

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UNA RED PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE EL
CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (CIAM) Y LAS OFICINAS
DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

PABLO ENRIQUE ZAPATA BOADA
pabo290284@hotmail.com

DIRECTORA: MSc. SORAYA SINCHE
ssinche@mailfie.epn.edu.ec

Quito, marzo 2009

DECLARACIÓN

Yo, Pablo Enrique Zapata Boada, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pablo Enrique Zapata Boada

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Pablo Enrique Zapata Boada, bajo mi supervisión.

MSc. Soraya Sinche.
Directora del Proyecto

AGRADECIMIENTO

“Si confieres un beneficio, nunca lo recuerdes; si lo recibes, nunca lo olvides”

Frase de Quilón

En primer lugar agradezco a Dios por sus bendiciones, entre ellas: la salud, mi familia y mis amigos.

A mis padres por su apoyo en mi vida estudiantil, su sacrificio es un ejemplo de trabajo y cariño.

A la directora del proyecto de titulación, MSc. Soraya Sinche, por la guía y la paciencia brindada a mi persona.

DEDICATORIA

Este esfuerzo como todos los esfuerzos que hago día a día, son dedicados a toda mi familia, en especial a mi esposa Naty y a mi hijo Davidcito. Han sido el aliento y la inspiración para tomar nuevos bríos en el camino de mi vida.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR ^[1]	1
1.1.1 HISTORIA	1
1.1.2 FUNCIÓN	1
1.1.3 MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS	2
1.1.4 ESTRUCTURA ORGÁNICA FUNCIONAL.....	3
1.2 CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ^[1]	4
1.2.1 OBJETIVOS	4
1.2.2 FUNCIONES.....	6
1.3 EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP) ^[1]	7
1.3.1 DEFINICIÓN	7
1.3.2 OBJETIVOS.....	7
1.3.3 CATEGORIZACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS	7
1.3.4 IMPORTANCIA DEL SNAP	11
1.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	11
1.4.1 DEFINICIÓN ^[2]	11
1.4.2 APLICACIONES DE UN SIG ^[2]	12
1.4.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SIG EN LÍNEA ^[3]	13
1.5 REDES DE ÁREA EXTENDIDA	15
1.5.1 FRAME RELAY ^[4]	15
1.5.2 REDES PRIVADAS VIRTUALES ^{[5], [6]}	18
1.5.3 REDES IP/MPLS ^[7]	21
1.5.4 VSAT	215

CAPÍTULO 2: LA RED INFORMÁTICA DEL MAE

2.1 ANÁLISIS DE LA RED INFORMÁTICA DEL MAE.....	26
2.1.1 PLANTA CENTRAL.....	26
2.1.2 OFICINAS REGIONALES.....	28
2.1.3 CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL.....	33
2.2 LA NECESIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA EL SNAP.....	34
2.3 EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL SNAP.....	35
2.4 SERVIDORES DE SIG ^[8]	41
2.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR ARC IMS SERVER ^{[9], [10]}	42
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR ARCGIS SERVER ^[11]	46

CAPÍTULO 3: ALTERNATIVAS DE COMUNICACIÓN

3.1 LOS USUARIOS DEL SIG-SNAP.....	47
3.1.1 TIPOS DE USUARIOS.....	47
3.1.1.1 Usuarios Internos (Locales y Remotos).....	47
3.1.1.2 Usuarios Externos.....	48
3.1.2 NECESIDADES DE LOS USUARIOS.....	48
3.1.2.1 Usuarios Administradores	48
3.1.2.2 Usuarios Técnicos	50

3.1.2.3 Usuarios de Consulta y Usuarios Externos	51
3.2 METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA RED ^[12]	52
3.2.1 ALTERNATIVAS DE CONFIGURACIÓN	52
3.2.2 COMUNICACIÓN CLIENTE-SERVIDOR.....	54
3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA POR LOS USUARIOS.....	55
3.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA POR EL SERVIDOR	58
3.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS ENLACES	60
3.3 ALTERNATIVAS DE COMUNICACIÓN	62
3.3.1 PRIMERA ALTERNATIVA	63
3.3.2 SEGUNDA ALTERNATIVA ^[13]	65
3.3.3 TERCERA ALTERNATIVA.....	68
3.4 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA ^{[4],[14]}	71
 CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN	
4.1 REDES PRIVADAS IP/MPLS	76
4.1.1 DEFINICIÓN DE REDES PRIVADAS IP/MPLS ^[5]	76
4.1.2 FUNCIONAMIENTO DEL MODELO IP/MPLS	76
4.2. CAPACIDAD DE LOS ENLACES	77
4.3 TOPOLOGÍA DE LA RED WAN DEL MAE	78
4.3.1 TOPOLOGÍA FÍSICA ^[15]	78
4.3.2 TOPOLOGÍA LÓGICA ^[16]	80
4.4 SEGURIDAD DE LA RED	86
4.4.1 SEGURIDAD DE LAS REDES IP/MPLS ^[17]	86
4.4.2 POLÍTICAS DE SEGURIDAD ^[4]	87
4.5 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL SIG-SNAP ^[12]	90
4.5.1 SERVIDOR WEB	90
4.5.2 ESTACIONES DE TRABAJO	93
 CAPÍTULO 5: COSTOS DEL PROYECTO	
5.1 COSTOS DE CONECTIVIDAD	95
5.2 COSTOS DE EQUIPAMIENTO	97
5.2.1 SERVIDOR DEL SIG-SNAP ^{[18],[19],[20]}	97
5.2.2 ESTACIONES DE TRABAJO ^{[21],[22],[23]}	98
 CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1 CONCLUSIONES.....	99
6.2 RECOMENDACIONES	100
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura orgánica funcional del MAE.....	3
Figura 1.2 Mapa del SNAP.....	10
Figura 1.3 Ejemplo de un SIG en línea en dónde se observa el mapa de Bogotá.	14
Figura 1.4 Red WAN con tecnología <i>Frame Relay</i>	16
Figura 1.5 Formato de trama <i>Frame Relay</i>	17
Figura 1.6 Interconexión de Intranets mediante una VPN.	20
Figura 1.7 Cabeceras IPsec.....	21
Figura 1.8 Arquitectura de una red MPLS.	23
Figura 2.1 Esquema de la Infraestructura Tecnológica del MAE.....	27
Figura 2.2 Mapa de los Distritos Regionales del MAE.....	28
Figura 2.3 Mapa del Distrito Regional Carchi- Imbabura.....	31
Figura 2.4 Pantalla Principal del SIG-SNAP.....	37
Figura 2.5 Arquitectura de ArcIMS.....	43
Figura 2.6 Arquitectura de ArcGIS Server.....	46
Figura 3.1 Relaciones del SIG-SNAP con sus usuarios.....	48
Figura 3.2 Funciones de los Usuarios Administradores del SIG-SNAP.	49
Figura 3.3 Arquitectura centralizada de SIG.....	53
Figura 3.4 Arquitectura distribuída de SIG.	53
Figura 3.5 Protocolos de comunicación cliente-servidor para aplicaciones SIG.	55
Figura 4.1 Estructura de un paquete en una red IP/MPLS.	77
Figura 4.2 Funcionamiento de una red IP/MPLS.	77
Figura 4.3 Modelo Jerárquico de la red WAN del MAE.....	79
Figura 4.4 Diagrama de red IP/MPLS para el MAE.	85
Figura 4.5 Esquema de la zona desmilitarizada para el MAE.....	88
Figura 4.6 Dimensionamiento de servidores de SIG de acuerdo a su métrica SPEC.....	90
Figura 4.7 Métricas de SPEC para servidores UNIX.	91
Figura 4.8 Evolución de las estaciones de trabajo recomendadas por ArcGIS.	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Áreas Naturales que conforman el SNAP actual.....	9
Tabla 2.1	Número de empleados que laboran en cada Distrito.	29
Tabla 2.2	Conexión a Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.....	29
Tabla 2.3	Ubicación de las oficinas de Áreas Protegidas.....	30
Tabla 2.4	Equipos presentes en el CIAM.	33
Tabla 2.5	Software legalizado con el que cuenta el CIAM.	34
Tabla 3.1	Tiempo de transporte para el despliegue de un mapa.....	56
Tabla 3.2	Máximo número de peticiones y tiempo óptimo de transmisión, basados en el tamaño de la imagen de mapa.....	58
Tabla 3.3	Capacidad requerida para el tráfico de datos en oficinas remotas.....	61
Tabla 3.4	Capacidad para conexión a Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.....	62
Tabla 3.5	Capacidad para conexión a Internet en oficinas de Áreas Protegidas.....	62
Tabla 3.6	Costo mensual de conexión a Internet en oficinas de Áreas Protegidas.	64
Tabla 3.7	Costo mensual de Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.	64
Tabla 3.8	Costo de configuración y equipos necesarios para implementar VPN	65
Tabla 3.9	Costo de instalación y mensual de la red IP/ MPLS para el MAE.....	66
Tabla 3.10	Costo de conexión a Internet en oficinas regionales.....	67
Tabla 3.11	Costo mensual en oficinas sin cobertura IP/MPLS.....	68
Tabla 3.12	Costo de instalación y mensual para enlaces <i>Frame Relay</i>	69
Tabla 3.13	Costo de instalación y mensual para conexiones VSAT.....	69
Tabla 3.14	Costo de instalación y mensual para conexión VPN.....	70
Tabla 3.15	Requerimientos de calidad de servicio según el tipo de tráfico.....	71
Tabla 3.16	Resumen del costo de cada alternativa.....	75
Tabla 4.1	Capacidad de los enlaces IP/MPLS en las oficinas regionales del MAE.....	78
Tabla 4.2	Esquema de direccionamiento IP para los interfaces seriales.	81
Tabla 4.3	Esquema de direccionamiento IP para las redes de área local del MAE.....	83
Tabla 4.4	Comparación entre equipos CISCO PIX 515 con CISCO ASA 5510.....	88
Tabla 4.5	Especificaciones técnicas recomendadas para el servidor SIG-SNAP.....	93
Tabla 4.6	Especificaciones técnicas recomendadas para las estaciones de trabajo SIG....	94
Tabla 5.1	Costo de instalación y mensual de la red IP/ MPLS para el MAE.....	95
Tabla 5.2	Costo mensual para el acceso a Internet en oficinas sin cobertura IP/MPLS....	96

Tabla 5.3	Costo de conexión a Internet en oficinas regionales.....	96
Tabla 5.4	Opciones para equipo servidor del SIG-SNAP.....	97
Tabla 5.5	Opciones para estación de trabajo de SIG.....	98
Tabla 5.6	Resumen de costos para la implementación del SIG-SNAP.....	98

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se diseña la red de comunicación para interconectar el Centro de Información Ambiental (ubicado en la Planta Central del Ministerio del Ambiente), con las oficinas de las Áreas Protegidas del Ecuador.

En el capítulo I, se presenta un pequeño resumen del trabajo que realiza el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) para la conservación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), así como la importancia que éstas desempeñan en la protección de nuestros recursos naturales. También se expone sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los mismos que se constituyen en una herramienta útil para el cuidado del SNAP. Se finaliza resumiendo a las principales tecnologías para redes de área extendida, disponibles en nuestro país.

En el capítulo II, se analiza la infraestructura tecnológica con la que actualmente cuenta el MAE, como también sus oficinas regionales a lo largo del Ecuador, concluyendo que es necesaria una interconexión entre las mismas. A continuación se dan características del Sistema de Información Geográfica para el SNAP (SIG-SNAP), así como de los servidores para SIG.

En el capítulo III, se analizan las necesidades de los usuarios que accederán al SIG-SNAP y a partir de las sugerencias de la empresa ESRI, líder mundial en SIG, se dimensionan los parámetros de la red de comunicación como son: capacidad de los enlaces y capacidad de conexión del servidor Web a Internet. A partir de tal dimensionamiento se plantean tres alternativas tecnológicas, las cuales se evalúan bajo criterios técnicos y de costos, para finalmente escoger la mejor opción.

El capítulo IV, contiene el diseño de la red de comunicaciones para el MAE, a partir de la alternativa seleccionada que es IP/MPLS. En primer lugar se explica el funcionamiento de estas redes y a continuación se presentan aspectos como la

topología física y lógica de la red, como también la capacidad de los enlaces. Seguidamente se dan recomendaciones para la seguridad de la red del MAE, del dimensionamiento del servidor de SIG y de las estaciones de trabajo necesarias para acceder al SIG-SNAP.

En el capítulo V, se presenta el costo referencial del presente proyecto, el mismo que incluye a los costos de la conectividad entre las oficinas del MAE y de los equipos necesarios para la implementación del SIG-SNAP.

En el capítulo VI, constan las conclusiones y recomendaciones que surgieron de la realización del presente proyecto.

PRESENTACIÓN

Las redes de telecomunicaciones permiten interconectar sitios distantes entre sí, con el objetivo de facilitar el trabajo de los seres humanos. El presente proyecto de titulación, ha sido realizado con el afán de que las personas que trabajan en el cuidado del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), accedan de manera eficiente al Sistema de Información Geográfica del SNAP.

Para cumplir con dicho propósito se aplican los conocimientos adquiridos en la carrera, teniendo en cuenta siempre que el objetivo de todo trabajo, debe estar orientado al bienestar de la humanidad.

La tecnología seleccionada para enlazar a las oficinas regionales del MAE en una red de comunicaciones es IP/MPLS. Un estudio hecho el año 2004 por la “*Infonetics Research*” muestra que el 86% de abastecedores de servicios de telecomunicaciones en el mundo entero, convergen sus redes de datos hacia IP/MPLS. Esta es una de las principales razones por las que el diseño de la red del MAE se realiza con tecnología IP/MPLS, ya que es importante que la Institución esté a la vanguardia de los avances tecnológicos.

