El resultado principal de este proyecto es la programación de la plataforma SDR con los algoritmos diseñados en el proyecto GRT-05 y el ajuste de este módulo con los demás componentes del transpondedor. Adicional a las pruebas de rigor a nivel lógico sobre el software de compilación y simulación, se exigen pruebas sobre el hardware para validar el funcionamiento del módulo diseñado en este proyecto y además para verificar la compatibilidad con los demás componentes con los cuales realiza intercambio de ordenes o información.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado</p>
Justificación	<p>El presente proyecto es la materialización de los resultados de la ejecución del proyecto GRT-05 y además, los resultados obtenidos en esta realización constituyen una unidad funcional esencial de la estructura total del transpondedor. Tal es la importancia de esta unidad que otorga a los satélites la capacidad de autogestionar sus recursos a partir de procedimientos de autovaloraciones del estado de la carga de comunicaciones, es decir, el satélite podría determinar cuantos recursos están disponibles para asignar a nuevos usuarios, analizar el tráfico para determinar la mejor configuración de los haces o para generar reportes de facturación e incluso gestionar usuarios sin el soporte de estaciones de control para responder a solicitudes de ingreso de nuevos usuarios o para asignar o reasignar los recursos como ancho de banda o privilegios de tráfico.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-01 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma, son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-01 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar y compilar el código como para el desarrollo de la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR, simulación y generación de código con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

**Tabla 49: Descripción del Proyecto SDR-10**

Proyecto SDR-10	
Nombre del Proyecto:	Diseño e Implementación sobre la plataforma SDR de los módulos de interfaz entre los componentes de radiocomunicaciones y el procesador de tramas del transpondedor.

Planteamiento del Problema	¿Cómo debe implementarse el módulo de empaquetamiento/desempaquetamiento sobre la plataforma SDR para lograr completa compatibilidad con la estructura del transpondedor de próxima generación siguiendo además las recomendaciones de los proyectos DPI-01 y DPS-01?
Objetivo General	Diseñar e implementar sobre la plataforma SDR construida en el proyecto SDR-01 el módulo de empaquetamiento/desempaquetamiento de la carga de comunicaciones siguiendo los resultados de los proyectos DPI-01 y DPS-01.
Objetivos Específicos	Construir un fundamento teórico en la construcción de una base de conocimientos y experiencias en el desarrollo de sistemas SDR para el segmento espacial.
	Programar la plataforma SDR lograda en el proyecto SDR-01, con los algoritmos logrados en los proyectos DPS-01 y DPI-01 para lograr el módulo de empaquetamiento/desempaquetamiento, y así mismo, definir las interfaces con los demás componentes.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas estricto sobre el hardware de la plataforma que garantice la robustez y eficiencia de los resultados.
Resultados Esperados	Los resultados de este proyecto son la programación de la plataforma SDR con los algoritmos diseñados en los proyectos DPS-01 y DPI-01, el ajuste de este módulo con los demás componentes del transpondedor y adicionalmente a las pruebas de rigor a nivel lógico sobre el software de compilación y simulación, las pruebas sobre el Hardware para validar completamente el funcionamiento del modulo.  Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado
Justificación	El presente proyecto es la materialización de los resultados de los proyectos DPI-01 y DPS-01 para lograr el módulo de empaquetamiento/desempaquetamiento que además, constituye una unidad funcional esencial de la estructura total del transpondedor. Tal es la importancia de esta unidad que otorga a los satélites la capacidad de emplear protocolos propietarios adecuados a las condiciones de estas redes de manera transparente para el usuario o la red terrestre que se encuentre asociada permitiendo acceder a las tramas bit a bit para su procesamiento.
Recursos Necesarios	Para el inicio de este proyecto es necesario que esté finalizado el proyecto SDR-01 pues se requiere de la plataforma SDR para la prueba de los algoritmos. De igual forma, son necesarios los insumos empleados en el proyecto SDR-01 para la programación de los dispositivos y adicionalmente, un computador tanto para editar y compilar el código como para el desarrollo de la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos aspirantes al título de ingenieros en electrónica y telecomunicaciones con conocimientos en la tecnología SDR, simulación y generación de código con el tipo de circuitos lógicos programables seleccionados.

### 2.1.2.3 Ejecución de Pruebas de Rendimiento y Validación de Resultados

Esta iniciativa es la finalización de la segunda etapa del Programa de I+D y consiste en el diseño y ejecución de pruebas sobre los resultados logrados durante este periodo, de manera, que exista una garantía de su buen funcionamiento y compatibilidad entre ellos. Los proyectos que se plantean en esta iniciativa no son necesariamente trabajos de grado, sino mejor, trabajos de laboratorio cuya duración no es mayor a un mes. Los resultados de estas actividades determinan la finalización real de los proyectos de esta etapa, pues se aclara que una vez existan resultados evaluables estos se someten a pruebas por personas diferentes a los desarrolladores y se generan informes para ajustes o recomendaciones para el equipo de desarrollo. Una vez realizada la puesta a punto de estos resultados siguiendo estas recomendaciones, se consideran finalizados todos los proyectos de esta etapa.

**Tabla 50: Descripción del Proyecto PFL-01**

<b>Proyecto PFL-10</b>	
Nombre del Proyecto:	Pruebas de pre-validación de los componentes del transpondedor de próxima generación.
Planteamiento del Problema	Cómo comprobar que los resultados obtenidos durante la segunda etapa del Programa de I+D se ajustan a los resultados esperados y son aptos formar parte del prototipo del transpondedor.
Objetivo General	Realizar un conjunto de pruebas a los resultados obtenidos para comprobar que los resultados obtenidos se ajustan a las expectativas y requerimientos del Programa de I+D.
Objetivos Específicos	Diseñar un plan de pruebas de cada uno de los componentes del transpondedor logrados durante la segunda etapa, de manera que pueda ser adelantado a nivel de laboratorio por estudiantes con la asesoría de un docente encargado.
	Realizar pruebas de verificación de los resultados para determinar si corresponden a las exigencias del modelo planteado en el Programa de I+D
	Generar recomendaciones a los desarrolladores para la finalización de los proyectos en curso, de manera, que estas pruebas sean un mecanismo de optimización de los resultados.
Resultados Esperados	El presente proyecto se ha propuesto para divulgar los conocimientos y experiencias logradas durante la construcción de los componentes del transpondedor entre la comunidad académica interesada en el área, de manera que se puedan integrar otros talentos diferentes a los desarrolladores de los proyectos para que realicen pruebas sobre los resultados e identifiquen los puntos vulnerables a fallas para generar recomendaciones de optimización. El dominio de este proyecto involucra tanto el diseño de los planes de pruebas como la asistencia al desarrollo de cada una.  Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación

	en revista o evento especializado.
Justificación	En el desarrollo de productos integrables para la conformación de un sistema, es necesario mantener una comunicación constante con los diferentes grupos y verificar las características de los resultados con el objetivo de garantizar la compatibilidad entre cada uno de los componentes. Este proyecto pretende diseñar un conjunto de pruebas para que sean adelantadas por personas calificadas pero ajenas al grupo de desarrollo de manera que además puedan encontrar más fácilmente los puntos débiles de los resultados obtenidos para que estos sean corregidos en la parte final de su desarrollo y se maximice la calidad de cada componente.
Recursos Necesarios	Para el inicio de este proyecto es necesario que existan resultados evaluables de todos los proyectos con nomenclatura SDR. De igual forma, es necesario disponibilidad de un espacio de laboratorio y la instrumentación determinada por los desarrolladores de esta propuesta. Adicionalmente se requiere un computador tanto para evaluar el código como para el desarrollo de la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Un mes
Perfil de los Desarrolladores	Las personas que realicen cada una de las pruebas se proponen estudiantes que a la fecha del inicio hayan finalizado su formación en radiocomunicaciones y dispositivos lógicos programables.

#### 2.1.2.4 Generación de Herramientas de Simulación

Al momento de iniciar la ejecución de los proyectos de esta iniciativa ya se habrán terminado los proyectos de definición de la arquitectura, de manera que ya existe un modelo de la estructura final. Tomando ventaja de este hecho, se propone adelantar análisis asistidos por simulación para evaluar de forma anticipada el rendimiento de los resultados y generar recomendaciones para maximizar calidad de los productos finales, más específicamente, en esta iniciativa se propone la evaluación de los diferentes servicios que ofrecerán las redes satelitales de próxima generación a través del modelamiento del funcionamiento del transpondedor y las estaciones terrenas para analizar de forma virtual el funcionamiento, rendimiento y compatibilidad de todos los componentes cuando se ofrecen servicios de difusión, multidifusión IP, enlaces punto a punto de datos, voz y video. Cada una de las propuestas de trabajo en torno a esta iniciativa se describen en la Tabla 51 y la Tabla 52.

**Tabla 51: Descripción del Proyecto PRU-01**

Proyecto PRU-01	
Nombre del Proyecto:	Análisis Asistido por Simulación del Rendimiento de los Servicios de Difusión de Multimedia a través de Redes Satelitales de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo conocer la respuesta de la red satelital de próxima generación ante la implementación de servicios de difusión de contenidos multimedia, como televisión sobre IP o radio sobre IP?



Objetivo General	Evaluar a través de procesos de simulación la respuesta y la Calidad del Servicio (QoS, Quality of Service) de las redes satelitales de nueva generación cuando se implementan sistemas de difusión de contenidos multimedia.
Objetivos Específicos	Modelar los resultados obtenidos en la construcción de sistemas de comunicaciones tanto para el segmento espacial como terrestre para construir una plataforma de simulación de las redes satelitales
	Identificar los puntos vulnerables de las redes de próxima generación cuando ofrecen servicios de difusión de contenidos multimedia para generar planes de mejoramiento a partir de los resultados de simulación.
	Generar recomendaciones y criterios para la explotación de servicios de difusión de contenidos multimedia en las redes satelitales de próxima generación.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera construir una plataforma que simule totalmente las redes satelitales de próxima generación a partir del modelamiento de los resultados en la construcción del transpondedor y las estaciones terrenas. Esta plataforma debe ser lo más aproximada al modelo real, pues constituye el mecanismo para realizar pruebas que no podrían ser adelantadas sino hasta la puesta en órbita de esta arquitectura. Una vez finalizada la construcción de la plataforma se propone la evaluación de los servicios de difusión de multimedia para identificar puntos vulnerables y a partir de ellos generar planes de optimización de resultados.</p> <p>La documentación final debe describir detalladamente el proceso de diseño e implementación de la plataforma de simulación. En los mismos términos, debe comentarse los resultados de la evaluación de rendimiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La simulación es el mecanismo que permite realizar pruebas que solo son posibles realmente una vez esta infraestructura se encuentre en órbita, por esta razón, el presente proyecto invierte recursos en la generación de una plataforma lo suficientemente cercana a los resultados obtenidos durante todo el proceso de construcción de los transpondedores y estaciones para proveer una herramienta de evaluación que permita identificar debilidades y fortalezas que posteriormente puedan ser usadas para mejorar los resultados. La propuesta de evaluar en este mismo proyecto los servicios de difusión de multimedia y además combinar esto con pruebas de laboratorio se debe a que este ejercicio permitirá mejorar aún más la plataforma de simulación.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario un computador con altas capacidades de procesamiento y los paquetes software seleccionados por los desarrolladores para construir tanto la plataforma de simulación como la documentación.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en servicios multimedia, redes IP y redes satelitales.

**Tabla 52: Descripción del Proyecto PRU-02**

<b>Proyecto PRU-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de Desempeño de los Servicios interactivos de datos, voz y video cuando se cursan a través de Redes Satelitales de Próxima Generación.
Planteamiento del Problema	¿Cómo conocer la respuesta de la red satelital de próxima generación ante la implementación de enlaces bidireccionales punto a punto para intercambio de contenidos multimedia?
Objetivo General	Evaluar a través de procesos de simulación la respuesta de las redes satelitales de nueva generación y la Calidad del Servicio (QoS, Quality of Service) cuando se cursa tráfico multimedia punto a punto de manera bidireccional.
Objetivos Específicos	Analizar a través de simulación el comportamiento de la red y la Calidad del Servicio (QoS, Quality of Service) cuando se cursa tráfico multimedia punto a punto de forma bidireccional para efectos de optimización y validación.
	Identificar los puntos vulnerables de las redes de próxima generación cuando ofrecen servicios de difusión de contenidos multimedia para generar planes de mejoramiento.
	Generar recomendaciones y criterios para la explotación de servicios de conexión de dos vías de banda ancha para intercambio de contenidos multimedia.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera evaluar los servicios satelitales de conexión de dos vías para cursar tráfico de multimedia punto a punto con el objeto de identificar puntos vulnerables y a partir de ellos generar planes de optimización de resultados. Este proyecto, se soporta en los resultados del proyecto PRU-01 donde se construyó una plataforma de simulación, sobre la cual se harán los ajustes respectivos para simular esta nueva situación y así, realizar una comparación de cuanto se mejoran las redes con la migración al modelo de próxima generación.</p> <p>La documentación final debe describir detalladamente el proceso de simulación. En los mismos términos, debe comentarse los resultados de la evaluación de rendimiento.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La simulación es el mecanismo que permite realizar pruebas que solo son posibles realmente una vez esta infraestructura se encuentre en órbita, por esta razón, el presente proyecto invierte recursos en la generación de una plataforma lo suficientemente cercana a los resultados obtenidos durante todo el proceso de construcción de los transpondedores y estaciones para proveer una herramienta de evaluación que permita identificar debilidades y fortalezas que posteriormente puedan ser usadas para mejorar los resultados. La propuesta de evaluar en este mismo proyecto los servicios de difusión de multimedia se debe a que este ejercicio permitirá mejorar aún más la plataforma de simulación.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesaria la plataforma de simulación lograda en PRU-01 y un computador con altas capacidades de procesamiento y los paquetes software seleccionados por los desarrolladores para construir la plataforma de simulación y la documentación.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.

Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos aspirantes al título de ingenieros en electrónica y telecomunicaciones con conocimientos en servicios multimedia, redes IP y redes satelitales.
-------------------------------	---

### 2.1.3 Fase de Implementación

#### 2.1.3.1 Construcción del Primer Prototipo del Transpondedor

Esta iniciativa consiste en la integración de los resultados logrados en las dos etapas anteriores para construir el primer prototipo del transpondedor a través de la unión de la unidad de radiocomunicaciones, unidad de procesamiento de datos, conversores del dominio digital a analógico y viceversa, conversores de frecuencia, amplificadores y el sistema de antenas.

La propuesta de trabajo para esta iniciativa consiste en un solo proyecto, en el cual se realiza la integración hardware de todos los componentes y se adelanta los ajustes tales que el sistema sea funcional bajo las condiciones previstas. Para garantizar esta última condición, en este mismo proyecto se propone diseñar y ejecutar un plan de pruebas estricto para asegurar la robustez de esta realización, tal y como se expone en la Tabla 53.

**Tabla 53: Descripción del Proyecto INT-01**

Proyecto INT-01	
Nombre del Proyecto:	Integración de los componentes del Transpondedor de Próxima Generación para generar el primer prototipo de pruebas.
Planteamiento del Problema	¿Cómo integrar la plataforma SDR con los dispositivos de microondas y el sistema de antenas para construir un prototipo funcional del transpondedor de próxima generación validado a través de un estricto régimen de pruebas?
Objetivo General	Integrar los resultados hardware, experiencias y conocimientos conseguidos en las etapas iniciales del programa de I+D para construir un prototipo funcional del transpondedor de próxima generación y validarlo a través de un plan de pruebas para su funcionamiento.
Objetivos Específicos	Recopilar experiencia en la construcción, puesta a punto y verificación de transpondedores para la próxima generación de sistemas satelitales de telecomunicaciones.
	Integrar la plataforma SDR con los dispositivos de microondas y el sistema de antenas y realizar la puesta a punto del conjunto.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas sobre el sistema para validar el funcionamiento de cada componente en particular y del sistema en general.

Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se obtendrá un prototipo funcional del transpondedor, el cual se logra a partir de la integración de la plataforma SDR con los dispositivos del dominio analógico, a través de los conversores A/D y D/A que deben ser cuidadosamente seleccionados durante el presente proyecto atendiendo al plan de integración que se exige al inicio de esta propuesta.</p> <p>Los ajustes del sistema también hacen parte de este proyecto, de manera que deben realizarse ajustes a todos los componentes hardware para adecuarse a las bandas de operación y condiciones de los escenarios de prueba. Todo el proceso de desarrollo debe ser descrito completamente en la documentación que se entregue adjunta a los resultados. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>El proceso de integración de las partes del transpondedor es la etapa final y esencial en la consecución de los objetivos del Programa de I+D, pues debe atenderse que cada uno de los resultados obtenidos tienen el impacto esperado si son integrados para obtener un único resultado. Este proyecto, aún cuando no cuenta con un enfoque investigativo como los anteriores, permite recuperar experiencia a través de la realización de procesos de integración y puesta a punto de hardware. Además los resultados generados aquí son productos finales funcionales que respaldan el éxito del modelo de red de próxima generación que se ha diseñado, lo descartan definitivamente o permitirá encontrar los cambios tales que conduzcan a mejoramiento que eleven la competitividad de los resultados frente a otros modelos que puedan emerger de otros centros de investigación.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto se requiere de disponibilidad de espacios de laboratorio e instrumentación adecuada para mediciones en frecuencias de microondas (Banda Ku). Se requiere además de un computador con altas capacidades de procesamiento.</p>
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y radiocomunicaciones.

### 2.1.3.2 Construcción del Primer Prototipo de Estación Terrena

Una vez estén construidos y probados los componentes de la estructura de la estación terrena el paso siguiente consiste en su integración y prueba en conjunto para obtener el primer prototipo. Atendiendo a esta condición, al igual que en la iniciativa anterior este objetivo se logra a través de un solo proyecto el cual incluye también la realización de un conjunto de pruebas sobre el sistema total. La descripción total de este proyecto se expone en la Tabla 54.

**Tabla 54: Descripción del Proyecto INT-02**

Proyecto INT-02	
Nombre del Proyecto:	Construcción del Primer Prototipo Funcional de una Estación Terrena de Próxima Generación.

Planteamiento del Problema	¿Cómo integrar la plataforma SDR con los dispositivos de microondas y el sistema de antenas para construir un prototipo funcional de la estación terrena de próxima generación validada a través de un estricto régimen de pruebas?
Objetivo General	Integrar los conocimientos y resultados hardware conseguidos en las etapas iniciales del Programa de I+D para construir un prototipo funcional de estación terrena de próxima generación y ejecutar un plan de pruebas para validar su funcionamiento.
Objetivos Específicos	Recopilar experiencia en la construcción, puesta a punto y verificación de equipos de comunicaciones para la nueva generación de sistemas satelitales de telecomunicaciones.
	Realizar la puesta a punto e integrar la plataforma SDR con los dispositivos de microondas y el sistema de antenas de la estación terrena.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas sobre el sistema para validar el funcionamiento de cada componente en particular dentro de la estructura y del conjunto en general.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se obtendrá un prototipo funcional de una estación terrena, la cual se logra a partir de la integración de la plataforma SDR con los dispositivos del dominio analógico, a través de los conversores A/D y D/A que deben ser cuidadosamente seleccionados durante el presente proyecto atendiendo al plan de integración que se exige al inicio de esta propuesta.</p> <p>Los ajustes del sistema también hacen parte de este proyecto, de manera que deben realizarse ajustes a todos los componentes hardware para adecuarse a las bandas de operación y condiciones de los escenarios de prueba. Todo el proceso de desarrollo debe ser descrito completamente en la documentación que se entregue adjunta a los resultados.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El proceso de integración de las partes de la estación terrena es la etapa final y esencial en la consecución de los objetivos del Programa de I+D, pues debe atenderse que cada uno de los resultados obtenidos tienen el impacto esperado si son integrados para obtener un único resultado. Este proyecto, aún cuando no cuenta con un enfoque investigativo como los anteriores, permite recuperar experiencia a través de la realización de procesos de integración y puesta a punto de hardware. Además los resultados generados aquí son productos finales funcionales que respaldan el éxito del modelo de red de próxima generación que se ha diseñado, lo descartan definitivamente o permitirá encontrar los cambios tales que conduzcan a mejoramientos que eleven la competitividad de los resultados frente a otros modelos que puedan emerger de otros centros de investigación.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto se requiere de disponibilidad de espacios de laboratorio e instrumentación adecuada para mediciones en frecuencias de microondas (Banda Ku). Se requiere además de un equipo de cómputo para el desarrollo de la documentación.
Tiempo de Ejecución	Ocho meses.

Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y radiocomunicaciones.
-------------------------------	---

### 2.1.3.3 Pruebas de Desempeño y Validación para Vuelo Espacial

Esta iniciativa se orienta a la evaluación de los resultados obtenidos a través de todo el programa de investigación a través del análisis y pruebas de rendimiento realizadas sobre el hardware para conocer la respuesta de la operación conjunta del transpondedor y la estación terrena. Igualmente se pretende certificar que los resultados son aptos para soportar las condiciones del lanzamiento y del espacio exterior. A continuación se describe el proyecto VVE-01 que tienen como propósito realizar análisis de rendimiento de la red a través de procesos de simulación.