De esta manera se cumple con la razón de ser de la red informática del MAE, ya que el personal tanto de planta central como de las oficinas remotas, accederá a la información requerida de una manera ágil, eficiente y segura. Logrando constituir a los Sistemas de Información Geográfica, en una herramienta útil para el cuidado del SNAP.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR ^[1]

1.1.1 HISTORIA

El Ministerio del Medio Ambiente fue creado el 4 de octubre de 1996, mediante Decreto Ejecutivo No. 195 publicado en el Suplemento - Registro Oficial No. 40.

Con Decreto Ejecutivo No. 505, del 22 de enero de 1999, publicado en el Registro Oficial No. 118, del 28 del mismo mes y año, se fusiona en una sola entidad el Ministerio del Ambiente y el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN).

En la actualidad, el Ministerio del Ambiente gestiona su acción en base a varias Leyes: la Constitución Política de la República del Ecuador, la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre y la Ley de Gestión Ambiental, entre otras.

1.1.2 FUNCIÓN

El Ministerio del Ambiente es el organismo del estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y, coordinar las estrategias, los proyectos y programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Propone y define las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de la biodiversidad y de los recursos con los que cuenta nuestro país.

Desde una visión solidaria con las poblaciones y su ambiente, impulsa la participación de todos los actores sociales en la gestión ambiental a través del trabajo coordinado. De esta manera, contribuye a consolidar la capacidad tanto del estado como de los gobiernos seccionales, para el manejo democrático y descentralizado del tema ambiental y apunta a comprometer la participación de diversos actores: las universidades, los centros de investigación y las ONG.

La gestión ambiental es una responsabilidad de todos, porque la calidad de vida depende de las condiciones ambientales en las que nos desarrollamos. Por tal motivo, el Ministerio se encarga de recopilar la información de carácter ambiental, como un instrumento para educar a la población sobre los recursos naturales y la biodiversidad que posee el país y la manera más adecuada para conservar y utilizar oportunamente estas riquezas.

1.1.3 MISIÓN, VISIÓN Y OBJETIVOS

- Misión

Dirigir la gestión ambiental a través de políticas, normas e instrumentos de fomento y control, para lograr el uso sustentable y la conservación del capital natural del Ecuador, asegurar el derecho de sus habitantes a vivir en un ambiente sano y apoyar la competitividad del país.

- Visión

Ser la autoridad ambiental nacional sólida, líder del sistema descentralizado de gestión ambiental, con un equipo humano comprometido con la excelencia, que guíe con transparencia y efectividad al Ecuador hacia el desarrollo sustentable.

- Objetivos

- a. Formular, promover y coordinar políticas de estado, dirigidas hacia el desarrollo sustentable y la competitividad del país.

- b. Proteger el derecho de la población a vivir en un ambiente sano.
- c. Asegurar la conservación y uso sustentable del capital natural del país.

1.1.4 ESTRUCTURA ORGÁNICA FUNCIONAL

La estructura orgánica funcional del Ministerio del Ambiente, fue expedida mediante Acuerdo Ministerial No.006 y publicada en el Registro Oficial No. 345, del 12 de junio del 2001.

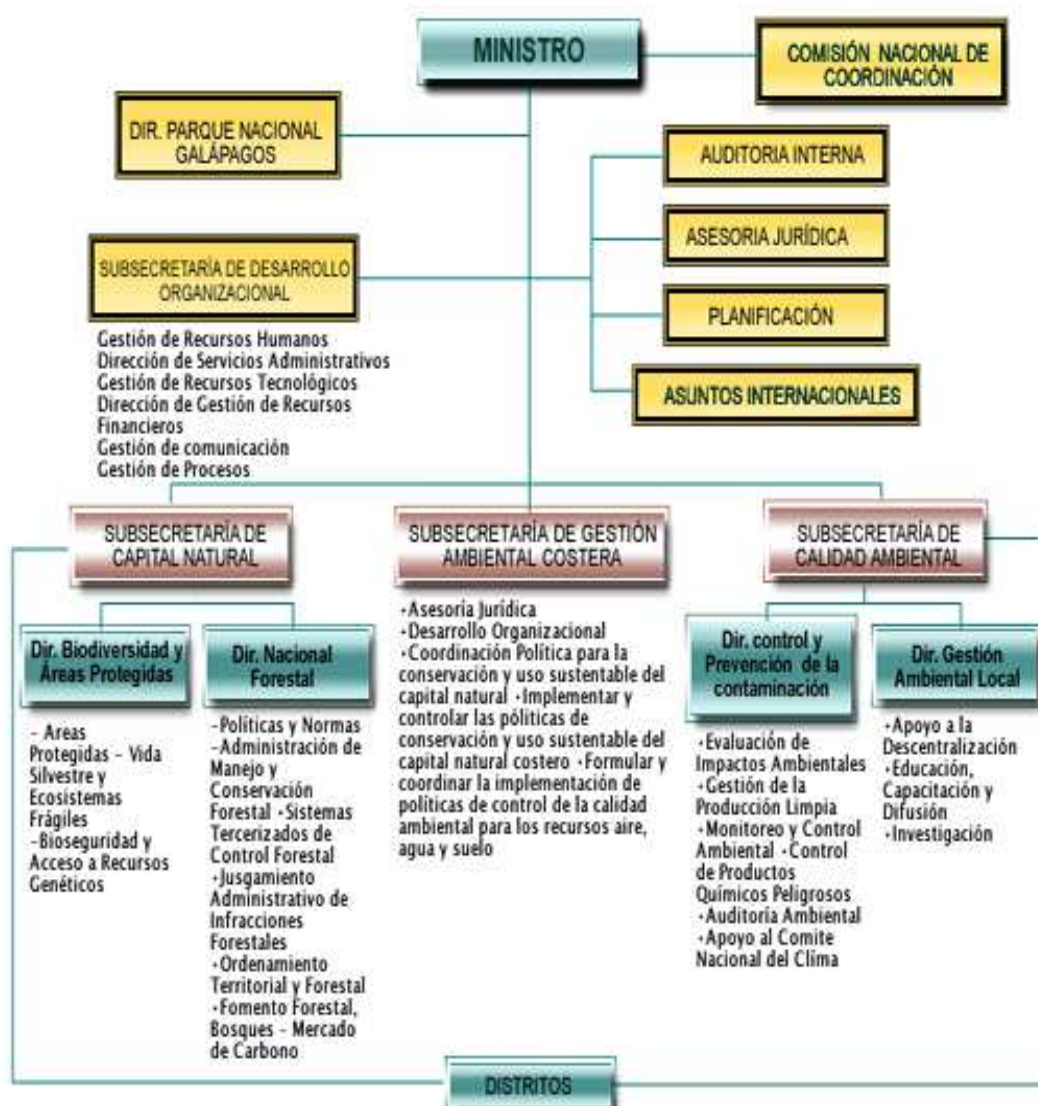


Figura 1.1 Estructura orgánica funcional del MAE.¹

¹ FUENTE: Página Web del Ministerio del Ambiente. www.ambiente.gov.ec

En la actualidad, el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección de Planificación y de acuerdo a su estructura orgánica funcional, cuenta con el proceso de Sistemas de Información Ambiental, en donde funciona el Centro de Información Ambiental.

Las actividades que se desarrollan dentro del proceso de Sistemas de Información Ambiental son las de: recopilar, registrar, procesar y generar información; también se consolida la información en reportes periódicos sobre el estado del ambiente y capital natural.

1.2 CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ^[1]

El Centro de Información Ambiental (CIAM) empezó a gestarse desde el ex-INEFAN, cuando a través de proyectos como PETRAMAZ y CIBE, se adquirieron herramientas de Sistemas de Información Geográfica para generar bases de datos geográficas, ambientales espaciales.

En el año 2000, el CIAM empezó a funcionar dentro de la Dirección de Planificación, adquiriendo y generando información básica en formato SIG, definiendo normas y reglamentos para entrada y salida de datos espaciales, tomando en cuenta estándares existentes, diseñando una base de datos única, así como catálogos temáticos ambientales, integrados con sus respectivos metadatos.

1.2.1 OBJETIVOS

- a. Administrar e integrar la información ambiental del Ecuador, para ello se constituye en el organismo regulador de mecanismos de estandarización dentro del Ministerio del Ambiente, de toda la información alfanumérica y espacial que sea entregada al Ministerio, tanto por consultores como de proyectos.

- b. Recopilar, sistematizar y difundir información sobre biodiversidad del Ecuador en general: bosques y vegetación protectores, calidad ambiental, indicadores ambientales y de biodiversidad.
- c. Desarrollar herramientas que permitan la integración y difusión de la información ambiental, a través de medios escritos tales como boletines o electrónicos como Internet.
- d. Constituirse en un centro facilitador de información espacial y alfanumérica hacia dentro del MAE, así como a entidades públicas y privadas, para facilitar la toma de decisiones en el campo ambiental.
- e. Promover mecanismos de estandarización en la información ambiental, como medio de interrelacionar a los sectores civiles, privados, grupos comunitarios y gubernamentales.
- f. Desarrollar, coordinar y ejecutar programas de capacitación para el Ministerio del Ambiente, especialmente en el campo de manejo de bases de datos, sistemas de información geográficos y sensores remotos. El desarrollo de tales actividades podrán ser cumplida con los recursos propios del Ministerio o la colaboración de personal fuera del Ministerio, bajo la coordinación de los técnicos del CIAM.
- g. Legalizar los trabajos cartográficos y geográficos ante el Instituto Geográfico Militar.
- h. Coordinar y supervisar las actividades de consultores y proyectos que desarrollen información alfanumérica y cartográfica para el Ministerio del Ambiente, como medio de optimizar recursos y evitar duplicación de acciones y programas.

1.2.2 FUNCIONES

Son funciones del Centro de Información Ambiental:

- a. Asesorar al Ministro y demás autoridades del Ministerio del Ambiente en materia de información ambiental para la toma de decisiones.
- b. Asegurar que la información ambiental contribuya a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, al manejo del recurso forestal, al monitoreo de la calidad ambiental del país.
- c. Optimizar el uso de la cooperación internacional y fortalecer la capacitación a los funcionarios del Ministerio en el manejo de la información ambiental.
- d. Ser el organismo regulador de mecanismos de estandarización dentro del Ministerio del Ambiente, de toda la información alfanumérica y espacial que sea entregada al Ministerio, tanto por consultores como de proyectos.
- e. Participar en la elaboración de la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial y los planes seccionales, con las demás dependencias del Ministerio del Ambiente y Entidades Nacionales involucradas en este proceso.
- f. Legalizar los trabajos cartográficos del Ministerio del Ambiente ante el Instituto Geográfico Militar, como lo establece la Ley de la Cartografía Nacional.
- g. Constituirse en órgano de consulta nacional e internacional en materia de su competencia.

1.3 EL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (SNAP) ^[1]

1.3.1 DEFINICIÓN

Se define como el área protegida a una superficie de tierra y/o mar especialmente consagrada a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, así como de recursos naturales y los recursos culturales asociados y manejada a través de medios jurídicos u otros medios eficaces.²

Se define también como el área de propiedad pública o privada, de relevancia ecológica, social, histórica, cultural y escénica, establecidas en el país de acuerdo con la ley, con el fin de impedir su destrucción y procurar el estudio y conservación de especies de plantas o animales, paisajes naturales y ecosistemas.³

1.3.2 OBJETIVOS

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas persigue el objetivo de preservar la diversidad biológica del país y promover el manejo sustentable de las tierras silvestres, promocionando las ventajas potenciales del ecoturismo y el mantenimiento de flujos genéticos por su importancia biogeográfica.

1.3.3 CATEGORIZACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS

Hoy en día, el SNAP está constituido por 35 áreas naturales: 31 áreas continentales, 3 áreas insulares y 1 área marina.

Según el artículo 67 de la Ley Forestal, las áreas naturales del patrimonio del estado se clasifican para efectos de su administración, en las siguientes categorías:

1. Parque Nacional

² Definición de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

³ Definición de la Ley Forestal del Ecuador.

2. Reserva Ecológica
3. Refugio de vida silvestre
4. Reserva Biológica
5. Área Nacional de Recreación
6. Reserva de producción de fauna
7. Área de caza y pesca

El Ecuador cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), la mayoría de las cuales es administrada directamente a través de la Dirección Nacional de Biodiversidad, Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Ministerio del Ambiente (MAE).

El Parque Nacional El Cajas es objeto de un convenio de descentralización. Dos áreas protegidas: el Parque Nacional Galápagos y la Reserva Marina de Galápagos, tienen regímenes particulares a través de una ley especial, que es la única con esquema de manejo participativo desde 1998.

La Reserva Ecológica Cofán Bermejo, se administra bajo la figura de co-manejo entre el Ministerio del Ambiente y la nacionalidad Cofán.

Las 35 áreas naturales que forman parte del SNAP cubren el 18.75% del territorio nacional y representan 4´901.173 hectáreas de superficie terrestre y 14´110.000 hectáreas de superficie marina (Reserva Marina de Galápagos: 40 millas náuticas).

En la tabla 1.1 se enumeran las Áreas Naturales que conforman el SNAP actual.

No.	ÁREA NATURAL	Superficie (Ha.)
1	Parque Nacional Cajas	28.808
2	Parque Nacional Cotopaxi	33.393
3	Parque Nacional Galápagos	693.700
4	Parque Nacional Llanganates	219.707
5	Parque Nacional Machalilla	56.184
6	Parque Nacional Podocarpus	146.280
7	Parque Nacional Sangay	517.765
8	Parque Nacional Sumaco	205.249
9	Parque Nacional Yasuní	982.000
10	Reserva Ecológica Limoncocha	4.613
11	Reserva Biológica Marina Galápagos	14'110.000
12	Reserva Ecológica Antisana	120.000
13	Reserva Ecológica Arenillas	17.082
14	Reserva Ecológica El Ángel	15.715
15	Reserva Ecológica Cayambe Coca	403.103
16	Reserva Ecológica Cayapas Mataje	51.300
17	Reserva Ecológica Cofán Bermejo	55.451
18	Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	243.638
19	Reserva Ecológica Los Ilinizas	149.900
20	Reserva Ecológica Mache Chindul	119.172
21	Reserva Ecológica Manglares Churute	50.068
22	Reserva Geobotánica Pululahua	3.383
23	Reserva Faunística Chimborazo	58.560
24	Reserva Faunística Cuyabeno	603.380
25	Reserva de Producción de Fauna Manglares del Salado	5.217
26	Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	500
27	Refugio de Vida Silvestre Manglares Río Muisne	3.173
28	Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón	700
29	Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	5
30	Refugio de Vida Silvestre La Chiquita	809
31	Área Nacional de Recreación El Boliche	400
32	Área Nacional de Recreación Parque-Lago	2.283
33	Parque Binacional El Cóndor	2.440
34	Refugio de Vida Silvestre El Zarza	3.643
35	El Quimi	9.071
	Superficie total del SNAP	18'916.692

Tabla 1.1 Áreas Naturales que conforman el SNAP actual.⁴

En la figura 1.2 se presenta el Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

⁴ FUENTE: Dirección de Biodiversidad del Ministerio del Ambiente.

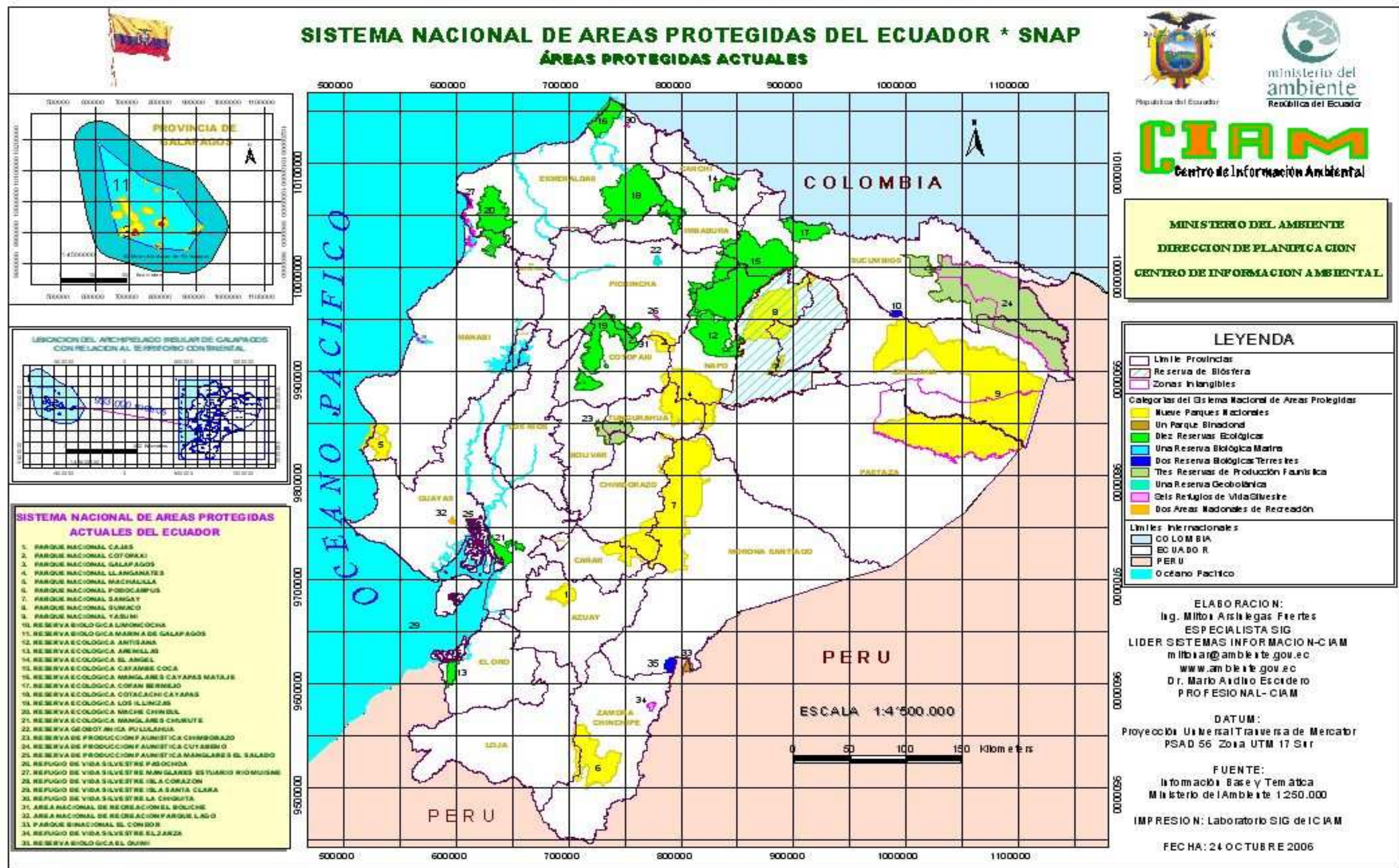


Figura 1.2 Mapa del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP).

1.3.4 IMPORTANCIA DEL SNAP

Las áreas protegidas cumplen con una infinidad de funciones que benefician a la humanidad, se pueden destacar entre las principales las siguientes:

- Conservación de la biodiversidad.
- Fuentes generadoras de alimentos, bienes y servicios, en beneficio de las poblaciones.
- Producción de agua.
- Regulación del clima.
- Captación de gas carbónico.
- Protección de cuencas hidrográficas mediante la cobertura vegetal.
- Control de inundaciones y corrientes.
- Control de la erosión.
- Producción de oxígeno.
- Oportunidades de educación, investigación, recreación y turismo.
- Se constituyen en espacios para el sustento y desarrollo de comunidades y pueblos ancestrales.

Estas funciones constituyen los servicios ambientales que no han sido valorados económicamente y no han merecido la importancia que tienen para la sociedad ecuatoriana.

1.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

1.4.1 DEFINICIÓN ^[2]

Los Sistemas de Información Geográfica son bases de datos de propósito especial, adaptadas para el almacenamiento de datos geográficos.

Un sistema gestor de bases de datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La

colección de datos, normalmente denominada base de datos, contiene información relevante para una empresa. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos, de manera que sea tanto práctica como eficiente.

Los sistemas de bases de datos se diseñan para gestionar grandes cantidades de información. La gestión de los datos implica tanto la definición de estructuras para almacenar la información, como la provisión de mecanismos para la manipulación de la información.

Entre los datos espaciales están los datos geográficos y los datos de diseño asistido por computadora.

Los datos geográficos son de naturaleza espacial, pero se diferencian de los datos de diseño en ciertos aspectos. Los mapas y las imágenes de satélite son ejemplos típicos de datos geográficos. Los mapas pueden proporcionar no solo información sobre la ubicación —sobre fronteras, ríos y carreteras, por ejemplo— sino también información mucho más detallada asociada con la ubicación, como la elevación, el tipo de suelo, el uso de la tierra y la cantidad anual de lluvia.

1.4.2 APLICACIONES DE UN SIG ^[2]

Los Sistemas de Información Geográfica tienen gran variedad de aplicaciones, incluidas los servicios de mapas en línea, los sistemas de navegación para vehículos, la información de redes de distribución para las empresas de servicios públicos como son los sistemas de telefonía, electricidad y suministro de agua y la información de uso de la tierra para ecologistas y planificadores.

Los servicios de mapas de carreteras basados en la Web constituyen una aplicación muy utilizada de datos de mapas. En su nivel más sencillo estos sistemas pueden utilizarse para generar mapas de carreteras en línea de la región deseada. Una ventaja importante de los mapas interactivos es que resulta sencillo

dimensionar los mapas al tamaño deseado, es decir, acercarse y alejarse para ubicar los accidentes importantes.

Las bases de datos geográficas para información de utilidad pública, se están volviendo cada vez más importantes a medida que crece la red de cables y tuberías enterrados. Sin mapas detallados las obras realizadas por una empresa de servicio público pueden dañar los cables de otra, lo que daría lugar a una interrupción del servicio a gran escala. Las bases de datos geográficas, junto con los sistemas precisos de determinación de la posición, pueden ayudar a evitar estos problemas.

Actualmente existe información de diversas temáticas relacionada con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, la misma que es generada por diferentes unidades administrativas del Ministerio del Ambiente, ONG ambientalistas, universidades, investigadores particulares, gobiernos seccionales y otras entidades del gobierno central. Sin embargo, esta información se encuentra dispersa y muchas veces desconocida por los responsables del área ambiental de nuestro país.

Para una correcta administración de los bienes naturales del país es de vital importancia el acceso oportuno a información relevante, general y específica, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Esta información debe ser objetiva, estandarizada, estructurada, actual y sistematizada, para que cumpla con el objetivo de constituirse en un apoyo importante para la toma de decisiones.

1.4.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SIG EN LÍNEA ^[3]

Los Sistemas de Información Geográfica en línea son Servicios Web, que se pueden definir como una aplicación a la que se puede acceder mediante protocolos estándares de Internet, lo cual va a garantizar las comunicaciones de extremo a extremo, es decir, entre el Cliente y el Servidor Web.

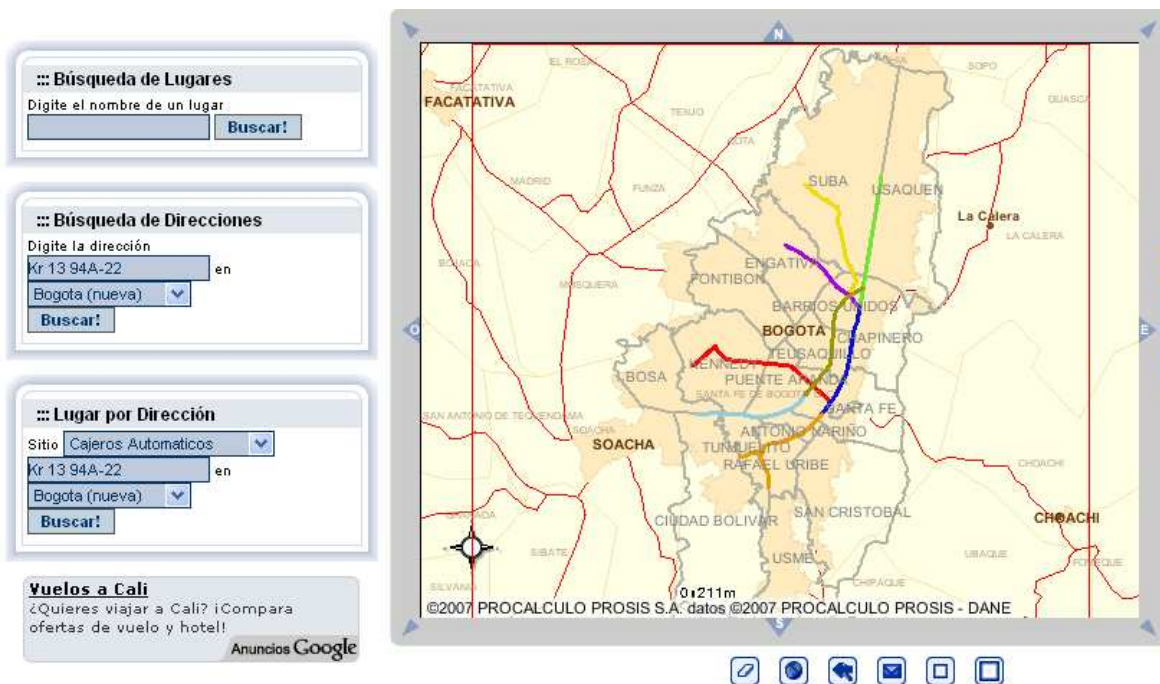


Figura 1.3 Ejemplo de un SIG en línea en dónde se observa el mapa de Bogotá.⁵

En este ámbito el *Open GIS Consortium OGC*⁶ ha desarrollado una importante labor de estandarización, enfocada hacia la interoperación de los sistemas SIG en la Web.

Entre las ventajas de los Servicios Web para los SIG se tiene:

- La explotación centralizada de una información geográfica distribuida, siendo ésta una gran oportunidad en la superación de las fronteras territoriales de las administraciones públicas competentes en la información geográfica.
- Reducción de la duplicidad de fuentes de información incoherentes sobre una misma realidad.
- Consultas por usuarios no especializados, ni con conocimiento profundo de SIG.

⁵ FUENTE: www.mapas.com.co

⁶ Página Web: www.opengis.org

1.5 REDES DE ÁREA EXTENDIDA

Una red de área extendida (WAN) es una red de comunicación de datos que cubre una región geográfica extensa, por ejemplo un país o un continente. Comúnmente utiliza las líneas de transmisión provistas por empresas portadoras de telecomunicaciones, como las compañías telefónicas.

A continuación se presenta un resumen de las principales tecnologías WAN, que ofrecen los Proveedores de Servicio en Ecuador, para conectar redes geográficamente distantes.

1.5.1 FRAME RELAY ^[4]

Frame Relay constituye un método de comunicación orientado a paquetes para la conexión de sistemas informáticos. Se utiliza principalmente para la interconexión de redes de área local (LAN) y redes de área extensa (WAN) sobre redes públicas o privadas. La mayoría de compañías públicas de telecomunicaciones ofrecen los servicios *Frame Relay* como una forma de establecer conexiones virtuales de área extensa que ofrezcan unas prestaciones relativamente altas.

Frame Relay se originó a partir de las interfaces ISDN y se propuso como estándar al Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía (CCITT) en 1984. Típicamente ofrece una capacidad comprendida en el rango de 56 Kbps y 1.544 Mbps.

En *Frame Relay* se definen dos tipos de circuito virtual:

- Circuito virtual permanente (PVC), el mismo que consiste en un trayecto predefinido a través de la red *Frame Relay*.
- Circuito virtual conmutado (SVC), provee una conexión temporal entre los nodos (DTEs) a través de la red *Frame Relay*.

Cada circuito virtual tiene su propio identificador de conexión de enlace de datos (DLCI), que identifica las tramas pertenecientes a un circuito determinado.