**Tabla 55: Descripción del Proyecto VVE-01**

Proyecto VVE-01	
Nombre del Proyecto:	Pruebas de desempeño y puesta a punto de la operación conjunta de los Prototipo del Transpondedor y la Estación Terrena Mediante Simulación de Escenarios.
Planteamiento del Problema	¿Cómo comprobar el funcionamiento, rendimiento y compatibilidad entre la estación terrena y el satélite para realizar ajustes finales en conjunto para efectos de optimización?
Objetivo General	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para evaluar el funcionamiento, rendimiento y compatibilidad entre los prototipos del transpondedor y estación terrena.
Objetivos Específicos	Diseñar y construir los escenarios que permitan emular las condiciones reales de operación para evaluar ambos prototipos.
	Evaluar cada una de las funciones con las cuales cuenta el transpondedor y la estación terrena en diferentes escenarios para identificar puntos vulnerables.
	Generar recomendaciones de mejoramiento y ajustes finales para mejorar el rendimiento de la operación conjunto del transpondedor y la estación terrena.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera adquirir la seguridad de que ambos elementos, la estación terrena y el transpondedor, operen conjuntamente de acuerdo a las expectativas del programa de I+D. Para este efecto, se han dispuesto de espacios donde se deben construir entornos de emulación tales que se pueda evaluar el rendimiento de estos elementos. Cada uno de los escenarios para una evaluación en particular debe ser diseñado y descrito detalladamente en la documentación final del proyecto.</p> <p>Al final se espera un informe de resultados de cada una de las pruebas y adicionalmente un conjunto de recomendaciones para el mejoramiento del rendimiento del transpondedor. Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>

Justificación	<p>Las pruebas de compatibilidad entre el transpondedor y la estación terrena son necesarias puesto que fueron sistemas desarrollados separadamente por diferentes grupos de trabajo. Aún y cuando existe un diseño previo, es posible que se presenten diferencias o funcionamientos anormales que impidan la operación conjunta de estos prototipos. En estos términos, se plantea el presente proyecto buscando garantizar que existe un perfecto acople entre estos dos componentes, con el propósito disminuir la probabilidad de fallas debidas al hardware cuando se realicen las pruebas de rendimiento de los servicios.</p> <p>Cada uno de los resultados de las pruebas de compatibilidad son las primeras muestras del rendimiento superior de las redes de próxima generación sobre las redes convencionales que existen en el momento, por tanto, el presente proyecto también se perfila como una oportunidad para realizar divulgación de material escrito a partir de estos resultados.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto se requiere de disponibilidad de espacios de laboratorio e instrumentación adecuada para mediciones en frecuencias de microondas (Banda Ku). Se requiere además de un equipo de cómputo para el desarrollo de la documentación.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Ocho meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en la tecnología SDR y radiocomunicaciones.</p>

## 2.2 LINEA DE I+D EN REDES SATELITALES CONTEMPORÁNEAS

La Línea de I+D en Redes Satelitales Contemporáneas se ocupa del estudio y análisis de las redes que emplean satélites Geoestacionarios con haces diferentes al tipo spotbeam, es decir, que conservan el modelo de haces hemisféricos, continentales o zonales. Esto con el objeto de proponer alternativas para su optimización y adaptación a los requerimientos de los servicios de telecomunicaciones actuales, pues aún y cuando existen propuestas de desarrollo de satélites más avanzados, la realidad es que la infraestructura en órbita representa una inversión que debe continuar siendo explotada puesto que su vida útil se proyecta incluso hasta después de 2010, por lo cual es necesario realizar los ajustes para que estos equipos continúen siendo suficientemente efectivos. Los objetivos de investigación de esta línea son básicamente las estrategias de provisión de calidad de servicio para el tráfico de multiservicios sobre IP en redes DVB-S/DVB-RCS (Digital Video Broadcasting-Satellite and Digital Video Broadcasting-Return Channel Satellite), de igual forma se estudia la incorporación de capacidades de adaptabilidad del canal para responder a los cambios de la atmósfera, asignación dinámica de recursos y mecanismos de señalización para conexión y desconexión dinámica de terminales a la red. Para cada uno de estos propósitos se establecen un conjunto de propuestas de I+D que se exponen seguidamente de manera detallada en cada una de las iniciativas de esta línea. Es importante la no existencia de una división por fases como en la Línea de I+D en Sistemas Satelitales de Próxima Generación, pues no existe una cantidad de proyectos que lo amerite, más bien, se ha planteado una secuencia de desarrollo que se describe en el cronograma.

### 2.2.1 Generación de Herramientas de Análisis y Simulación de Redes Satelitales

Esta iniciativa está orientada a crear herramientas de tipo software que sean soporte para el análisis de procesos, servicios o protocolos cuando estos se trasladan al escenario de los sistemas satelitales de comunicaciones, atendiendo a que no existe la posibilidad de acceder a un ancho de banda satelital para pruebas y se carece de equipo de instrumentación para mediciones en estas bandas de microondas. Por esta razón, la propuesta consiste en la construcción de simuladores, e instrumentos virtuales.

La primera propuesta de trabajo consiste en la implementación de un simulador de enlaces satelitales, donde se pueden ajustar las condiciones de propagación y así mismo los parámetros de transmisión y recepción de ambos extremos para evaluar el comportamiento de protocolos y servicios cuando estos se cursan a través de un enlace por satélite.

**Tabla 56: Descripción del Proyecto HAS-01**

Proyecto HAS-01	
Nombre del Proyecto	Diseño e Implementación de una Plataforma de Simulación del enlace satelital cuando este se cursa a través de Transpondedores Transparentes.



Planteamiento del Problema	¿Cómo analizar a nivel del laboratorio y a un costo razonable el rendimiento de los servicios, aplicaciones o protocolos de una red IP cuando el sistema de acceso o un tramo del backbone es un salto satelital, considerando las limitaciones económicas para acceder directamente al satélite para la realización de pruebas?
Objetivo General	Construir una herramienta de simulación del canal satelital que permita controlar las variables del estado del tiempo, posición del satélite, topología, ancho de banda, alinealidades del hardware, parámetros de transmisión e interferencia de múltiple acceso para analizar su efecto sobre el rendimiento de los servicios, aplicaciones o protocolos que se cursan a través de este medio.
Objetivos Específicos	Proveer una herramienta versátil y de bajo costo para simular un enlace satelital bidireccional punto a punto a la cual puedan conectarse directamente los dos terminales o redes IP y ejecutar cualquier aplicación o proceso para evaluación de su rendimiento.
	Proveer una plataforma para pruebas virtuales a una infraestructura de comunicaciones por satélite en la cual se puedan observar las formas de onda y obtener datos de las variables del enlace de la misma forma que con equipos hardware de instrumentación y medida.
	Considerar los modelos existentes de los fenómenos atmosféricos y sus efectos para modelar el canal satelital en las bandas de frecuencia suficientemente documentadas en la región tropical.
Resultados Esperados	<p>Finalizado este proyecto se contará con un software de simulación del canal satelital con una interfaz de usuario que permita ajustar las variables atmosféricas y de transmisión para analizar cómo estos parámetros afectan el rendimiento de determinados servicios, aplicaciones o protocolos. El software de simulación debe ejecutarse sobre un computador con dos tarjetas de red donde cada una representa la conexión al modem satelital en cada extremo del enlace punto a punto.</p> <p>La interfaz de la aplicación debe permitir la visualización de las formas de onda y estadísticas de cada una de las etapas de simulación, es decir, debe visualizarse el flujo de bits generado por las tramas de la red, codificación y la señal modulada, transmitida y capturada en el satélite con todos los efectos de la propagación, amplificación y conversión de frecuencia. Las estadísticas son fundamentalmente el despliegue en texto o gráficos de las variables de ancho de banda, tasa de transmisión, proporción de bits erróneo, retardo de propagación, desplazamientos de fase, desvanecimientos o nivel de ruido.</p> <p>La aplicación debe desarrollarse pensando en futuras actualizaciones, de manera que debe conservar una estructura modular que permita la edición, eliminación o adición de nuevos módulos para simular nuevos esquemas de modulación, codificación o técnicas de acceso, por lo cual los desarrolladores deben generar documentación respecto de la estructura de la aplicación y facilidades de actualización o incorporación de nuevas capacidades así como una guía detallada para el usuario.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	El acceso a un ancho de banda satelital para pruebas de rendimiento de servicios, aplicaciones o protocolos de red e incluso el ajuste de equipos de estación terrena constituyen un gasto que encarece las actividades de investigación y desarrollo, puesto que se trata de una banda de frecuencias que se debe pagar al proveedor solo para uso esporádico. Además, tales pruebas involucran un conjunto de equipos de instrumentación con los cuales no se cuenta. En este contexto, un simulador del canal reduce sustancialmente los gastos de estas tareas al mismo tiempo que minimiza el

	despliegue de equipos pues los terminales de usuario se conectan al computador simulador a través de una interfaz ethernet sin necesidad de equipos como módems o antenas. Por otra parte, las interfaces despliegan con suficiente precisión los niveles y las formas de onda a la salida de cada uno de los bloques constitutivos del sistema luego es posible incluso analizar mucho más que el comportamiento de las aplicaciones sino también los efectos de la atmósfera, interferencias de acceso múltiple y alinealidades de los equipos sobre la señal.
Recursos Necesarios	Para el desarrollo de la aplicación se requiere un computador con dos tarjetas de red y alta capacidad de procesamiento, un paquete software de programación, las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para modelar el canal satelital y bibliografía de radiocomunicaciones y sistemas satelitales de comunicaciones.
Tiempo de Ejecución	Seis meses
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en radiocomunicaciones, redes IP, modelos matemáticos y simulación de procesos de telecomunicaciones.

## 2.2.2 Provisión de Calidad de Servicio Extremo a Extremo

En algunas redes satelitales de hoy aún se emplea la distribución estática de los recursos, de modo que cada usuario dispone de lo necesario o al menos de lo demandado al momento de contratar el servicio. Sin embargo, cuando a través de estas redes se cursan diferentes tipos de tráfico no existe un tratamiento diferenciado capaz de garantizar condiciones que permitan el rendimiento adecuado de las diferentes aplicaciones. Según esta condición, la iniciativa de Provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) Extremo a Extremo se orienta básicamente al estudio de los actuales estándares para la transmisión de tráfico IP sobre las redes satelitales, como lo son DVB-S/DVB-RCS, SurfBeam e IPoS (IP over Satellite) para evaluar las posibilidades de un tratamiento adecuado a cada tipo de tráfico.

Los proyectos planteados alrededor de esta iniciativa son análisis del comportamiento del tráfico basados en simulación para proponer soluciones o adaptaciones a los actuales estándares para proveer calidad de servicio. Los proyectos planteados para DVB-S/DVB-RCS (Digital Video Broadcasting-Satellite and Digital Video Broadcasting-Return Channel Satellite) se describen en la Tabla 57 y la Tabla 58. Para redes basadas en las soluciones de SurfBeam e IPoS (IP over Satellite) no se han realizado propuestas de trabajo debido a que estas son propietarias y no se ha divulgado suficiente información sobre estas para adelantar una investigación de este tipo.