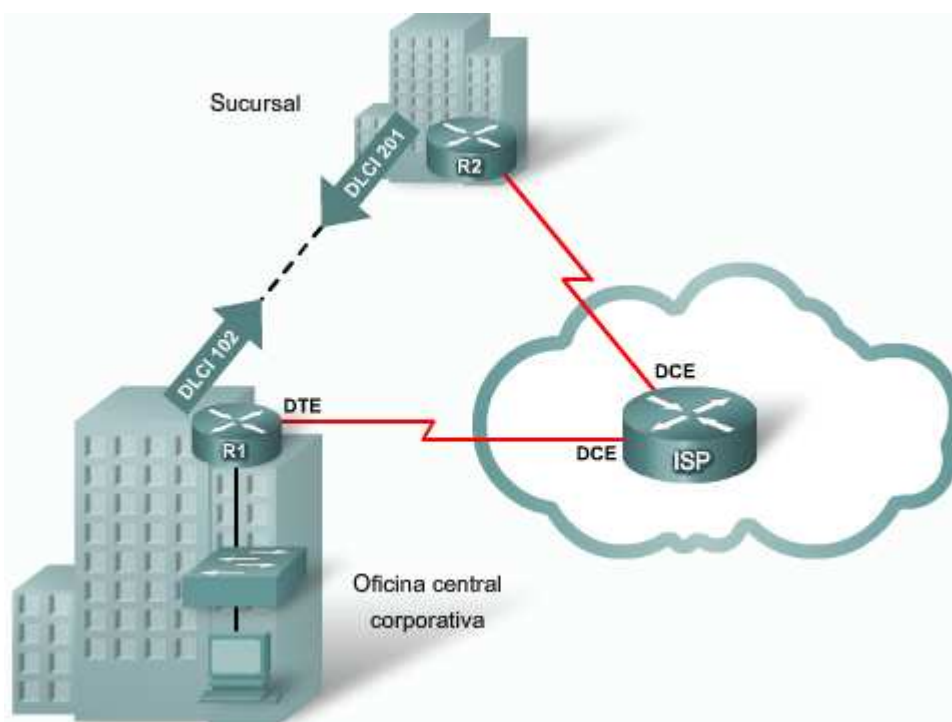


Figura 1.4 Red WAN con tecnología *Frame Relay*.⁷

El DTE (equipo terminal de datos) es el dispositivo del lado del usuario que está conectado al proveedor de servicios mediante el dispositivo DCE (equipo de comunicación de datos), comúnmente un módem o *channel service unit / data service unit* (CSU/DSU).

1.5.1.1 Estructura y formato de la trama *Frame Relay*

- BANDERA: Indicador 01111110 (7EH).
- DIRECCIÓN: Formada por 2, 3 ó 4 octetos con los campos:
 - DLCI: Identificador de conexión de enlace de datos, valor que especifica un PVC o un SVC, en una red *Frame Relay*.
 - EA: *Extended Adress*, con 0 indica que no es el último octeto de dirección, 1 indica que es el último octeto de dirección.
 - C/R: *Comand/Response*, 0 para comando, 1 para respuesta.

⁷ FUENTE: Cisco Systems: www.cisco.com

- FECN: *Forward Explicit Congestion Notification*. Bit establecido para informar al DTE que recibe la trama, que se ha experimentado congestión en la ruta, desde el origen hacia el destino.
- BECN: *Backward Explicit Congestion Notification*. Bit establecido en las tramas que viajan en dirección opuesta a las tramas que encuentran una ruta congestionada.
- DE: *Discard Eligibility*, a 1 indica a la red posibilidad de eliminar la trama en caso de congestión frente a las marcadas con 0.
- DATOS: El paquete proveniente de la capa 3, es decir, capa de red.
- FCS: *Frame Check Sequence*, de 2 octetos para detectar errores utilizando CRC.

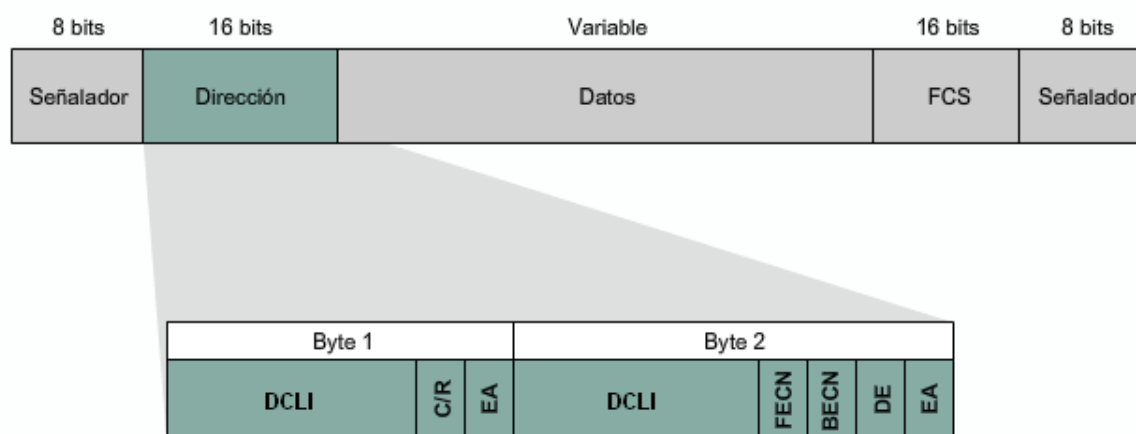


Figura 1.5 Formato de trama *Frame Relay*.⁸

1.5.1.2 Terminología de *Frame Relay*

- Velocidad de acceso o velocidad de puerto: Es la velocidad con la que los circuitos de acceso se unen a la nube *Frame Relay*. Comúnmente son 56 kbps, T1 (1.536 Mbps) o T1 fraccional (un múltiplo de 56 kbps o 64 kbps). Las velocidades de puerto se miden en el switch *Frame Relay*. No es posible enviar datos a velocidades superiores a la velocidad de puerto.
- Velocidad de información suscrita (CIR): los clientes negocian la velocidad de información suscrita (CIR, *Committed Information Rate*) con proveedores de servicios para cada PVC. La CIR es la cantidad de datos

⁸ FUENTE: Cisco Systems: www.cisco.com

por unidad de tiempo, que el proveedor de servicios garantiza que el cliente pueda enviar. Todas las tramas recibidas a la CIR o por debajo de ella son aceptadas. Siendo la ráfaga suscrita (B_c), la cantidad máxima de datos (en bits), que la red se compromete a transmitir, bajo condiciones normales, durante un intervalo de tiempo T_c (*committed rate measurement interval*).

1.5.2 REDES PRIVADAS VIRTUALES ^{[5], [6]}

Una VPN es una red en la que los distintos sitios que la conforman son conectados utilizando una infraestructura compartida, pero quedando independiente y aislada de otras redes.

La infraestructura compartida normalmente es provista por un Proveedor de Servicios (SP), quien administra los recursos y mantiene las políticas de acceso y seguridad dentro de su red.

Existen dos modelos principales de VPNs: Superpuesto (*Overlay*) y Par a Par (*Peer-to-Peer*).

- *Overlay*. Es aquella VPN en donde el SP emula una línea virtual entre los sitios remotos del cliente, mediante un circuito permanente virtual (PVC) de *Frame Relay* o ATM. Este modelo puede incluir tanto túneles GRE "*Generic Routing Encapsulation*", como IPSec "*IP Security*".

Una restricción importante en las *Overlay* VPNs, es que cuando se agrega un nuevo sitio hay que reconfigurar todos los enrutadores del lado del cliente (CEs - *Customer Edge Routers*) correspondientes a dicha VPN.

- *Peer-to-Peer*. En este modelo, el proveedor de servicio y su cliente intercambian información de enrutamiento en cada interconexión que poseen entre los enrutadores PE (*Provider Edge Router*) y CE (*Customer Edge Router*). El SP es el responsable de redistribuir y suministrar la información de enrutamiento óptima a los otros CE de la misma VPN.

Como el equipamiento del SP puede ser compartido entre una o más VPNs, es éste quien debe aislar el tráfico de los distintos clientes; lo cual puede ser implementando por medio de Listas de Control de Acceso.

La topología de una VPN también puede ser diversa, como por ejemplo:

- Hub and Spoke. Los distintos sitios de una compañía están conectados a la oficina central, que puede proveer o no comunicación entre sucursales.
- Full Mesh. En donde todos los sitios de la VPN están conectados entre sí, lo cual puede implicar altos costos de mantenimiento y administración.
- Partial Mesh. Se establecen relaciones de "algunos con algunos" dentro de la VPN. Esta topología se presenta como una solución cuando no se tienen los recursos necesarios o bien cuando no hace falta tener una relación "todos con todos".

Por tanto, una VPN es una red lógica o virtual creada sobre una infraestructura compartida, pero que proporciona los servicios de protección necesarios para una comunicación segura. Dependiendo de la situación de los nodos que utilizan esta red, se pueden considerar tres tipos de VPN:

- VPN entre redes locales o intranets: Este es el caso habitual en que una empresa dispone de redes locales en diferentes sedes, geográficamente separadas, en cada una de las cuales hay una red privada o intranet de acceso restringido a sus empleados. Interesa que desde una de sus sedes se pueda acceder a las intranets de otras sedes, se puede usar una VPN para interconectar estas redes privadas y formar una intranet única.

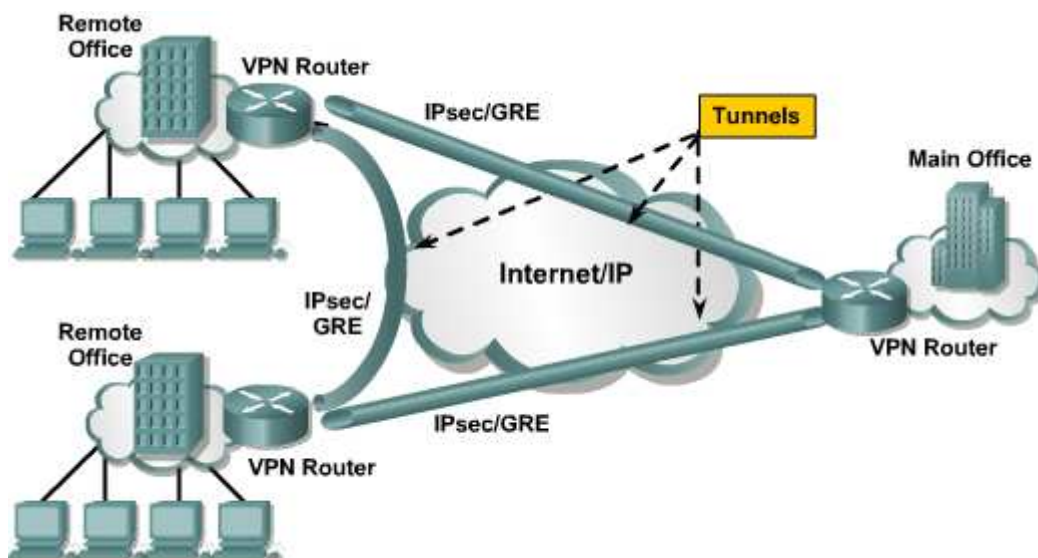


Figura 1.6 Interconexión de Intranets mediante una VPN.⁹

- VPN de acceso remoto: Cuando un empleado de la empresa quiere acceder a la intranet desde un computador remoto, puede establecer una VPN de este tipo. El computador remoto puede ser, por ejemplo, un PC que el empleado tiene en su casa o una portátil desde la cual se conecta a la red de la empresa cuando está de viaje.
- VPN extranet: A veces, a una empresa le interesa compartir una parte de los recursos de su intranet con determinados usuarios externos, como por ejemplo proveedores o clientes de la empresa. La red que permite estos accesos externos a una intranet se llama extranet y su protección se consigue mediante una VPN extranet.

El protocolo utilizado en la gran mayoría de configuraciones VPN es IPsec. La arquitectura IPsec (RFC 2401) añade servicios de seguridad al protocolo IP (versión 4 y versión 6), que pueden ser usados por los protocolos de niveles superiores (TCP, UDP, ICMP, etc.).

IPsec se basa en el uso de una serie de protocolos seguros, de los cuales hay tres que proporcionan la mayor parte de los servicios:

⁹ FUENTE: Cisco Systems: www.cisco.com

- **El protocolo AH** (*Authentication Header*, RFC 2402): ofrece el servicio de autenticación de origen de los datagramas IP (incluyendo la cabecera y los datos de los datagramas).
- **El protocolo ESP** (*Encapsulating Security Payload*, RFC 2406): puede ofrecer el servicio de confidencialidad, el de autenticación de origen de los datos de los datagramas IP (sin incluir la cabecera) o los dos a la vez.
- **El protocolo IKE** (*Internet Key Exchange*): provee un marco para la negociación de los parámetros de seguridad y el establecimiento de autenticación de claves.

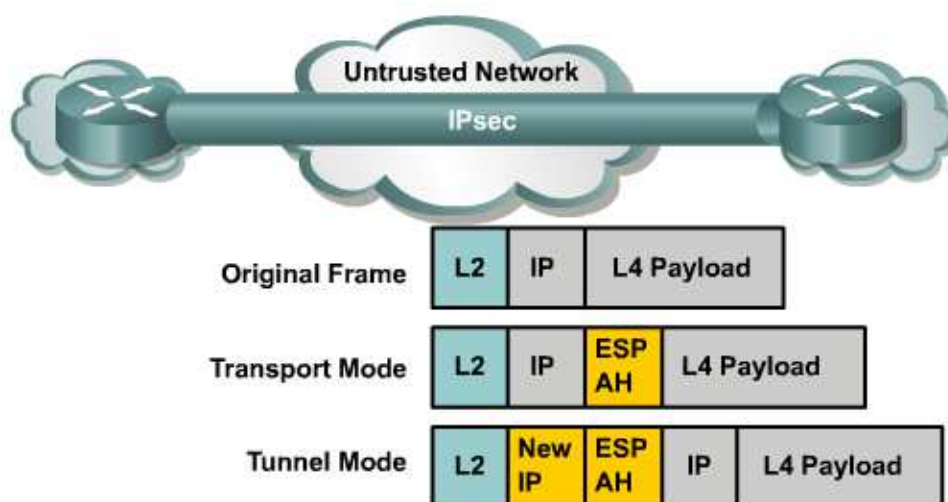


Figura 1.7 Cabeceras IPsec.¹⁰

La conexión de última milla para conectarse a Internet, se establece a través de servicios de banda ancha, por ejemplo: DSL, módem por cable y acceso inalámbrico de banda ancha; en combinación con la tecnología VPN proporcionan privacidad a través de Internet.