**Tabla 57: Descripción del Proyecto QOS-01**

Proyecto QOS-01	
Nombre del Proyecto:	Identificación y Simulación de soluciones para Proveer Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en Redes Satelitales con Tecnología DVB-S/DVB-RCS

Planteamiento del Problema	¿Cómo proveer un tratamiento diferenciado al tráfico que se cursa en las redes satelitales que emplean tecnología DVB-S/DVB-RCS y de esta manera ofrecer condiciones de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) extremo a extremo?
Objetivo General	Construir una propuesta para proveer Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en redes DVB-S/DVB-RCS y evaluar su factibilidad y pertinencia según sea el caso particular de los servicios o condiciones de cada red a través de una plataforma de simulación.
Objetivos Específicos	Construir un fundamento teórico alrededor del estándar de comunicaciones por satélite DVB-S/DVB-RCS y las estrategias para provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) sobre este.
	Diseñar y Evaluar diferentes modelos para proveer Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) a los usuarios de una red VSAT (Very Small Aperture Terminal) con tecnología DVB-S/DVB-RCS considerando diferentes escenarios para evaluar rendimiento, eficiencia y pertinencia de cada una.
	Analizar a través de simulación los modelos sugeridos para ofrecer calidad de servicio extremo a extremo en una red de comunicaciones por satélite con propósitos de optimización y validación.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera identificar un conjunto de soluciones para proveer calidad de servicio en las redes VSAT (Very Small Aperture Terminal) que empleen conjuntamente las tecnologías DVB-S/DVB-RCS sea bien con topología en estrella o malla. Del mismo modo y a través de una plataforma de simulación, evaluar la factibilidad y eficiencia de cada solución de manera que se puedan establecer criterios y recomendaciones de selección según sea el caso particular de los servicios o condiciones de cada red. Estos resultados deben estar consignados con el mayor grado de detalle en el documento final pues son en definitiva el mayor aporte de esta propuesta.</p> <p>La plataforma de simulación constituye una herramienta para validar el planteamiento de cada uno de los modelos de provisión de calidad de servicio y no es propiamente un resultado final, sin embargo, en el documento final debe analizarse y describirse el proceso de implementación de esta aplicación y las pruebas ejecutadas para cada solución.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La proliferación de servicios de televisión por satélite (DVB-S), que en la medida del crecimiento de la exigencia de los usuarios por contenidos de interés particular condujo al desarrollo de una tecnología para establecer el canal de retorno por satélite (DVB-RCS) y permitió la conexión de los usuarios desde y hacia la estación de generación de contenidos, convirtió a estos sistemas en infraestructuras de comunicaciones viables, para más que servicios de televisión por demanda. Recientemente, el conjunto DVB-S/DVB-RCS ha sido adaptado para la oferta de telefonía y conexión a Internet, lo que ha ocasionado una combinación de diferentes tipos de tráfico sobre una misma red y ha creado la demanda de tratamiento diferenciado a estos flujos para garantizar la satisfacción del usuario y el rendimiento de la red. Bajo esta consideración se propone la realización del presente proyecto, buscando agregar condiciones de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en las redes DVB-S/DVB-RCS como una necesidad inminente en este tipo de sistemas ante la convergencia de diferentes tipos de usuarios y servicios sobre estas redes.

Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto es necesario un computador con alta capacidad de procesamiento para la realización de las simulaciones, las cuales requieren adicionalmente de paquetes de desarrollo de software especializados. Adicionalmente se recomienda la disponibilidad de un acceso a Internet durante toda la ejecución del proyecto.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes VSAT (Very Small Aperture Terminal), servicios multimedia y provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service).

**Tabla 58: Descripción del Proyecto QOS- 02**

<b>Proyecto QOS-02</b>	
Nombre del Proyecto	Implementación de un Prototipo de Pruebas para Provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) Extremo a Extremo en una Red VSAT (Very Small Aperture Terminal).
Planteamiento del Problema	¿Cómo implementar de manera real una solución para provisión de calidad de servicio extremo a extremo en una red VSAT (Very Small Aperture Terminal) que emplee los estándares DVB-S/DVB-RCS con satélites transparentes con el propósitos de validación del los resultados obtenidos en QOS-01?
Objetivo General	Desarrollar e implementar una solución general para proveer calidad de servicio extremo a extremo para los enlaces que se cursan a través de una red VSAT con tecnologías DVB-S/DVB-RCS.
Objetivos Específicos	Identificar la solución más adecuada a partir de los resultados generados en el proyecto QOS-01 para proveer calidad de servicio en redes VSAT (Very Small Aperture Terminal) con tecnología DVB-S/DVB-RCS independiente de las condiciones de red o de servicios.
	Implementar la solución de provisión de calidad de servicio siguiendo las recomendaciones y consideraciones obtenidas en el proyecto QOS-01 sobre una infraestructura VSAT (Very Small Aperture Terminal) real para validación de los resultados.
	Diseñar y desarrollar un conjunto de pruebas sobre la infraestructura de red para evaluar el comportamiento y rendimiento de la solución propuesta y mejorar el modelo actual o para definir nuevas tareas de investigación.
Resultados Esperados	En el desarrollo de este proyecto se plantea la realización de un análisis de los resultados del proyecto QOS-01 para determinar la solución más viable y eficiente para proveer Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en las redes VSAT (Very Small Aperture Terminal) que emplean las tecnologías DVB-S/DVB-RCS. Posterior a esta definición, el siguiente resultado es la implementación de esta solución sobre una infraestructura que permita realizar sobre ella un plan de pruebas diseñado también durante el desarrollo de este proyecto, con el propósito de conocer realmente su rendimiento y obtener pruebas que respalden este logro. Debe aclararse que esta es

	<p>una solución que se superpone sobre la condición de red existente y no exige de cambios en el modo de operación de la red y como tal, debe estimarse en el documento final como cambian las condiciones de implementación para las diferentes configuraciones de red.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en un evento especializado</p>
Justificación	<p>Este proyecto es la materialización del proyecto QOS-01, en él se pretende validar definitivamente un modelo de provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) y desarrollar un plan de pruebas sobre una infraestructura real para demostrar la viabilidad y rendimiento de este logro. Esta propuesta se justifica en la necesidad de mostrar a la industria y a la comunidad académica los resultados de la solución, sea bien para su comercialización o mejoramiento de los resultados.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de esta propuesta es necesario que exista un convenio previo con un proveedor de soluciones satelitales tipo VSAT (Very Small Aperture Terminal) que permita el uso parcial y temporal de su infraestructura y ancho de banda satelital para realizar las pruebas requeridas en este proyecto. Adicionalmente se requieren las herramientas computacionales para implementar el modelo y desarrollar la documentación final.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes VSAT (Very Small Aperture Terminal), servicios multimedia y provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service).</p>

### 2.2.3 Adaptación Dinámica de los Parámetros de Transmisión

La adaptación dinámica de parámetros se propone como consecuencia de la variabilidad del canal, sin embargo, la carencia de procesamiento de los satélites conduce a que el procedimiento deba realizarse entre los extremos de la comunicación, lo que otorga a este procedimiento alta vulnerabilidad a fallas debido a que el control se realiza entre estaciones terrenas, condición que incorpora un retardo en el intercambio de mensajes que disminuye la velocidad de adaptación de este tipo de soluciones. No obstante, en el marco de esta iniciativa se propone un primer proyecto que busca la definición del rendimiento de las modulaciones empleadas actualmente respecto de los cambios del canal para definir cuales son los esquemas apropiados para determinadas condiciones. Un segundo proyecto define la estrategia para modelar el canal y facilitar la toma de decisiones respecto de las condiciones existentes para el ajuste de parámetros que incluyen el tamaño de la constelación, codificación e incluso el nivel de potencia de transmisión en ambos extremos. Existe un tercer esfuerzo orientado a la definición de la señalización para sincronizar el proceso entre ambos extremos y evitar que el ajuste de parámetros sea motivo de indisponibilidades. Finalmente el proyecto integrador de los anteriores consiste en el diseño de los dispositivos que deben añadirse a las estaciones terrenas y al concentrador para otorgarles la capacidad de adaptabilidad.

**Tabla 59: Descripción del Proyecto ADP-01**

<b>Proyecto ADP-01</b>	
Nombre del Proyecto:	Establecimiento de recomendaciones y criterios para la adaptación dinámica del Tamaño de la Constelación de la modulación, Esquema de Codificación y Nivel de Potencia del Enlace entre estaciones terrenas.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles son los criterios que deben considerarse en el momento de ejecutar un proceso de adaptación dinámica del esquema de codificación, tamaño de la constelación de la modulación o nivel de potencia como consecuencia de los cambios en las condiciones de propagación para mantener constante la proporción de bits erróneos y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión?
Objetivo General	Desarrollar un estudio comparativo entre diferentes combinaciones de modulación, codificación y nivel de potencia para conocer el rendimiento de cada una de estas en condiciones de propagación particulares cuando se transmite en banda C, Ku o Ka.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de las técnicas de adaptación dinámica de los parámetros de transmisión entre las estaciones terrenas y el concentrador (Hub) considerando de manera diferenciada los escenarios en cada una de las bandas de frecuencia (C, Ku y Ka).
	Establecer las combinaciones de potencia, esquema de modulación, tamaño de las constelaciones y esquemas de codificación más adecuados para las diferentes condiciones de propagación en el canal satelital.
	Definir los criterios para determinar cuándo y cómo debe ejecutarse un proceso de adaptación del esquema de modulación y codificación para mantener constante la tasa de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión.
Resultados Esperados	<p>El principal resultado de la ejecución de este proyecto es un documento donde se consignan los análisis de los efectos de los fenómenos atmosféricos en la detección de los estados de las diferentes modulaciones, como resultado de un conjunto de simulaciones. Adicionalmente, el documento contiene un conjunto de recomendaciones respecto de cuál es el nivel de potencia, la modulación, tamaño de constelación y codificación que presentan mejor rendimiento para una situación específica del canal de propagación, incluso se plantea las condiciones de aleatorización y mecanismos de sincronización. Al mismo tiempo, deben definirse las condiciones precisas de cuándo debe ejecutarse un cambio de configuración y cuál debe ser la configuración siguiente a partir de los resultados de simulación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	La adaptación dinámica significa que entre las estaciones terrenas se acuerdan cambios del nivel de potencia, tamaño de la constelación, Código de Corrección de Errores (ECC, Error Checking and Correction) y combinación de la modulación y la codificación para responder a las variaciones del canal de propagación. En este contexto, se requiere conocer cuáles son los parámetros más adecuados para establecer los enlaces de acuerdo a las condiciones del canal, de manera que para situaciones muy adversas se emplee una constelación sencilla logrando una tasa de transmisión menor y cuando las condiciones sean favorables se emplee una constelación compleja que permita mayores tasas de transmisión con una proporción de bits erróneos similar en ambos casos. Esta tecnología de adaptación es empleada en sistemas terrestres con gran éxito, no obstante no ha sido aplicada a sistemas

	satelitales por lo cual la investigación en este campo debe empezar por identificar los efectos de la atmósfera sobre los diferentes esquemas de modulación y codificación para identificar la forma más adecuada para realizar la adaptación, así como los criterios para determinar cuándo debe realizarse un cambio de configuración.
Recursos Necesarios	Se requiere un computador con alta capacidad de procesamiento y los paquetes para realizar las simulaciones que los desarrolladores consideren pertinentes. Adicionalmente es necesaria una conexión permanente a Internet para asegurar disponibilidad de información.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se propone dos desarrolladores con conocimientos en propagación, sistemas de modulación y modelamiento matemático.

**Tabla 60: Descripción del Proyecto ADP-02**

<b>Proyecto ADP-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Definición de una estrategia para coordinar el proceso de adaptación dinámica del enlace entre Estaciones Terrenas empleando un Transpondedor No Regenerativo.
Planteamiento del Problema	¿Cómo garantizar que la adaptación de los parámetros de transmisión por parte de las estaciones terrenas se realiza de manera coordinada y que la disponibilidad del enlace no se vea afectada por este proceso?
Objetivo General	Desarrollar un mecanismo para coordinar los procesos de adaptación del esquema de modulación, tamaño de la constelación, codificación y nivel de potencia entre las estaciones terrenas, incluido el concentrador, de acuerdo a las condiciones del canal y de manera que el proceso no comprometa la disponibilidad del enlace.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento alrededor de un modelo que permita el ajuste dinámico de los parámetros de operación entre las estaciones terrenas considerando de manera diferenciada el escenario cuando el enlace se ha establecido en las bandas C, Ku o Ka.
	Analizar diferentes alternativas para realizar una adaptación dinámica de los parámetros de transmisión entre las dos estaciones terrenas de un enlace punto a punto por satélite y definir un modelo que se ajuste de manera genérica a cualquier escenario.
	Generar recomendaciones para el modelamiento del canal satelital que garantice la adaptabilidad de los enlaces y con ello, la mayor tasa de transmisión y la menor proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) para los usuarios.
Resultados Esperados	Con la ejecución de este proyecto se espera lograr un documento que consigne un conjunto de recomendaciones y la descripción detallada de un prototipo de protocolo para adelantar procesos de adaptación dinámica de los enlaces satelitales de manera coordinada y segura. En el documento debe especificarse el tipo de mensajes, estructura de la trama, periodicidad de los mensajes, sincronización, respuesta ante fallas, entre otras. Debe considerarse que estas definiciones deben sustentarse sobre modelos de simulación que respalden la respuesta eficiente del protocolo desarrollado.

	Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en revista o evento especializado
Justificación	En el marco de los satélites no-regenerativos, las estaciones terrenas deben adelantar la transmisión empleando un conjunto de parámetros comunes para que estas puedan recuperar fielmente la información, es decir, se hace referencia al esquema de modulación y codificación que deben ser conocidos con anterioridad entre los extremos, pues de otro modo se estaría modulando en un esquema y demodulando en otro, conduciendo a una secuencia de datos errada. Cuando los esquemas de modulación y codificación son cambiados para aumentar el rendimiento del enlace, debe existir una comunicación paralela al flujo de información para mantener actualizados los parámetros de transmisión y en el evento de un cambio, coordinar el paso de una configuración a otra evitando generar indisponibilidades o errores en la comunicación. Este proceso se debe adelantar siguiendo un protocolo que agilice e incorpore el menor retardo por intercambio de mensajes pero que al mismo tiempo, garantice la seguridad suficiente para que el proceso se lleve a cabo tantas veces como sea necesario sin que esto influya en la disponibilidad. Tal protocolo debe además considerar las formas de recuperar el enlace en el evento en que se presenten situaciones de desconexión a causa de descoordinación entre los extremos.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto, es necesario un computador de altas capacidades de procesamiento para ejecutar el software que simule el rendimiento del protocolo en desarrollo, así como la generación de documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en propagación y protocolos de comunicaciones.

**Tabla 61: Descripción del Proyecto ADP-03**

<b>Proyecto ADP-03</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño de un Sistema de Modelamiento de las Condiciones del Canal de Propagación
Planteamiento del Problema	¿Cómo conocer el estado actual de las condiciones de propagación del canal entre dos estaciones terrenas particulares para ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión tanto en el segmento espacial como en el terrestre y obtener el máximo rendimiento del enlace?
Objetivo General	Desarrollar una estrategia para modelar dinámicamente las condiciones de propagación entre dos estaciones terrenas que mantienen un enlace para determinar autónomamente la configuración de transmisión más adecuada para cada una.
Objetivos Específicos	Identificar y evaluar las tecnologías más adecuadas para modelar el canal de propagación y determinar cuál es el más eficiente para adaptarse al entorno de las comunicaciones por satélite en las bandas C y Ku.
	Validar la propuesta de modelamiento de las condiciones del canal a través de procedimientos de simulación que permitan evaluar y comparar el rendimiento de las diferentes posibilidades.



	Generar recomendaciones para el modelamiento del canal satelital para garantizar adaptabilidad de los parámetros de transmisión en un enlace punto a punto.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto, se espera determinar la estrategia más adecuada para modelar el canal y realizar a partir de este, predicciones de rendimiento del enlace con diferentes parámetros de transmisión para seleccionar de esta forma, la configuración más eficiente en términos de menor proporción de bits erróneos, tasa de transmisión y menor utilización de recursos tanto en el satélite como en el segmento terrestre. La validación de esta propuesta se exige sea realizada a través de una plataforma de simulación que permita conocer la respuesta, eficiencia y robustez de los resultados.</p> <p>El documento final debe contener la descripción detallada del diseño del sistema y los algoritmos que hacen posible determinar las condiciones de propagación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>Las condiciones atmosféricas cambian constantemente en el tiempo y del mismo modo, los sistemas satelitales son sensibles a estos efectos en términos de variación de las tasas de transmisión y proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate). Este inconveniente puede superarse, si se conocen las condiciones exactas del canal de propagación para realizar la transmisión con los parámetros precisos para superar los deterioros de la señal y garantizar que las condiciones del enlace se mantengan aún cuando el canal de propagación mejore o empeore. En estos términos, el éxito de esta solución depende estrictamente de la exactitud y la rapidez en la determinación de las condiciones, puesto que si la predicción falla, podría incurrirse en despilfarro de recursos o indisponibilidad del enlace, por lo cual, se requiere de sistemas de monitoreo de gran precisión y que anticipen los cambios para adaptar los parámetros antes de que sucedan los eventos causantes de indisponibilidad.</p> <p>Para este efecto, se propone este proyecto para definir un mecanismo de modelamiento del canal para permitir procesos de adaptabilidad en los enlaces satelitales.</p>
Recursos Necesarios	Se requiere bibliografía especializada en propagación y sistemas de modelamiento del canal al igual que un computador con alta capacidad de procesamiento para simular las diferentes soluciones y evaluar el rendimiento de cada una. Se propone exista facilidad de acceso a Internet durante todo el desarrollo del proyecto.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en radiocomunicaciones, propagación y desarrollo de simulaciones.

**Tabla 62: Descripción del Proyecto ADP-04**

<b>Proyecto ADP-04</b>	
Nombre del Proyecto:	Diseño de los módulos para Ajuste Adaptativo de los Parámetros de Transmisión en un enlace satelital punto a punto.
Planteamiento del Problema	¿Cuáles son las consideraciones a tener en cuenta para el diseño e implementación de los módulos que integrados al concentrador y a las estaciones terrenas garantizan la adaptación dinámica de los parámetros de transmisión de acuerdo a las condiciones de propagación?

Objetivo General	Desarrollar los módulos hardware para un sistema de ajuste adaptativo de los parámetros de transmisión de acuerdo a las condiciones del canal para mantener constante la proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) y al mismo tiempo garantizar la mayor tasa de transmisión en ambos sentidos sin que este proceso influya en la disponibilidad del enlace.
Objetivos Específicos	Crear una base de conocimiento y recopilar experiencias en el diseño y desarrollo de componentes de radio para comunicaciones por satélite.
	Integrar los resultados obtenidos en los proyectos ADP-01, ADP-02 y ADP-03 para diseñar los componentes que asociados a la arquitectura de la estación terrena y al concentrador permita ajustar dinámicamente los parámetros de transmisión.
	Diseñar y ejecutar un plan de pruebas para la validación de los módulos de adaptación dinámica.
Resultados Esperados	<p>Con la realización de este proyecto se espera integrar y materializar los resultados de los proyectos ADP-01, ADP-02 y ADP-03 en el diseño de un conjunto de dispositivos que instalados en el concentrador y en cada estación terrena, permiten establecer un enlace cuyos parámetros se autoconfiguran como respuesta a las condiciones de propagación.</p> <p>En este proyecto se consideran como resultados, un documento que contiene la descripción detallada del diseño y pruebas del componente que se debe adicionar a la arquitectura de comunicaciones por satélite. El diseño debe ser validado a través de una plataforma real a través de laboratorio y virtualmente a través de procedimientos de simulación con el objeto de comprobar su funcionamiento y respuesta a condiciones particulares.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en un evento especializado</p>
Justificación	La asignación estática de los parámetros de transmisión para los enlaces por satélite, no es una solución eficiente considerando que existen variaciones del canal y en ocasiones los ajustes realizados pueden conducir a excesos o deficiencias dependiendo de las condiciones existentes. En ambos casos las situaciones son inconvenientes, el primero por desaprovechamiento y el segundo por indisponibilidad del enlace. La solución a este inconveniente son los enlaces adaptativos, los cuales se ajustan a condiciones específicas del canal de propagación para garantizar siempre el mejor rendimiento posible, logrando invertir solo los recursos necesarios para un rendimiento deseado para un determinado ambiente. Con este modo de operación, se logra mantener constante la proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate), garantizar la mayor tasa de transmisión entre las estaciones involucradas con la mínima inversión de recursos.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto son necesarias las recomendaciones y criterios generados en los proyectos ADP-01, ADP-02 y ADP-03. Adicionalmente se requiere un computador con alta capacidad de procesamiento así como las herramientas necesarias para ejecutar las simulaciones y generar la documentación final.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimiento en radiocomunicaciones y

	propagación.
--	--------------

## 2.2.4 Implementación de Nuevos Servicios

Esta iniciativa comprende los análisis de factibilidad de la implementación de diferentes servicios basados en IP, tales como la telefonía IP y la difusión de radio y televisión sobre IP. Ante esto, los proyectos se han orientado a la evaluación del rendimiento de las tecnologías que hacen posible estos servicios cuando son trasladadas al escenario de las comunicaciones por satélite. El primer proyecto que se propone en esta iniciativa, es la evaluación del rendimiento de los servicios de telefonía IP cuando el tráfico se cursa a través de saltos satelitales empleando simuladores, con el propósito de generar recomendaciones y establecer criterios de implementación. De igual forma, se proponen proyectos similares para la difusión de radio y televisión.

**Tabla 63: Descripción del Proyecto INS-01**

Proyecto INS-01	
Nombre del Proyecto:	Análisis de rendimiento de los servicios de Telefonía IP empleando los satélites actualmente en órbita.
Planteamiento del Problema	¿Cómo determinar el rendimiento de los servicios de telefonía IP cuando se cursan a través de satélites no regenerativos con el objetivo de establecer recomendaciones de mejoramiento en el servicio?
Objetivo General	Evaluar el rendimiento de los servicios de telefonía IP cuando se cursan a través de satelitales no regenerativos empleando la plataforma de simulación lograda en el proyecto HAS-01 para generar recomendaciones para el mejoramiento del servicio.
Objetivos Específicos	Analizar la influencia de la topología de red y los diferentes estándares de transmisión (DVB-S/DVB-RCS, SurfBeam o IPoS) sobre el nivel de servicio en cada caso, para realizar comparaciones que conduzcan a la definición de la mejor configuración de red para la oferta de este tipo de servicios.
	Analizar a través de simulación el rendimiento de los servicios de telefonía IP empleando los resultados del proyecto HAS-01.
	Generar un conjunto de recomendaciones para la implementación de servicios de voz sobre IP empleando infraestructura satelital.
Resultados Esperados	A la finalización de este proyecto se espera obtener un análisis asistido por simulación del funcionamiento y rendimiento de los servicios de voz sobre IP cuando se cursan por infraestructura satelital sin procesamiento a bordo. Adicionalmente se generarán recomendaciones de implementación de estos servicios de acuerdo a la configuración de red del operador, buscando establecer mecanismos de optimización de estos servicios para el caso en que la tecnología satelital es el único medio de transmisión posible.  La documentación final debe describir el proceso de análisis con suficiente detalle, al

	<p>igual que los ajustes a la plataforma de simulación y los resultados que permitieron construir las recomendaciones y criterios de implementación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>La inclusión de los servicios de voz sobre las redes IP ha sido un avance que ha desplazado en gran medida los servicios de telefonía tradicional, puesto que es mucho más económica y además, la infraestructura es multiservicios, luego se pueden cursar todo tipo de datos. En estos términos, la telefonía IP es un atractivo para el usuario doméstico, la mediana y gran empresa, por lo cual los operadores de servicio deben garantizar a sus clientes los recursos suficientes para este tipo de tráfico y optimizar su infraestructura, más si se trata de operadores satelitales donde además se suma el efecto del retardo de propagación. Desde este punto de vista, el presente proyecto plantea un análisis de rendimiento de los servicios de voz sobre IP en redes satelitales con el propósito de establecer estrategias de optimización del nivel de servicio atendiendo a las configuraciones particulares de red que pueden presentarse.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la realización de este proyecto, es necesario un computador con alta capacidad de procesamiento para realizar las simulaciones y para generar la documentación final. Adicionalmente se exige disponibilidad para acceso a Internet y bibliografía especializada.</p>
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en redes IP, servicios de voz sobre IP y comunicaciones por satélite.