- **DSL:** La tecnología DSL es una tecnología de conexión permanente, que utiliza líneas telefónicas de par trenzado existentes para transportar datos de alto ancho de banda y brindar servicios IP a los suscriptores. Un módem

¹⁰ FUENTE: Cisco Systems: www.cisco.com

DSL convierte una señal Ethernet proveniente del dispositivo del usuario, en una señal DSL que se transmite a la oficina central.

Las líneas del suscriptor DSL múltiples se pueden multiplexar a un único enlace de alta capacidad con un multiplexor de acceso DSL (DSLAM) en el sitio del proveedor. Los DSLAM incorporan la tecnología TDM para agrupar muchas líneas del suscriptor en un único medio, en general una conexión T3 (DS3). Las tecnologías DSL actuales utilizan técnicas de codificación y modulación sofisticadas para lograr velocidades de transmisión de datos de hasta 8.192 Mbps.

- **Módem por cable:** El cable coaxial es muy usado en áreas urbanas para distribuir las señales de televisión. El acceso a la red está disponible desde algunas redes de televisión por cable. Esto permite que haya un mayor ancho de banda que con el bucle local de teléfono.

Los módems por cable ofrecen una conexión permanente y una instalación simple. El suscriptor conecta una computadora o un router LAN al módem por cable, que traduce las señales digitales a las frecuencias de banda ancha que se utilizan para transmitir por una red de televisión por cable. La oficina de TV por cable local, que se denomina extremo final del cable, cuenta con el sistema informático y las bases de datos necesarios para brindar acceso a Internet. El componente más importante que se encuentra en el extremo final, es el sistema de terminación de módems de cable (CMTS, *cable modem termination system*) que envía y recibe señales digitales de módem por cable a través de una red de cables.

1.5.3. REDES IP/MPLS ^[7]

Las redes privadas IP/MPLS combinan los beneficios de las *Overlay* VPNs y las *Peer-to-Peer* VPNs.

A semejanza del primer modelo de VPNs, ofrecen niveles de seguridad similares y la separación entre los distintos clientes; y como el segundo modelo, entregan la

flexibilidad de aprovisionamiento para el Proveedor de Servicios y la administración para el cliente y el proveedor.

Una red IP/MLS es implementada en la infraestructura del Proveedor de Servicio, lo que independiza al servicio de VPN del equipamiento y la carga administrativa por parte del cliente. Al no requerirse un *hardware* específico ni poderoso como CPE "*Customer Premise Equipment*" para realizar funciones complejas e intensivas como la encriptación y/o autenticación de los datos, se disminuyen fuertemente los costos de la solución.

Un dominio MPLS (figura 1.8) está conformado por: Enrutadores de Etiqueta de Frontera (LER - *Label Edge Router*) también conocidos como "PE" (*Provider Edge Router*); y Enrutadores de Conmutación de Etiquetas (LSR - *Label Switching Router*) también llamados "P" (*Provider Routers*).

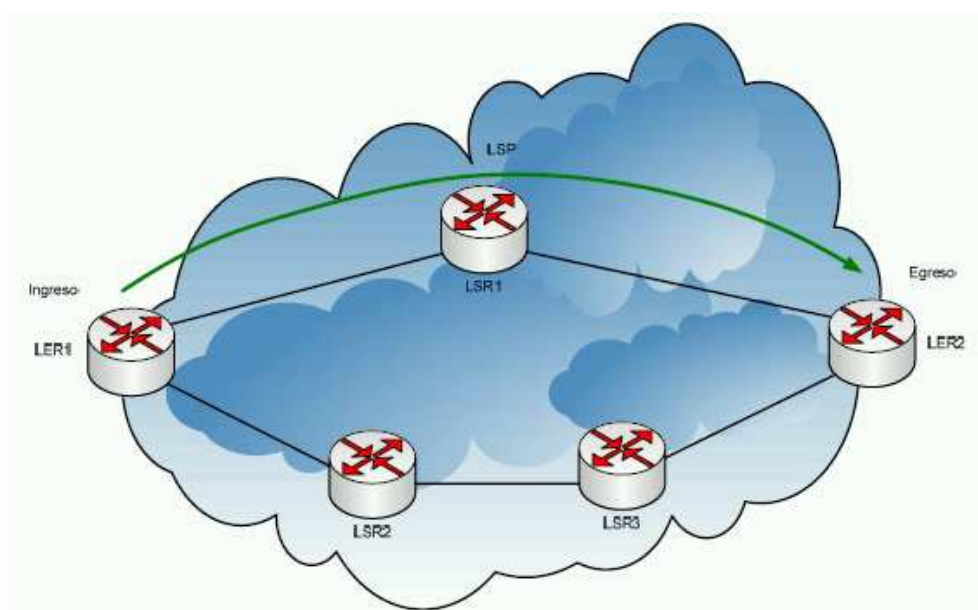


Figura 1.8 Arquitectura de una red MPLS.

Los LERs son Enrutadores de Conmutación de Etiquetas de Ingreso y Egreso (*Ingress/Egress LSR*), al estar ubicados en la entrada y salida de la red respectivamente, son dispositivos de gran velocidad y elevadas prestaciones, cuya función principal es procesar y gestionar el tráfico que entra y sale del dominio MPLS.

Los LSR son enrutadores de tránsito que se localizan en el núcleo del dominio y participan en el intercambio de información de establecimiento de los *Label Switched Paths* (LSP).

La conexión virtual recibe el nombre de Trayecto Conmutado de Etiqueta (LSP-*Label Switched Path*), que funcionalmente es equivalente a los circuitos virtuales de ATM y *Frame Relay*. MPLS aprovecha esta característica del establecimiento de trayectos virtuales, para aplicar parámetros de ingeniería de tráfico y QoS a diferentes tipos de servicios.

Cuando un paquete IP entra al dominio MPLS, el LER de entrada analiza su cabecera y dependiendo de su información de destino, tipo de tráfico, etc. lo asocia a una Clase Equivalente de Envío (FEC – *Forwarding Equivalent Class*).

La FEC es un conjunto de paquetes con características comunes, que son transmitidos a través de un mismo LSP, aún cuando los destinos de dichos paquetes sean diferentes. De acuerdo con la clasificación del paquete, se le asigna una etiqueta MPLS, que es un identificador de longitud fija y corta, asociado a la ruta que el paquete deberá tomar para alcanzar el nodo de salida.

En cuanto a la información de enrutamiento, el Proveedor de Servicio mantiene un conocimiento total de todos los sitios de la red y de manera ágil y dinámica, se le informa a los enrutadores de lado del cliente (CEs). Existiendo distintas alternativas: BGP, RIP, OSPF; de esta forma la carga administrativa compleja que implica el control de enrutamiento en el lado del cliente, se transforma en algo sencillo, preciso y eficiente.

En relación a los niveles de seguridad entregados, una red IP/MPLS puede ser comparada con los métodos tradicionales como los circuitos virtuales de *Frame Relay* o ATM. Cabe aclarar que en ninguno de estos casos la encriptación de los datos está implícita.

Todos estos beneficios determinan una óptima relación costo/beneficio, manteniendo un alto grado de rendimiento, siendo flexible y escalable para futuras necesidades, soportando distintas Clases de Servicio (CoS) y sobre todo entregando la seguridad requerida para una solución de VPN.

1.5.4 VSAT¹¹

VSAT son las siglas de “Terminal de Apertura Muy Pequeña” (del inglés, *Very Small Aperture Terminal*).

Los sistemas VSAT son redes de comunicación por satélite, que permiten el establecimiento de enlaces entre un gran número de estaciones remotas con una estación central, normalmente llamada *Hub*.

Entre sus características se tienen:

- Facilidad y rapidez para la puesta en operación y la incorporación de nuevas terminales.
- Coste de los circuitos independiente de la distancia.
- Acceso a lugares donde no está disponible otra infraestructura terrestre, ya sea por razones físicas o económicas.
- Flexibilidad para la reconfiguración del tráfico, sea crecimiento, disminución o reasignación.
- Alta calidad y disponibilidad de los enlaces.
- Gestión centralizada y dependencia de un único Operador de Servicios.
- Costes de terminales en clara disminución.
- Pueden funcionar en bandas C, Ku o Ka; siendo más sensibles a las condiciones meteorológicas, cuanto más alta es la frecuencia de la portadora.
- Las antenas montadas en los terminales son de pequeño tamaño: menores de 2.4 metros, típicamente 1.3 metros.

¹¹ FUENTE: www.hispasat.com

CAPÍTULO 2

LA RED INFORMÁTICA DEL MAE

2.1 ANÁLISIS DE LA RED INFORMÁTICA DEL MAE

2.1.1 PLANTA CENTRAL

Las oficinas de la planta central del Ministerio del Ambiente se encuentran en la ciudad de Quito, en el edificio del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Desde la Unidad de Recursos Tecnológicos se administra la red informática interna del Ministerio del Ambiente.

La red de área local del MAE está conformada por alrededor de 128 computadoras, la gran mayoría de las cuales tienen un procesador Intel Pentium IV. El cableado estructurado es UTP categoría 5 y se dispone de 300 puntos de red.

El servicio de Internet se brinda a los trabajadores de la planta central, mediante la contratación del proveedor de servicio “Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), el mismo que provee un enlace dedicado de fibra óptica de 1024 kbps.

La Institución cuenta con los siguientes servidores:

- Un servidor de publicación del sitio Web con bases de datos ORACLE 9i, que se encuentra ubicado en la oficina de ECUANET. Se accede al mismo con una velocidad de 512 kbps. a través de su página electrónica: <http://www.ambiente.gov.ec/>.

- Un servidor de correo electrónico, que brinda este servicio a los empleados de la planta central del MAE.
- Dos servidores de aplicaciones, orientados al trabajo en el área financiera.
- Un servidor de dominio para la red interna local.

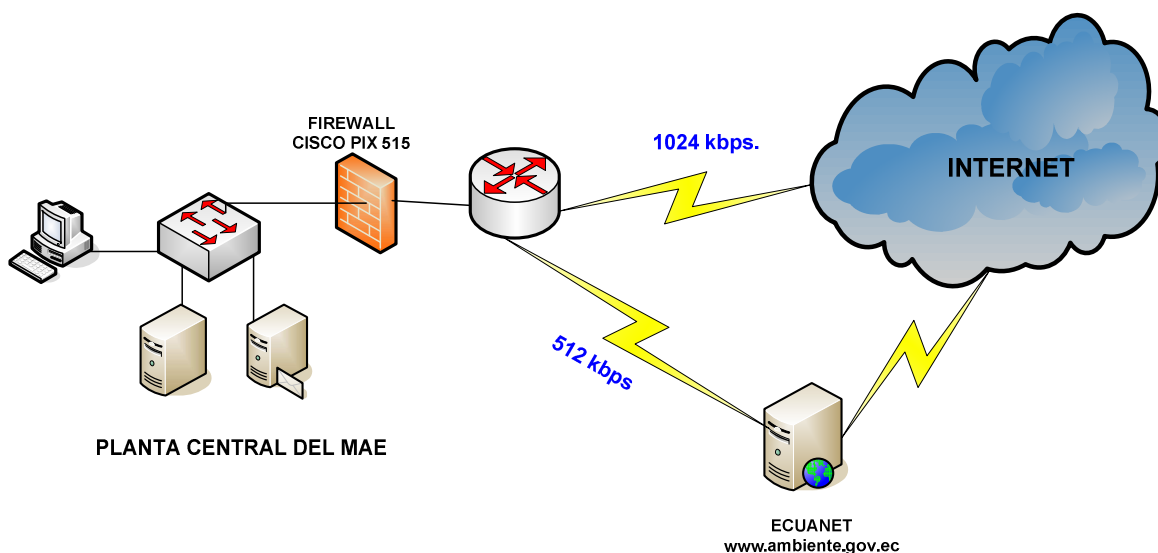


Figura 2.1 Esquema de la Infraestructura Tecnológica del MAE.

El personal que trabaja en la planta central del Ministerio del Ambiente cuenta con todas las facilidades tecnológicas para sus tareas de oficina: en general cada empleado dispone de una computadora Pentium IV o superior, la misma que es utilizada básicamente para programas de *Microsoft Office*, como el procesador de palabras, la hoja de cálculos y *Power Point* para realizar presentaciones.

La velocidad de acceso a Internet es adecuada, ya que los trabajadores se conectan de manera rápida a las páginas Web. El MAE cuenta con un enlace dedicado de 1024 kbps. La red de área local cuenta con los suficientes puntos de red para solventar las necesidades actuales y futuras, además se comparten recursos esenciales como impresoras.

Pero el Ministerio del Ambiente está incomunicado con sus oficinas regionales, por lo que se hace necesario el estudio y la implementación de una red de comunicaciones, con el fin de que los empleados de las oficinas remotas puedan acceder al servidor del SIG SNAP que se implementará en planta central.

2.1.2 OFICINAS REGIONALES

El Ministerio del Ambiente está conformado por 10 Distritos Regionales, cada uno de ellos conformado por una oficina sede de Distrito y por oficinas de Áreas Protegidas. Cada oficina sede de Distrito Regional forma individualmente una red de área local, con un promedio de 10 computadoras y cuentan con el servicio de Internet (ver tabla 2.2).

En la tabla 2.3 se presenta la ubicación de las oficinas de las Áreas Protegidas que conforman el SNAP.