**Tabla 64: Descripción del Proyecto INS-02**

<b>Proyecto INS-02</b>	
Nombre del Proyecto:	Análisis de factibilidad para la Implementación de servicios de difusión IP a través de infraestructura satelital sin capacidad de procesamiento a bordo.
Planteamiento del Problema	¿Cómo determinar el rendimiento de los procedimientos de Difusión IP cuando se realizan a través de satélites no regenerativos, con el objetivo de establecer recomendaciones de mejoramiento en el servicio?
Objetivo General	Realizar un análisis asistido por simulación del rendimiento de los servicios de difusión de televisión y radio IP a través de infraestructura satelital sin procesamiento a bordo para establecer recomendaciones y criterios de implementación de estos servicios.
Objetivos Específicos	Analizar la influencia de la topología de red y los diferentes estándares de transmisión (DVB-S/DVB-RCS, SurfBeam o IPoS) sobre el nivel de servicio en cada caso, para realizar comparaciones que conduzcan a la definición de la mejor configuración de red para la oferta de este tipo de servicios.
	Analizar a través de simulación el rendimiento de los procesos de difusión de contenidos IP para radio y televisión empleado los resultados del proyecto HAS-01.

	Generar un conjunto de recomendaciones para la implementación de servicios de difusión de televisión y radio sobre IP empleando infraestructura satelital sin capacidad de procesamiento a bordo.
Resultados Esperados	<p>A la finalización de este proyecto se espera obtener un análisis asistido por simulación del funcionamiento y rendimiento de los servicios de difusión de contenidos IP cuando se cursan por infraestructura satelital sin procesamiento a bordo. Adicionalmente se generarán recomendaciones de implementación de estos servicios de acuerdo a la configuración de red del operador, buscando establecer mecanismos de optimización de estos servicios para el caso en que la tecnología satelital es el único medio de transmisión posible.</p> <p>La documentación final debe describir el proceso de análisis con suficiente detalle, al igual que los ajustes a la plataforma de simulación y los resultados que permitieron construir las recomendaciones y criterios de implementación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	Los satélites han sido la tecnología más apropiada para la oferta de servicios de difusión debido a su condición de amplia cobertura, no obstante, la convergencia alrededor del protocolo de Internet ha conducido a propuestas de servicios de difusión de televisión y radio sobre IP por lo cual, es importante evaluar la capacidad de la infraestructura satelital actual para cursar este tipo de servicios e identificar los puntos neurálgicos donde deben realizarse tareas de optimización de rendimiento y eficiencia.
Recursos Necesarios	Para la realización de este proyecto, es necesario un computador con alta capacidad de procesamiento para la realización de las simulaciones y la generación de documentación. Adicionalmente se exige disponibilidad para acceso a Internet y bibliografía especializada.
Tiempo de Ejecución	Seis meses.
Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en programación y teoría de comunicaciones por satélite.

### 2.2.5 Asociación Dinámica de Terminales

La asociación dinámica de terminales es la facilidad de las redes satelitales para que las estaciones terrenas una vez puestas en funcionamiento interactúen automáticamente con la red para registrarse y vincularse a ella con los requerimientos exigidos para acceder a los servicios disponibles. En este contexto, la iniciativa se orienta al estudio de las posibilidades de incorporar nuevos usuarios a redes con tecnología DVB-S/DVB-RCS.

**Tabla 65: Descripción del Proyecto ADT-01**

Proyecto ADT-01	
Nombre del Proyecto:	Desarrollo de un sistema de Asociación Dinámica de Terminales de Usuario a una Red Satelital soportada en el estándar DVB-S/DVB-RCS.

Planteamiento del Problema	¿Cuál debe ser el procedimiento para permitir a la inclusión dinámica de terminales a una red satelital basada en tecnologías DVB-S/DVB-RCS?
Objetivo General	Desarrollar una solución para permitir a las estaciones terrenas asociarse dinámicamente a la red satelital, mediante el intercambio de mensajes con el concentrador de la red para asignación de recursos y acceso a los servicios cada vez que sea necesario.
Objetivos Específicos	Analizar diferentes estrategias para proveer la capacidad de incorporar dinámicamente estaciones terrenas a una red satelital basada en tecnologías DVB-S/DVB-RCS
	Implementar una herramienta software a través de la cual se simule la asociación automática de un terminal de usuario y se puedan analizar la forma como ocurren los procesos de registro, validación, asignación de recursos y acceso a los servicios.
	Desarrollar el componente que añadido a las estaciones terrenas, el concentrador y/o la estación de control hace posible otorgar a las redes satelitales la capacidad de asociación dinámica de redes.
Resultados Esperados	<p>Con la ejecución de este proyecto se espera definir una estrategia de asociación dinámica de terminales, de manera que estos puedan apagarse cuando no están en uso y en consecuencia, liberar recursos en el transpondedor para asignarlos a otras estaciones. Este objetivo, se propone se respalde con una plataforma de simulación donde puedan analizarse de manera clara el intercambio de mensajes, registro, validación, asignación de recursos y acceso a los servicios. Por otra parte, se exige que la documentación final contenga de manera clara la descripción de la solución propuesta, los resultados de simulación y los resultados de implementación de los dispositivos que deben añadirse a las estaciones terrenas y al concentrador para lograr este cometido.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	En una red satelital como en cualquier otra, existen terminales que generan tráfico constantemente y otros que lo hacen esporádicamente, incluso existen terminales que pueden ser apagados durante periodos largos por su baja periodicidad de transmisión. En estos términos, cuando un terminal es apagado, o es desplazado de un lugar a otro como en el caso de las estaciones portátiles, es impensable mantenerle reservados los recursos hasta un nuevo ingreso por efectos de subutilización de los recursos, por lo cual, es necesario que exista la posibilidad de que los usuarios ingresen a la red solo cuando van a hacer uso de ella y así, evitar que existan recursos inutilizados cuando pueden ser requeridos por otros terminales. Por otra parte, la asociación dinámica de terminales permite que se añadan nuevos usuarios sin requerimientos de operaciones en el centro de control sino más que encender los equipos y orientar las antenas para que ellos negocien automáticamente los parámetros de transmisión.
Recursos Necesarios	La ejecución de este proyecto requiere un equipo de cómputo con capacidad de procesamiento suficiente para la realización de las simulaciones y la generación de la documentación final. Para el diseño y construcción de los dispositivos hardware para añadir a las estaciones terrenas es necesario un laboratorio y el equipo de instrumentación definido por los desarrolladores.
Tiempo de Ejecución	Doce meses.

Perfil de los Desarrolladores	Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en comunicaciones por satélite y simulación de sistemas de telecomunicaciones.
-------------------------------	--

## 2.2.6 Tecnología de Acceso Múltiple

Esta iniciativa plantea el estudio de las técnicas de asignación dinámica de recursos por demanda como un factor fundamental para el mejoramiento de las redes satelitales de hoy en términos de uso eficiente del espectro radioeléctrico y del transpondedor a través de la reasignación de los recursos inutilizados por una estación a otra que los ha solicitado explícitamente. Los proyectos propuestos en esta iniciativa se concentran en la búsqueda de técnicas para la gestión y asignación de los recursos del transpondedor y del espectro para optimizar su utilización y obtener el mayor rendimiento. El primer proyecto es la evaluación de rendimiento de las técnicas de asignación por demanda basadas en FDMA empleando simulaciones, de igual forma, un segundo proyecto adelanta la misma evaluación sobre las técnicas TDMA (DAMA). El tercer proyecto, es un estudio de la factibilidad del uso de técnicas basadas en CDMA para realizar asignación por demanda. Cada uno de los proyectos es descrito a continuación.

**Tabla 66: Descripción del Proyecto TAM-01**

Proyecto TAM-01	
Nombre del Proyecto:	Análisis de las técnica de acceso múltiple para una red satelital que exige asignación por demanda y los usuarios son una variable Aleatoria
Planteamiento del Problema	¿Cómo permitir el acceso múltiple al satélite en una red satelital donde los usuarios son una variable aleatoria, se exige asignación por demanda y además los enlaces son adaptativos respecto de las condiciones del canal de propagación?
Objetivo General	Analizar las posibilidades tecnológicas basadas en combinaciones estratégicas de las técnicas de acceso múltiple actualmente existentes para compartir los recursos del satélite en una red donde el número de usuarios es variable, los enlaces son adaptativos y se requiere de asignación por demanda.
Objetivos Específicos	Analizar el rendimiento de las posibles combinaciones estratégicas de las técnicas de acceso múltiple como FDMA, TDMA, CDMA e incluso OFDMA para identificar la más conveniente a una red con cantidad variable de usuarios, enlaces adaptativos y exigencia constante de recursos por parte de los usuarios.
	Evaluar el rendimiento y la eficiencia de los diferentes modelos de acceso múltiple y los procesos de distribución y redistribución de los recursos a través de simulación.
	Desarrollar recomendaciones para la implementación de esta solución en las redes satelitales de nuestros días.
Resultados Esperados	Al finalizar este proyecto se obtienen una propuesta para realizar el acceso múltiple con la debida sustentación sobre una plataforma de simulación. Tal solución, integra los

	<p>resultados de los proyectos QOS-01, ADP-04 y ADT-01, pues la técnica de acceso múltiple debe obedecer a las condiciones de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service), adaptación dinámica del canal y asociación dinámica de usuarios. La documentación final debe contener los análisis que condujeron a la definición del modelo de acceso múltiple así como los detalles de la simulación.</p> <p>Adicionalmente se exige la generación de un artículo para publicación o presentación en evento especializado</p>
Justificación	<p>En este proyecto se propone un análisis para optimizar las técnicas de acceso múltiple al satélite como resultado de la necesidad de garantizar calidad de servicio, adaptabilidad de los enlaces y adaptación dinámica de los terminales. En otros términos el objetivo de esta propuesta es tomar las condiciones necesarias para incorporar estas características a las redes satelitales actuales a través de una combinación estratégica de técnicas de acceso al medio que incluso pueden incluir la tecnología OFDMA, si los estudios realizados durante lo determinan conveniente.</p> <p>El resultado de esta propuesta constituye efectivamente un adelanto para las redes satelitales en términos de utilización eficiente de los recursos y mayor flexibilidad para los usuarios.</p>
Recursos Necesarios	<p>Para la ejecución de este proyecto se requiere un computador con suficiente capacidad de procesamiento para realizar las simulaciones. Adicionalmente se requiere de acceso a fuentes bibliográficas y conexión a Internet durante todo el desarrollo del proyecto.</p>
Tiempo de Ejecución	<p>Seis meses.</p>
Perfil de los Desarrolladores	<p>Se proponen dos desarrolladores con conocimientos en simulación y redes inalámbricas.</p>



## 2.3 CRONOGRAMA

El tiempo total estimado para el desarrollo del Plan de I+D esta sujeto a la necesidad de los resultados, es decir, debe aclararse que alrededor del mundo existen grupos dedicados a este tipo de investigaciones y se trata de una carrera contra el tiempo, puesto que el impacto tecnológico y científico de los resultados están ligados a la novedad de los mismos. Para este efecto, las dos primeras etapas se deben realizar en periodos muy cortos para que sus objetivos finales, los de la etapa de integración de resultados, se logren rápidamente, y así, la validación de estos permita publicaciones y asociaciones con grupos foráneos que conduzcan al fortalecimiento de la actividad al interior del grupo. Sin embargo, se debe considerar que el dominio de investigación es complejo atendiendo a que no existe experiencia previa suficiente, lo cual exige de un periodo de adaptación y formación de investigadores como paso previo al inicio de actividades de investigación y desarrollo. En estos términos, se estima que el desarrollo del programa de investigación se realiza completamente, en un periodo no mayor a cinco años a partir de la fecha de inicio del primer proyecto.