No existe una interconexión entre las oficinas regionales y el Ministerio del Ambiente, la misma que se hace necesaria en los tiempos actuales, debido a que se están realizando consultorías orientadas al diseño de aplicaciones Web que son de utilidad, tanto en planta central como en las oficinas regionales.

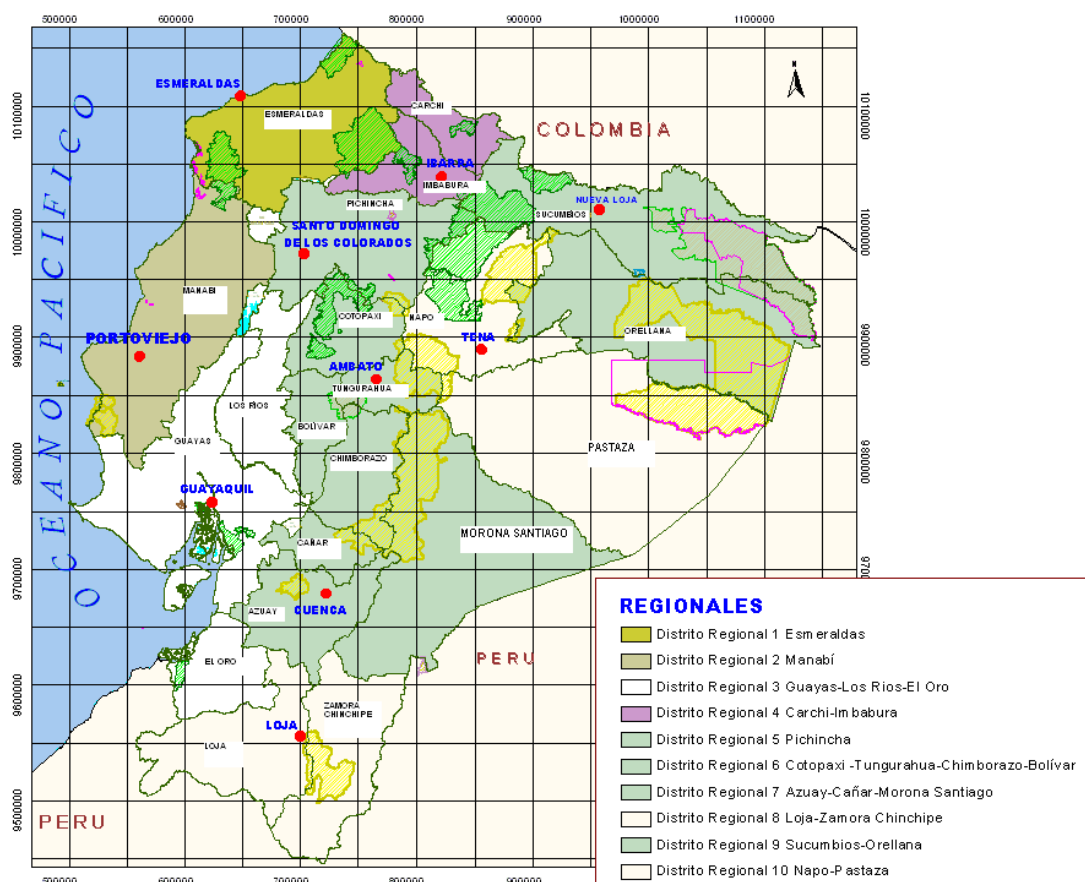


Figura 2.2 Mapa de los Distritos Regionales del MAE.

DISTRITO REGIONAL	SEDE	No. de empleados
Esmeraldas	Esmeraldas	46
Manabí	Portoviejo	30
Guayas, El Oro y Los Ríos	Guayaquil	55
Carchi e Imbabura	Ibarra	32
Pichincha	Quito	33
Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar	Ambato	66
Cañar, Azuay y Morona Santiago	Cuenca	36
Loja y Zamora Chinchipe	Loja	32
Sucumbíos y Orellana	Lago Agrio	34
Napo y Pastaza	Tena	34

Tabla 2.1 Número de empleados que laboran en cada Distrito.

En la tabla 2.2 se observa la capacidad de acceso a Internet contratada actualmente y la empresa proveedora de este servicio, en cada oficina sede de Distrito Regional del MAE.

SEDE DE REGIONAL	Capacidad (kbps.)	ISP
Esmeraldas	256	CNT
Portoviejo	256	CNT
Guayaquil	512	CNT
Ibarra	512	CNT
Planta Central	1024	CNT
Ambato	128	CNT
Cuenca	128	ECUANET
Loja	56 (<i>Dial-up</i>)	CNT
Lago Agrio	512	CNT
Tena	512	CNT

Tabla 2.2 Conexión a Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.

ÁREA PROTEGIDA	OFICINA
Parque Nacional Cajas	Cuenca
Parque Nacional Cotopaxi	Latacunga
Parque Nacional Galápagos	Isla Santa Cruz
Parque Nacional Llanganates	Baños
Parque Nacional Machalilla	Portoviejo
Parque Nacional Podocarpus	Loja
Parque Nacional Sangay	Riobamba y Macas
Parque Nacional Sumaco	Tena
Parque Nacional Yasuní	Coca
Reserva Ecológica Limoncocha	Lago Agrio
Reserva Biológica Marina Galápagos	Isla Santa Cruz
Reserva Ecológica Antisana	Quito
Reserva Ecológica Arenillas	No tiene
Reserva Ecológica El Ángel	El Ángel
Reserva Ecológica Cayambe Coca	Cayambe
Reserva Ecológica Cayapas Mataje	San Lorenzo
Reserva Ecológica Cofán Bermejo	Quito
Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas	Esmeraldas/Cotacachi
Reserva Ecológica Los Ilinizas	Latacunga
Reserva Ecológica Mache Chindul	Esmeraldas
Reserva Ecológica Manglares Churute	Guayaquil
Reserva Geobotánica Pululahua	Quito
Reserva Faunística Chimborazo	Quito
Reserva Faunística Cuyabeno	Lago Agrio
Reserva de Producción de Fauna Manglares del Salado	Guayaquil
Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	Quito
Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Muisne	Muisne
Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón	No tiene
Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	No tiene
Refugio de Vida Silvestre La Chiquita	San Lorenzo
Área Nacional de Recreación El Boliche	Latacunga
Área Nacional de Recreación Parque-Lago	Guayaquil
Parque Binacional El Cóndor	No tiene
Refugio de Vida Silvestre El Zarza	Quito
El Quimi	Quito

Tabla 2.3 Ubicación de las oficinas de Áreas Protegidas.

Para conocer de una mejor manera la realidad tecnológica de una regional, se visitó a la ciudad de Ibarra (sede del Distrito Regional 4: Carchi-Imbabura) y a la oficina de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas.

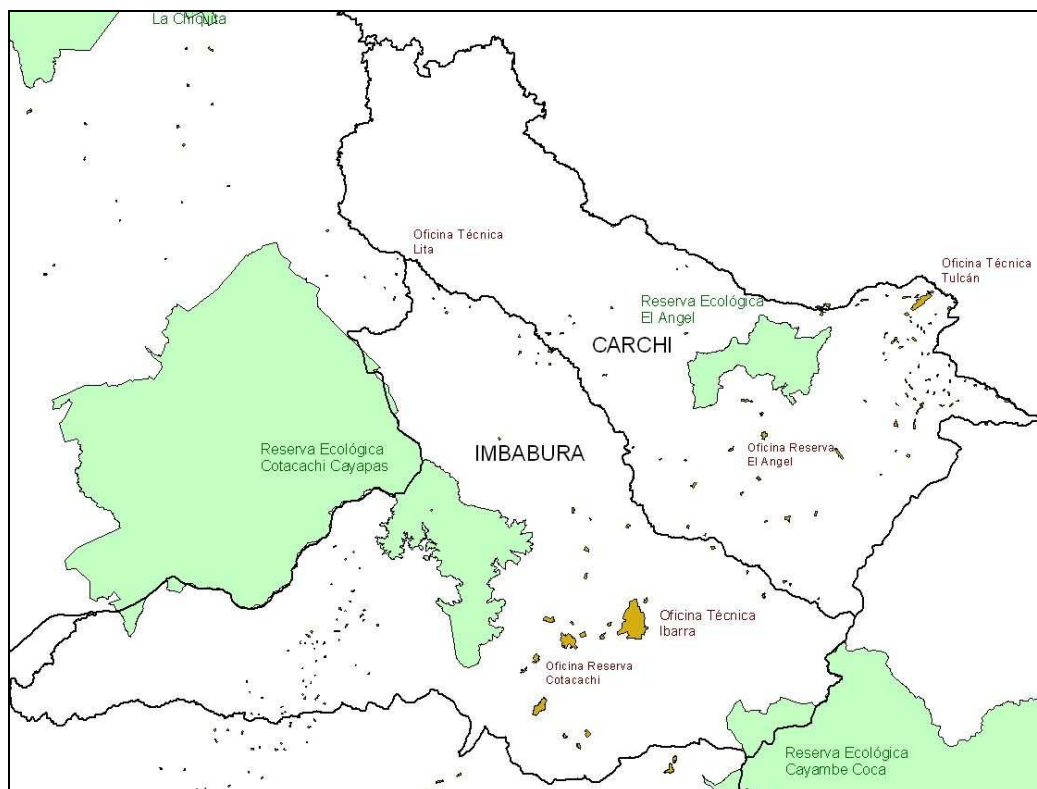


Figura 2.3 Mapa del Distrito Regional Carchi- Imbabura.

En la figura 2.3 se observa el mapa del Distrito Regional 4, en el que se tiene:

- Dos Áreas Protegidas: Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y Reserva Ecológica El Ángel.
- Oficinas Técnicas: Localizadas en Tulcán, Ibarra y Lita.
- Oficina de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, localizada en Cotacachi.
- Oficina de la Reserva Ecológica El Ángel, localizada en El Ángel.

En la ciudad de Ibarra se localiza la oficina del Ministerio del Ambiente. Los trabajadores cuentan con 10 computadoras, las mismas que forman parte de una red de área local 10/100 Mbps. Además cuentan con el servicio de Internet de 512 kbps.

El Ing. Segundo Fuentes, Director de la Regional, expresó la necesidad de que todas las oficinas deberían estar en red, ya que de esta manera se podría

compartir información y recursos, siendo una herramienta importante para su desempeño profesional.

En cuanto al Sistema de Información Geográfica en línea, explicó que allí laboran ingenieros forestales que manejan equipos GPS y están capacitados para el manejo de la cartografía, por lo que la implementación del Sistema sería de gran utilidad para su labor.

También se visitó la oficina de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, cuyo responsable es el Ing. Vicente Encalada, allí laboran 7 personas: una contadora administrativa y 6 guarda parques, los mismos que continuamente están patrullando la reserva.

La oficina de esta reserva cuenta con un espacio amplio, tienen dos computadoras de escritorio y una portátil, las mismas que se usan para llevar la contabilidad y para la elaboración de informes. Únicamente la computadora de la contadora tiene acceso a Internet.

También poseen dos GPS marca Garmin GPSmap 60 Cx, los cuales les sirven para planificar las rutas. Según la opinión del guarda parques, Sr. Hugo Encalada, sería de gran ayuda para su labor la implantación del Sistema de Información Geográfica en línea, pero previamente deberían capacitarles en su uso.

Cabe resaltar que en la zona de amortiguamiento de la reserva, se encuentra el sector de Intag, el mismo que presenta muchos conflictos debido a que las empresas mineras quieren explotar ese territorio y por esta razón muchas comunidades se oponen ya que causaría daño ambiental. Además en el sector de Lita se presentan invasiones de tierras y deforestación.

Ya que es una zona ecológica que debe ser protegida, se ve la necesidad de que los guarda parques cuenten con los mapas digitales de la zona, de manera que puedan consultar los límites de la reserva con exactitud y tener una guía que les permitirá afrontar los problemas de invasiones y deforestación.

2.1.3 CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

En la Dirección de Planificación del MAE, ubicada en planta central, se encuentra la infraestructura física del Centro de Información Ambiental (CIAM), que ocupa los siguientes espacios:

- Un laboratorio de Sistemas de Información Geográfica.
- Una adecuación de espacio para la ubicación del Servidor Web para las aplicaciones de SIG en línea.
- Una oficina de administración del SIG y atención al público.

El Ing. Forestal Milton Arsiniegas Fuertes, Especialista en Sistemas de Información Geográfica, actualmente se desempeña como Líder de Sistemas de Información. En tanto que el Dr. Mario Andino Escudero, desempeña las funciones de Miembro de Equipo del Proceso de Sistemas de Información.

Los equipos con los que cuenta el CIAM se enumeran en la tabla 2.4

Cantidad	Descripción
1	Equipo multifuncional Hewlett Packard c800ps a colores, equipado con scanner A0, plotter A0 y copiadora A0.
1	Plotter Hewlett Packard 750c Plus, formato A0.
2	Impresora a color Hewlett Packard, formato A4 y A3.
1	Computadora Compaq EVO Pentium IV.
1	Computadora Intergraph Computer System Pentium II, donde funciona la Estación Base Trimble.
1	Estación Base Trimble, equipada con software para Windows, antena instalada en la terraza del Edif. MAG.
2	Mesas digitalizadas, formato A0.
2	GPS Trimble GeoExplorer III con precisiones de 2 a 5 metros de error.

Tabla 2.4 Equipos presentes en el CIAM.

Número de Licencias	Descripción de la Licencia
3	software ArcInfo Workstation para SIG.
1	software ArcView 3.1 para SIG.
1	software Erdas 8.1.2 para procesamiento de imágenes de satélite.
1	software PCI para procesamiento de imágenes de satélite.
1	software MapINFO para SIG.
1	software Trimble Referente Station para el manejo de la estación Base para GPS Trimble.
1	software Pathfinder Office 3.0 para corrección diferencial de los GPS Trimble.
1	extensión de ArcInfo, ArcSDE para la administración de las bases de datos espaciales.
1	extensión de ArcInfo, ArcIMS 9.2 para publicar la información espacial ambiental del MAE en Internet.
1	software vectorizador R2V para digitalizar cartas topográficas escaneadas.
2	extensiones de ArcInfo, 3D Analyst y Spatial Analyst para análisis espaciales.

Tabla 2.5 Software legalizado con el que cuenta el CIAM.

Adicionalmente cada computadora cuenta con Licencias del Sistema Operativo Windows 2000 en español, y Office XP en español.

2.2 LA NECESIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA EL SNAP

La información que genera y requiere el SNAP es muy extensa, debido a la extensión geográfica de las Áreas Protegidas y a la increíble diversidad biológica que éstas albergan. La información envuelve disciplinas y escenarios muy variables, con condiciones heterogéneas, tanto sobre los recursos naturales de las áreas como sobre aspectos sociales, económicos y de gestión.

Esta información exige de un tratamiento a fin de dar respuestas concretas a varias interrogantes, tales como: protección y conservación de las áreas, impactos de los planes y programas aplicados en ellas, amenazas y/o vulnerabilidad. El manejo de la información requerirá de acceder a las fuentes de información, analizarla y ponerla a disposición de los usuarios.

La gestión del SNAP, exige que el MAE como rector del mismo, debe especializarse entre otras acciones en actividades de soporte de información integral, actividades de monitoreo y regulación en el uso de los recursos ambientales y la gestión de los mismos.

El sector público se constituye en el principal generador de información para los diversos componentes del SIG-SNAP. Dentro del sector público, el Ministerio del Ambiente es el eje central en la generación de información referente al SNAP; además son importantes generadores de información, las ONG y demás fundaciones privadas.

2.3 EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL SNAP

El SIG-SNAP es un sistema que permite la gestión de las Áreas Protegidas, basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). El MAE a través de su Unidad de Sistemas de Información, en la que se encuentra el Centro de Información Ambiental (CIAM), dispone de un gran volumen de datos relacionados con las Áreas Protegidas.

Este sistema contribuirá a la preparación, implementación y evaluación de los procesos y proyectos del SNAP. Atendiendo aspectos como: el manejo de una base de datos geográfica, captura y edición de geodatos, consultas gráficas y alfanuméricas, manejo y generación de mapas temáticos, entre otros. En este sentido tiene como objetivos generales los siguientes:

- Contar con información de alta calidad, actualizada y sistematizada, que aporte a la toma de decisiones para una gestión efectiva del SNAP.
- Integrar la información del SNAP bajo una plataforma estándar de información georeferenciada estandarizada y documentada, conformando una base de datos única, que integre información georeferenciada de las Áreas Protegidas.
- Generar y entregar regularmente productos georeferenciados prioritarios, como mapas e indicadores.
- Desarrollar procedimientos, métodos y modelos, que permitan la integración de información de las áreas protegidas, a fin de facilitar la generación de productos.
- Mantener su operación de manera integrada en toda la estructura que conforman el SNAP y el MAE.
- Difundir la información del SNAP de manera georeferenciada, facilitando el acceso a usuarios de consulta a través de aplicaciones.

La interfaz de usuario comprende herramientas manejadas por un menú fácil e interactivo (ver figura 2.4).

Cuatro formas de presentación destacan en la información que brinda el SIG-SNAP:

- a. Información documental
- b. Información tabular
- c. Información gráfica
- d. Información cartográfica



Figura 2.4 Pantalla Principal del SIG-SNAP.

a. Información documental

Constituye la información de texto de las memorias e informes técnicos que forman parte de los planes de manejo, actualizaciones de planes de manejo, investigaciones complementarias y reportes. Se destacan los diagnósticos, caracterizaciones, detalle de programas y actividades, procesos aplicados y resultados obtenidos en ellos.

Forman parte de esta información:

- Información de soporte, explicativa e interpretativa a la información cartografía temática.
- Información detallada en los reportes de las áreas del SNAP.
- Formularios de inspección de campo.
- Informes anuales, mensuales y semanales de actividades (sistema de planificación, monitoreo y evaluación): fecha, descripción de la actividad, participantes, recursos utilizados, nombre del responsable.

b. Información tabular

Es la información sistemática presentada en forma de tablas y/o cuadros. Representa de manera general:

- Estadísticas o series meteorológicas: cuadros y/o tablas con los valores de los registros de estaciones meteorológicas y/o pluviométricas y/o hidrométricas, sobre parámetros meteorológicos e hidrológicos.
- Determinaciones analíticas de suelos: cuadros y/o tablas con datos que representan los valores de parámetros físico-químicos de perfiles representativos de suelos.
- Determinaciones analíticas sobre calidad de las aguas: cuadros y/o tablas con datos que presentan los valores de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de muestras de agua.
- Estadísticas de variables socioeconómicas: cuadros y/o tablas con valores de: censos de población, datos demográficos, datos de producción y catastros rurales.

c. Información gráfica

Constituye la información en fotos, figuras, croquis, gráficos, que pueden representar estadísticas, esquemas, registros fotográficos, entre otros; utilizados para sustentar de manera visual la información estadística, diagnóstica o espacial, sin escala.

d. Información cartográfica

La cartografía es el resultado del levantamiento de información sobre las características geográficas a diversas escalas de referenciación espacial, definidas por el grado de detalle de su información.

Las diferentes temáticas abordadas por esta cartografía, permiten un mejor acercamiento al conocimiento de los recursos ambientales y los factores de uso,

lo cual resulta fundamental para la producción de estadísticas e indicadores ambientales, que a su vez apoyan las actividades de evaluación y seguimiento de las políticas ambientales. Esta información es de dos tipos:

d.1) Información cartográfica básica

Son mapas o cartas que contienen la información topográfica básica, para que un fenómeno o hecho especial que se inserte por su tema, guarde relación en cuanto a ubicación, orientación y posición geográfica.

Estos documentos reflejan de manera representativa las relaciones de una selección de diferentes accidentes geográficos. Los accidentes tales como carreteras, vías férreas, asentamientos, cursos de agua, elevaciones, líneas de costa y frontera, son típicamente señalados.

Estos mapas o cartas se construyen cuidadosamente por métodos fotogramétricos. Se presta una gran atención a la exactitud de la situación de los accidentes, ya que en algunos casos estos mapas tienen la validez de un documento legal.

Estos son típicos productos que pueden ser considerados la base sobre la que se construye otros mapas o estudios relacionados (coberturas temáticas). Comprenden los denominados Mapa Base de las áreas del SNAP.

En general la información cartográfica básica para las Áreas Protegidas, presenta los siguientes parámetros cartográficos:

Proyección	Universal Transversa de <i>Mercator</i> .
Elipsoide	Internacional.
Datum Horizontal	El provisional para América del Sur 1956. La Canoa – Venezuela.
Datum Vertical	Nivel medio del mar. Estación mareo gráfica: La Libertad, Guayas.
Zona	17 (costa y sierra) y 18 (oriente).

Tabla 2.6 Parámetros de la Información Cartográfica para las Áreas Protegidas.

d.2) Información cartográfica temática

Constituyen documentos cartográficos que hacen énfasis en un determinado aspecto, ya sea físico, biótico, económico o humano, que se representan con cierto grado de detalle, según su finalidad y uso.

Incluyen mapas o cartas sobre los siguientes temas:

- **Clima:** Los datos sobre este elemento, están relacionados a las características y distribución (temporal y espacial) de los factores del clima, tales como: precipitación (isoyetas), temperatura (isotermas), heliofanía (isohelias), zonas climáticas, zonas bioclimáticas.
- **Suelo:** Los datos cartográficos están referidos a: agrupación taxonómica (unidades de suelos) y unidades agrológicas.
- **Hidrología:** Los datos cartográficos sobre este componente, están relacionados a la red hidrográfica y a la delimitación de cuencas hidrográficas.
- **Vegetación:** Los datos cartográficos incluyen: clases de cobertura vegetal natural (unidades espaciales), clases de uso del suelo: bosques, pastizales, cultivos (unidades espaciales).
- **Socioeconomía:** Información espacial sobre los elementos humanos que intervienen sobre el ambiente natural, las actividades agro productivas, las alteraciones, modificaciones o cambios en el ambiente natural.

En cuanto a la escala, la cartografía presentada en los planes de manejo de las áreas del SNAP, tiene diversos valores: 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 y 1:250.000.

Estas escalas varían de acuerdo al Área Protegida y a la temática, ya que no existe una estandarización para la generación de cartografía en las áreas.

2.4 SERVIDORES DE SIG ^[8]

Los servidores de SIG se emplean frecuentemente en multitud de tareas dentro de un Sistema de Información Geográfica centralizado.

El *software* SIG se centraliza en servidores de aplicaciones para distribuir sus funcionalidades a un gran número de usuarios, a través de la red WAN, LAN o Internet.

Los usuarios de un Sistema de Información Geográfica corporativo acceden a servidores de SIG, a través de clientes de escritorio, clientes ligeros como navegadores Web o a través de dispositivos móviles.

Un servidor SIG permite varias funciones entre las que se tiene:

- Gestión de bases de datos SIG extensas.
- Distribución de información geográfica a través de Internet.
- Alojamiento de portales SIG, que permitan búsqueda y empleo de información geográfica.
- Alojamiento de funcionalidad SIG, a la que acceden multitud de usuarios de una organización.

Los servidores de SIG de ESRI (empresa líder mundial en diseño y desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica) cumplen requerimientos de las tecnologías de información y son íter-operables con otros programas empresariales como: Servidores Web, Sistemas de Gestión de Bases de Datos (DBMS), Java J2EE y Microsoft .NET.

ArcGIS ofrece tres tipos de servidores: ArcSDE, ArcIMS y ArcGIS Server.

El Sistema de Información Geográfica del SNAP (SIG-SNAP), ha sido diseñado para que su publicación Web se realice mediante el servidor *ArcIMS Server*, debido a varias razones:

- El *software* servidor de ESRI cumple con los estándares empleados en tecnologías de la información.
- Es el SIG recomendado por la Agencia Europea de Medio Ambiente, además es la línea seguida por el Servicio de Información y Documentación Ambiental desde su nacimiento.
- ArcIMS constituye una aplicación muy potente, escalable y basada en estándares, que permite de manera rápida y sencilla, diseñar y gestionar servicios de cartografía en Internet.
- Está diseñado para la distribución y difusión de información geográfica, mapas y servicios GIS, en entornos Internet / Intranet.
- Tal como se puede observar en la tabla 2.4, el CIAM cuenta con la licencia de la extensión de ArcIMS, para publicar la información geográfica del MAE en Internet.

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR ARC IMS SERVER ^{[9], [10]}

ArcIMS (*Internet Map Server*), permite la distribución de información geográfica vía Internet, así como la integración en tiempo real de datos procedentes de diferentes fuentes.

ArcIMS permite intercambiar, integrar y analizar datos geográficos. Los usuarios pueden combinar datos e información accesibles vía Internet, con los datos locales para la visualización, consulta y análisis.

Las características esenciales de ArcIMS son:

- Sencilla instalación, implementación y administración, mediante asistentes y plantillas.

- Capacidad para servir imágenes y vectores.
- Integra datos locales con datos de Internet.
- Sencilla administración y mantenimiento de los servicios publicados.
- Disponible para Windows NT y UNIX.
- Arquitectura del servidor altamente escalable.
- Representación cartográfica de alta calidad.

2.4.1.1 Arquitectura de ArcIMS

La tecnología del servidor de ArcIMS implementa una arquitectura multinivel. Dentro de ArcIMS se puede distinguir entre clientes, servicios y servidores de aplicaciones.

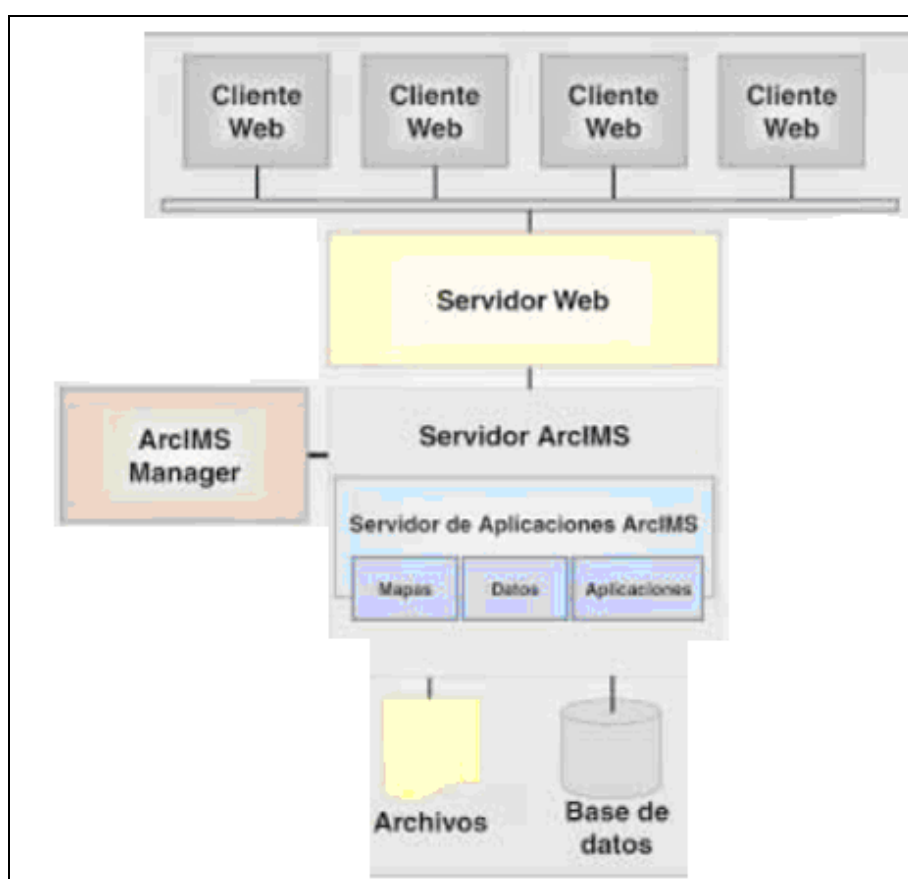


Figura 2.5 Arquitectura de ArcIMS.¹²

¹² FUENTE: <http://www.geotecnologias.com/Documentos/what-is-arcgis-spanish.pdf>

Los componentes del servidor ArcIMS incluyen:

- Servidor Espacial: Crea imágenes digitales de datos vector y *raster*. Posibilita el acceso a elementos geográficos y procesa consultas en la base de datos.
- Servidor de Aplicaciones: Maneja el balance de los procesos y demandas entrantes y mantiene un registro de los servicios de mapas ejecutados en los servidores espaciales.
- Conectores del Servidor de Aplicaciones: Conecta el servidor Web al servidor de Aplicaciones. ArcIMS provee tres tipos de conectores: Servlet (Java), ColdFusion y ActiveX (VB, ASP). Servlet es el conector estándar (aplicación Java en el Servidor) y utiliza ArcXML para comunicar el servidor Web con el servidor de Aplicaciones. Los conectores ActiveX y ColdFusion, trabajan con clientes propios y traducen su lenguaje interno a ArcXML.
- Administrador: Conjunto de asistentes de fácil uso para el manejo de todas las funciones y tareas relacionadas con el servidor. Existen asistentes para crear y manejar servicios de mapas, diseñar los mapas a publicar, crear los sitios Web que proveen el acceso al usuario y administrar los servidores espaciales.