La secuencia de ejecución de los proyectos se muestra en el Diagrama de Gant en la página siguiente. En este, aparece cada uno de los proyectos con las indicaciones de requerimientos previos y la duración.



### 3. CONCLUSIONES

Se ha detectado una carente actividad conjunta por parte de los Grupos de I+D alrededor de tecnologías satelitales, es decir, existe actividad de I+D en el área en diferentes grupos, pero los proyectos son adelantados de manera aislada aún cuando existen dominios de investigación y aplicación comunes.

Los esfuerzos de Colciencias para integrar esfuerzos de diferentes instituciones alrededor de actividades de I+D en tecnologías satelitales aún son insuficientes.

Existe una carencia de profesionales con estudios de maestría y doctorado dedicados al área de telecomunicaciones por satélite, lo que demuestra la necesidad de un plan organizado de formación de investigadores.

Los operadores de servicios por satélite establecidos en Colombia, no se dedican a tareas de I+D y además, la realización o patrocinio de estas actividades no son parte de sus objetivos de inversión en el país. Sin embargo, se ha detectado que existe voluntad de colaboración con el Programa de I+D presentado en este documento a través mecanismos como pasantías para la formación de los talentos dedicados al área.

Es conveniente la realización periódica de monitoreos tecnológicos a fin de revisar la orientación de los proyectos propuestos debido a la rapidez con que estas tecnologías evolucionan.

Con respecto a la viabilidad económica de los proyectos planteados en esta propuesta, es muy importante que se construya un plan de plan de financiación con el objeto de garantizar las condiciones necesarias para la ejecución de cada uno de estos.

Igual que los aspectos tecnológicos y académicos considerados en los proyectos propuestos, es conveniente también orientar esfuerzos a la formulación y realización de estudios sobre los aspectos regulatorios que comprenden las tecnologías satelitales.

Es necesario garantizar a través de la incorporación de capacidad de procesamiento a bordo, la mayor autonomía a los satélites como un mecanismo para contribuir a la reducción de los tiempos de procesamiento de las peticiones o confirmaciones realizadas por los usuarios a la red satelital a través de la generación de respuestas en el satélite, reduciendo la necesidad de invertir tiempo en nuevas consultas, peticiones o confirmaciones a las estaciones terrenas de control.

Las especificaciones particulares de los transpondedores deben realizarse a través de configuración a nivel software y no a nivel hardware como ocurre actualmente teniendo presente que una de las tendencias más destacables en la construcción de infraestructura satelital es que esta debe ser suficientemente genérica y flexible.

Se ha identificado que la tecnología de múltiples haces tipo **SpotBeam**, ha representado un gran aporte en términos de optimización de potencia tanto para el satélite como para las estaciones terrenas y además, se ha convertido en la principal razón para considerar la realización de los procesos de conmutación entre haces basándose en el Protocolo de Internet (IP), lo cual es en últimas la principal característica del modelo de redes satelitales de próxima generación.

La utilización del Protocolo de Internet (IP) como mecanismo de conmutación entre haces conduce a un nuevo modelo de red satelital, donde la transmisión hacia y desde el satélite se realiza a través de datagramas encapsulados dentro de una tecnología aún por determinar, lo cual se suma al fenómeno de la convergencia de los servicios alrededor del protocolo IP que toma lugar en las redes terrestres, generándose un escenario adecuado para favorecer la compatibilidad de las tecnologías satelitales con las tecnologías terrestres.

Una de las mayores barreras encontradas para adelantar los procesos de provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) y gestión eficiente de los recursos del transpondedor es la carencia de un modelo de Acceso Múltiple al satélite con asignación por demanda con la capacidad de responder a la conexión y desconexión aleatoria de los usuarios, movilidad entre haces de los terminales móviles y adaptabilidad de los enlaces.

El modelo propuesto para las redes satelitales de próxima generación está orientado a favorecer los procesos de provisión de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service), posibilidad de estaciones terrenas móviles y portátiles, así como a la disminución significativa de la infraestructura y del costo de los dispositivos de los usuarios.

El desarrollo de los modelos de redes satélites de próxima generación que se han planteado en este trabajo de grado han confirmado la hipótesis generada al inicio, la cual establecía que la infraestructura satelital más adecuada para ofrecer servicios de comunicaciones, incluso servicios móviles, es la correspondiente a satélites geoestacionarios.

Las técnicas de diseño de componentes de radiocomunicaciones a través de técnicas de Procesamiento Digital de Señal (DSP, Digital Signal Processing), han sido identificadas como la clave de la optimización de los enlaces satelitales en términos de la potencia, velocidad de transmisión, eficiencia del ancho de banda y Proporción de Bits Erróneos (BER, Bit Error Rate) debido a la facilidad de implementar controles adaptativos de los parámetros del enlace.

Se ha identificado que a través de la construcción de transpondedores basados en tecnologías de Radio Definido por Software (SDR) es posible actualizar las cargas de comunicaciones aún después de que estas han sido puestas en órbita, efecto que hasta hoy no es posible.

Para constituir una línea de I+D independiente del dominio de investigación y aplicación, es recomendable seguir una metodología que incluya la construcción de un diagnóstico

de la actividad en términos de recursos presentes, proyectos en curso y talentos dedicados y dispuestos a participar. Adicionalmente debe realizarse una exploración sobre la tecnología para identificar tendencias, técnicas emergentes y necesidades para construir a partir de estas un Programa de I+D que considere un dominio de I+D coherente con el contexto y que conduzca a la formación de investigadores. Finalmente, es muy importante proponer proyectos alrededor de los cuales puedan convocarse otros actores del contexto local o global.

Por medio de la realización de este trabajo de grado se proporcionan todas las herramientas para la consolidación de una línea de investigación en tecnologías satelitales y además se proponen las estrategias de organización del grupo de trabajo.

Se han identificado espacios para realizar tareas de investigación y desarrollo de manera conjunta con otros grupos en otras universidades y se han declarado intenciones de colaboración con tres diferentes universidades como resultado de la ejecución de este trabajo de grado.

La articulación con diferentes grupos de I+D para la realización de proyectos conjuntos constituye una plataforma de intercambio de conocimiento, tecnología y talentos que además representa un gran aporte a la visibilidad de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca y de las demás Universidades asociadas.

Se ha generado un número significativo de proyectos en torno al área de tecnologías satelitales lo cual representa un impulso a la actividad de I+D al interior de la Universidad del Cauca y en el dominio nacional considerado que participan universidades de otras regiones del País.

El Programa de I+D involucra un conjunto de propuestas alrededor de tecnologías que hasta hoy, no son objeto de estudios en el contexto nacional, lo que da cuenta del nivel de innovación de los proyectos planteados y el potencial aporte al conocimiento que representa la ejecución del Plan de Desarrollo.

### 3 BIBLIOGRAFÍA

AREKAPUDI, Srikanth. Analysis and Design of CMOS Wide-Band Low Noise Amplifiers. A Thesis for the Degree of Electrical Engineer. University of Stanford. August 2004.

ASTUTI, Davide. TCP and Link Layer Enhancements in DVB-S/DVB-RCS Satellite Systems. University of Helsinki. 2003.

BADARB, Olivier. Satellite Access Solutions. ALCATEL. June 23, 2004.

BERLEMANN, L., SIEBERT, M. y WALKE, B. Generic Protocol Software for Reconfigurable Systems. PIMRC'04 – E2R Workshop. September 5, 2004.

BEYER, R. Cado. Waveguide Components for Antenna Feed Systems: State of-the-Art. University of Victoria.

CABO, Javier, BRAVO, Rodrigo, LÓPEZ, Ernesto y CASAS ORIOL, Galileo. TTC Transponder: a Multimode in-orbit Reconfigurable Transponder. Alcatel Espacio. 2003.

CALIC, Janko. Digital Broadcasting Systems: DAB & DVB-C. University of City. 2003.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LAS TELECOMUNICACIONES Y LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES. Determinación de Estructuras y Elementos de Redes Inalámbricas Consideradas como Infraestructura necesaria para la Prestación de Servicios de Telecomunicaciones. Bogotá D.C., Julio de 2003.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LAS TELECOMUNICACIONES Y PYRAMID RESEARCH. Análisis del Mercado Servicios de Banda Ancha en Colombia, Informe Final. Diciembre de 2003. Bogotá D.C.

CHACÓN, Sergio, CASAS, José Luis, CAL ASIS, Rey Rafael, PRAT, Josep, RODRIGUEZ, Africa, DE LA PLAZA, Javier, NIETO, Carlos Miguel y RUIZ PIÑAR, Fco. Javier. Multimedia Applications of the Integrated Broadcast Interaction System (IBIS). Alcatel Espacio y Universidad Politécnica de Madrid. 2003.

CIONI, Stefano, DE GAUDENZI, Riccardo and RINALDO, Rita. Adaptive Coding and Modulation for Broadband Satellite Networks (Part I). University of Bologna and European Space Agency. 2003.

COLCIENCIAS Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN "CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD" UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Módulo de Cálculo para Escalafonamiento de Grupos y Centros de Investigación Científica y Tecnológica 2000. Bogotá D.C., Octubre 3 de 2000.

COLCIENCIAS, Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Convocatoria Nacional de Escalafonamiento de Centros y Grupos de Investigación Científica y Tecnológica. 2000.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES. Informe Sectorial de Telecomunicaciones. Bogotá D.C. Julio 2004.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES. Informe Sectorial de Telecomunicaciones. Bogotá D.C., Julio de 2004 – No.3

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES. Promoción y Masificación de los Servicios de Banda Ancha en Colombia. Noviembre de 2004. Bogotá D.C.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES. Reporte de Internet en Colombia. Bogotá D.C. Junio de 2004.

CONO, Ryuji. Software Reconfigurable and Space-Time Signal Processing Technologies for Advanced Wireless Communications. 2004 Workshop on Smart Antenna and SDR. Hanyang University. May 7, 2004.

COUCH II W., Leon. Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos. 5a. edición. México 1998. Editorial Prentice Hall, México. 742 págs.  
ISBN: 968-18-6307-0

DEVLIN, Malachy. How to Make Smarth Antenna Arrays. Nallatech. 2003.

DIVSALAR D. and POLLARA F. Turbo Trellis Coded Modulation with Iterative Decoding for Mobile Satellite Communications. California Institute of Technology. 2003.

DONGMING, Wang, BING, Han, JUNHUI ZHAO, Xiqi Gao y XIAOHU, You. Channel Estimation Algorithms for Broadband MIMO-OFDM Sparse Channel. The 14<sup>o</sup> IEEE 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication Proceedings.

DONNER, Anton, BERIOLI, Matteo, MENICHELLI, Riccardo and WERNER, Markus. MPLS Networking for Non-GEO Satellite Constellations. 2003.

DVB Interim Specification. IP Datacast Baseline Specification, PSI/SI Guidelines for IPDC DVB-T/H Systems. Digital Video Broadcasting. April 2004.

ETSI EN 301 473 V1.3.1. European Standard (Telecommunications Series). August 2004.

Final Draft ETSI EN 302 307 V1.1.1. Digital Video Broadcasting (DVB); Second Generation Framing Structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other Broadband Satellite Applications. January, 2005.

FITCH, Michael, BRIGGS, Keith, BOYD, Ivan and STENTIFORD, Fred. Gaussian multi-level FM for High-bandwidth satellite communications. University College London. February 27, 2004.

GIRARD, Etienne, ZIAEI, Afshin, GILLARD, Raphaël, CHARRIER, Michel, LEGAY, Hervé y PINTE, Béatrice. Optimization of the Elementary Cell of a Broadband Reflectarray for Spatial Application. 2003.

GLOVER, Ian y GRANT, Peter. Digital Communications. 1a. edición. Gran Bretaña 1998. Editorial Prentice Hall, Europa.  
ISBN: 0-13-565391-6

GRACE, Michael, NORVELL, Bill, HIGGINS, Kevin y GILBERT, Michael. Active Lens: A Mass, Volume, and Energy Efficient Antenna for Space-Based Radar. Toyon Research Corporation.



GRANT, D. and McCLURE, D. An Automotive view of DAB and its digital radio competitors. European Telematics. September 2004.

HADJITHEODOSIOU, Michael H., COAKLEY Frances P. y Evans BARRY G. Next Generation Multiservice Vsat Networks. July 1997.

HAYKIN, Simon. Sistemas de Comunicación. 1a. edición. Balderas 95, México D.F. 2002 Editorial Limusa, S.A. de C.V. 816 págs.  
ISBN: 970-17-0210-7

HOG, E., Arenou F., MIGNOT, S., BABUSIAUX, C., KATZ, D. y JORDI C. Scientific Requirements for the on-board processing. March 31, 2003.

IBNKAHLA, Mohamed, MEHBUBAR RAHMAN, Quazi, IYANDA SULIMAN, Ahmed, ABDULHUSSEIN AL-SADY, Hisham and SAFWAT, Ahmed. High-Speed Satellite Mobile Communications: Technologies and Challenges. Proceedings of the IEEE, Vol.92, No.2. February 2004.

INGRAM, Mary Ann, ROMANOFKY, Robert, LEE, Richard Q., MIRANDA, Félix, POPOVIC, Zoya, LANGLEY, Jhon, BAROTT, William C., AHMED M. Usman y MANDL, Dan. Optimizing Satellite Communications With Adaptive and Phased Array Antennas. Georgia Institute of Technology. 2003.

INTELSAT. Tecnología de Estaciones Terrenas. 4ª. Revisión. Washington D.C. 1995.

INTELSAT. Tecnología Digital de Telecomunicaciones por Satélite. 2ª. Revisión. Washington D.C. 1995.

JURADO LÓPEZ, Jairo Alberto. Tecnología de Antenas Inteligentes en los Sistemas de Comunicaciones Móviles. Universidad del Valle. 2003.

KATTI, V.R. y RAJANGAM, R.K. An Overview of ISRO Satellite Platforms. On Space Science, Applications and Commerce, India – United States Conference. June 21-25, 2004.

KUDO, Riichi, TSUCHIYA, Fuminori, MORIOKA, Akira and KONDO, Tetsuro. Development of a Primary feed System for the Parabolic Rectangular Reflector Antenna Dedicated for Planetary Radio Emission. University of Tohoku. November 2003.

LABRADOR, Virgil. The Changing World of Satellite Communications. Satnews. 2003.

LANGTON, Charan. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Tutorial. 2004.

LEGAY, Hervé, PINTE, Béatrice, GIRARD, Etienne, GILLARD, Raphael, CHARRIER, Michel y ZIAEI, Afshin. Low Loss Steerable Reflectaríá Antenna for Space Application. Alcatel Space. 2003.

MARAL, Gerald y BOUSQUET, Michel. Satellite Communications Systems. 4a. edición. Gran Bretaña 2002. Editorial John Wiley & Sons Ltda., Inglaterra. 757 págs. ISBN: 0-471-49654-5

MENZEL, Wolfgang, AL-TIKRITI, Maysoun and LEBERER, Ralf. Low-Profile Folded Reflectarray Antennas for Communication Applications. University of Ulm. 2003.

MOESSNER, Klauss, BOURSE, Didier, EL-KHAZEN, Karim and GRANDBLAISE, David. The Responsibility Chain Concept. E2R Workshop on Reconfigurable Mobile System and Networks Beyond 3G. September 5, 2004.

NERI VERA, Rodolfo. Comunicaciones por Satélite. 1ª. Edición. México D.F. 2003. Internacional Thomson Editores, S.A., México. 487 págs. ISBN: 970-68-6282-X

NISHINAGA, Nozomu, TAKEUCHI, Makoto y SUZUKI, Ryutaro. Reconfigurable Communication Equipment on SmartSat-1. National Institute of Information and Communications Technology. 2003.

PAILLASA, Béatrice y MORLET, Catherine. Flexible Satellites: Software Radio in the Sky. Alcatel Space, Research Department. 2003 IEEE.

POPESCU, Dimitrie C. and ROSE, Christopher. Interference Avoidance and Multiuser MIMO Systems. International Journal of Satellite Communications and Networking. 2003.

POPOVIC, Darko, ROMISCH, Stefania, SHINO, Naoyuki y POPOVIC, Zoya. Multibeam Planar Lens Antenna Arrays. University of Colorado. 2003.

PUCKER, Lee and HOLT, Geoff. Extending the SCA Core Framework Inside the Modem Architecture of a Software Defined Radio. Spectrum Signal Processing, INC. March 2004.

RAGHAVENDRA, M.R. and GIRIDHAR, K. Improving Channel Estimation in OFDM Systems for Sparse Multipath Channels. IEEE Signal Processing Letters, VOL.12, No.1. January 2005.

REED, Jeffrey H. Software Define Radio Forum Contribution. Organization Mobile & Portable Radio Research Group (MPRG). July 6, 2004.

RENDÓN GALLÓN, ALVARO. Organización del Equipo de Trabajo, Curso “Desarrollo Tecnológico”. Maestría en Telemática, Universidad del Cauca.

ROSADO, Carlos. Comunicación por Satélite: Principios, tecnologías y sistemas. AHCJET. 1998. Editorial Albadalejo. 561 págs.  
ISBN: 84-87-644-42-2

SCHAEFER, Robbie, EIKERLING, Heinz-Josef. Reconfiguration of Security Contexts in Ubiquitous Networks. E2R Workshop on Reconfigurable Mobile System and Networks Beyond 3G. September 5, 2004.

SDR Forum. Hardware Abstraction Layer Working Group Report on Results of Request for Information. SDRF-04-A-0009-V0.00 Version 0.00. October 4, 2004.

SDR Forum. Reference Implementation Software Communications Architecture 2.2 Request for Proposals. SDRF-04-A-0002-V0.00 Version 0.00. March 2, 2004.

SDR Forum. Security Considerations for Operational Software for Software Defined Radio Devices in a Commercial Wireless Domain. DL-SIN Document SDRF-04-A-0010-V0.0 Ballot Version. October 27, 2004.

SHEN, Chien-Chung, BORKAR, Girish, RAJAGOPALAN, Sundaram y JAİKAEО, Chaiporn. Interrogation-Based Relay Routing for Ad hoc Satellite Networks. Computer and Information Sciences. University of Delaware. 2003.

SIRITEANU, Constain and BLOSTEIN, Steven D. Performance of Smart Antenna Arrays With Maximal-Ratio Eigen-Combining. Queen's University. March 12, 2004.

TANNER, Steve, ALSHAYEB, M., CRISWELL E., Iyer M., McDOWELL A., McEniry M. y REGNER K. Information Technology and System Center. University of Alabama in Huntsville. 2003.

UCHIMURA, Takashi, SAWABE, Mikio, SUZUKI, Akinobu and NODA, Hiroyuki. Laser Retroreflector Array of Geostacionary Satellite, ETS-VIII. 14th Internacional Workshop on Laser Ranking, San Fernando Spain. June 10, 2004.

VARLAMOS, Pantelis K. and CAPSALIS, Christos N. Application of Smart Antenna Concepts in Situ Measurements of Radiated Emissions. University of Athens. 2003.

VÁSQUEZ CASTRO, M. A., GONZÁLEZ SERRANO, F. J., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, A. y MOHEDANO MOYA, G. Quality of Service of VoIP over DVB-RCS. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2003.

VENNERI, Francesca, BOCCIA, Luigi, ANGIULLI, Giovanni, AMENDOLA, Giandomenico y DI MASSA, Giuseppe. Análisis and Designo of Pasive and Active Microstrip Reflectarrays. February 23, 2003.

VERMA, Satchandi y WISWELL, Eric. Next Generation Broadband Satellite Communications Systems. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2003.

VISHWANATH, Sriram and GOLDSMITH, Andrea. Adaptive Turbo-Coded Modulation for Flat-Fading Channels. IEEE Transactions on Communications, Vol. 51, No.6, June 2003.  
WANG, Xiaowen y RAY LIU, K. J. Model-Based Channel Estimation Framework for MIMO Multicarrier Communication System. IEEE Transactions on Wireless Communications, VOL.4, No.3, May 2005.

WEI BAI, Haifen Yang y ZHIYOUNG, Bu. Robust Channel Estimation for MIMO Systems in Flat Fading Channels. IEEE 2004.

WERNER, Markus y FRANCK, Laurent. On-Board Processing and ISL Networking for Service Provisioning. 2003.

---Wi-Fi+Satellite. New Skies Satellites N.V. March 2004.

WILLIAMSON, Matthew, KANNANGARA, Shyama and FAULKNER, Michael. Performance Analysis of Adaptive Wideband Duplexer. University of Victoria. 2004.

YOUNGBLOOD, Gerald. A Software Defined Radio for the Masses, Part 4. March-April de 2003.

YUE, Guosen, ZHOU, Xiaobo y WANG, Xiaodong. Performance Comparisons of Channel Estimation Techniques in Multipath Fading CDMA. IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol.3, No.3. May 2004.

YUEH, Simon H., WILSON, William J., NJOKU, Eni, HUNTER, Don and DINARDO, Steve. Compact, Lightweight Dual-Frequency Microstrip Antenna Feed for Future Soil Moisture and Sea Surface Salinity Missions. California Institute of Technology. 2003.

YUN, Ana, CASAS, José Luis y NIETO, Carlos Miguel. SATLIFE: Nuevos Servicios de Banda Ancha sobre una Plataforma Satélite DVB-RCS Regenerativa. Alcatel Espacio. 2003.

ZHAO, Yiqiang, y CAMPBELL, L. Lorne. Performance Análisis of a Multibeam Packet Satellite System Using Random Access Techniques. September 2, 2004.