2.4.1.2 ArcXML

La comunicación entre los diferentes componentes de ArcIMS se realiza a través del protocolo ArcXML, el cual es un derivado de XML (HTML extendido). Las etiquetas y atributos de ArcXML describen la estructura de:

- Configuración de servicios de mapas: Definen el contenido y el diseño de mapas a diseminar, incluyendo las capas de información espacial y su simbología.

- Consultas: Emplean un filtro a servicios de mapas existentes y especifican la parte del mapa y datos relacionados que va a ser procesado.
- Respuestas: Envían la información requerida al cliente.

2.4.1.3 Características del servicio de mapas

La herramienta de diseño de servicios de mapas guía al usuario en la creación de páginas Web y clientes. Para el desarrollo de los servicios de mapas básicos no es necesario programar o editar código HTML. El asistente funciona con diálogos amigables y crea los archivos necesarios al final de cada sesión.

ArcIMS incluye dos tipos de clientes: un visualizador HTML y un visualizador Java que difieren en su apariencia gráfica y funcionalidades. El cliente Java ofrece más funcionalidades, pero requiere de mayores recursos.

ArcIMS ofrece dos tipos de servicios de mapas:

- El Servidor de imágenes: que genera y transmite los mapas en formato JPEG, PNG o GIF a los clientes. Las imágenes cartográficas pueden ser creadas desde archivos *shape*, datos ArcSDE y diferentes tipos de datos *raster*.
- El Servidor de elementos geográficos: que transmite al cliente JAVA archivos *shape* y capas ArcSDE en formato comprimido. El cliente recibe al mismo tiempo instrucciones adecuadas para procesar los datos transmitidos.

Permite una funcionalidad más avanzada como: etiquetar a elementos geográficos en el cliente, cambiar la simbología del mapa, selección espacial en el lado del cliente, superposición de elementos geográficos procedentes de varios servidores de mapas o del sistema local, entre otras.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR ARCGIS SERVER [11]

A pesar de que el MAE no utilizará este servidor para la publicación del SIG-SNAP, vale la pena mencionar sus características básicas, porque a pesar de que en la actualidad es un servidor muy caro, presenta poderosas características.

ArcGIS Server es una plataforma completa, capaz de crear aplicaciones y servicios SIG profesionales, de manera de gestionar, visualizar y analizar información geográfica de manera centralizada.

ArcGIS Server ofrece las siguientes ventajas:

- Herramientas que permiten llevar una administración centralizada y crear aplicaciones Web y servicios.
- Soporte de estándares tanto del sector de los SIG (OGC), como del resto de Tecnologías de la Información (W3C).
- Capacidad para crear aplicaciones personalizadas en .NET o Java.
- Lógica de Negocio SIG en el servidor, desde un nodo centralizado provee acceso a funcionalidad SIG avanzada, como visualización de mapas (2D y 3D), ejecutar tareas de geoprocésamiento o cálculo de rutas, entre otras.

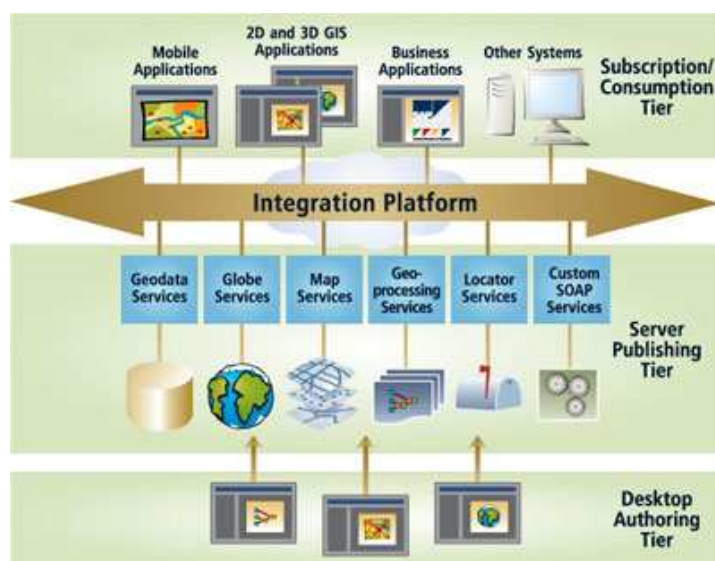


Figura 2.6 Arquitectura de ArcGIS Server.¹³

¹³ FUENTE: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisserver/>

CAPÍTULO 3

ALTERNATIVAS DE COMUNICACIÓN

3.1 LOS USUARIOS DEL SIG-SNAP

3.1.1 TIPOS DE USUARIOS

El SIG-SNAP es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones sobre información de las Áreas Protegidas. Por lo tanto el tipo de usuarios al que está orientado el sistema corresponde fundamentalmente a:

3.1.1.1 Usuarios Internos (Locales y Remotos)

Son aquellos que se encuentran en planta central del MAE y en sus oficinas ubicadas a nivel nacional. Dentro de este tipo de usuarios se pueden distinguir a los siguientes:

- Usuarios administradores: es el personal que administrará la base de datos espacial del sistema. Estas personas trabajan en la oficina del CIAM, debido al tipo de arquitectura centralizada que presenta el SIG-SNAP.
- Usuarios técnicos: tienen el carácter de expertos en temas relacionados con el SNAP y cuentan con experiencia en SIG, conforme lo indica su responsabilidad dentro de la estructura orgánica del MAE.
- Usuarios de consulta: tienen el carácter de ejecutivos por su función, jerarquía y responsabilidad dentro de la estructura orgánica de MAE. Por lo tanto son los Subsecretarios, Directores Departamentales, Jefes de Distritos y Jefes de Áreas Protegidas.

3.1.1.2 Usuarios Externos

Considerado el público en general, el cual tendrá acceso libre a la página Web del SIG-SNAP. Debido al contenido que presenta el sistema, éste será muy útil especialmente a Instituciones Públicas, Instituciones Privadas, Gobiernos Seccionales, Instituciones Educativas, ONG's, estudiantes secundarios y universitarios, entre otros.

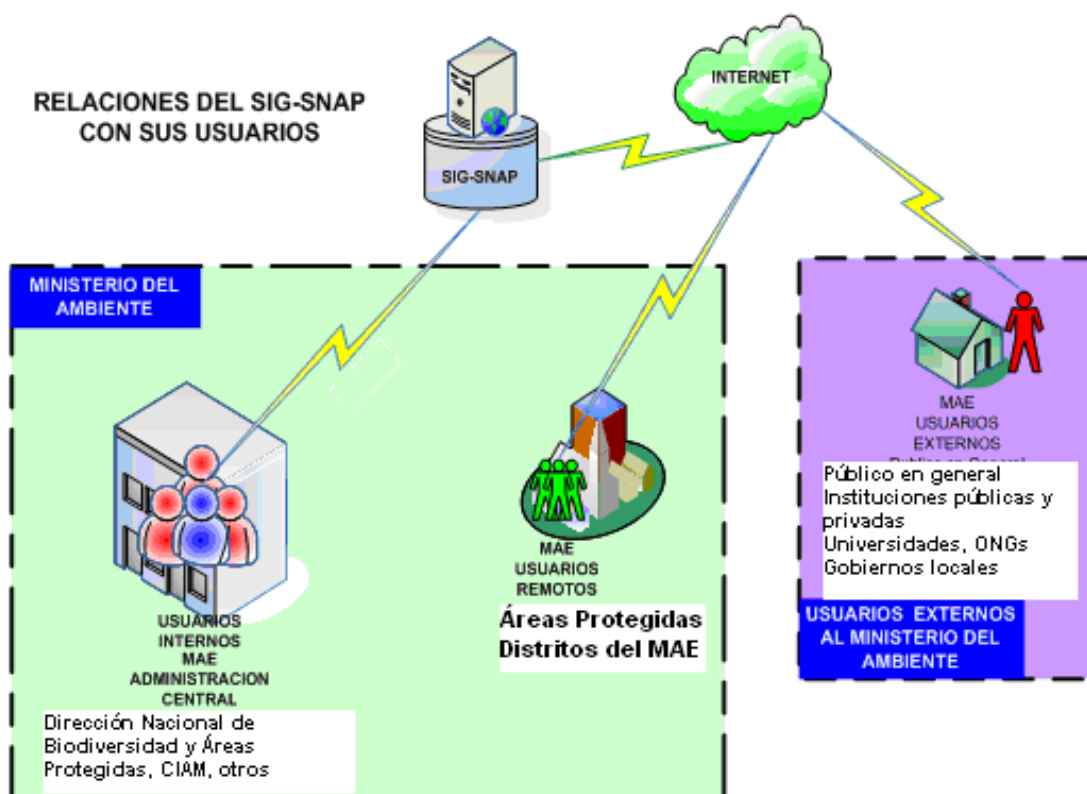


Figura 3.1 Relaciones del SIG-SNAP con sus usuarios.¹⁴

3.1.2 NECESIDADES DE LOS USUARIOS

3.1.2.1. Usuarios Administradores

Para facilitar su operación, la Administración del SIG-SNAP cuenta con tres procesos operativos:

¹⁴ FUENTE: Centro de Información Ambiental del MAE.

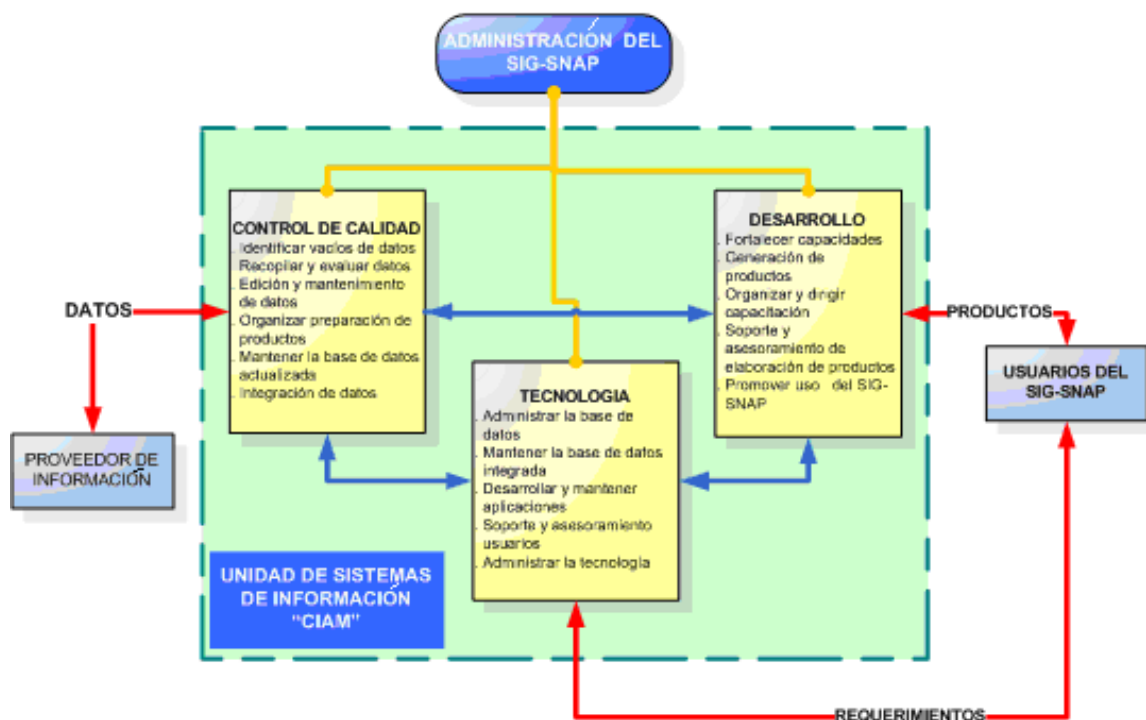


Figura 3.2 Funciones de los Usuarios Administradores del SIG-SNAP.¹⁵

- **Control de Calidad:** Responsable de fiscalizar los datos generados y que éstos cumplan con las normas, estándares y aspectos técnicos definidos para el SIG-SNAP. Dentro de sus funciones se encuentran la de mantener actualizada la base de datos del sistema.
- **Tecnología:** Su responsabilidad está enfocada en garantizar aspectos de seguridad, administración e integración de las bases de datos, como también el desarrollo y mantenimiento de aplicaciones de usuario que formarán parte del SIG-SNAP.
- **Desarrollo:** Su responsabilidad es la de promover el uso eficiente de los productos y servicios del SIG-SNAP. Como funciones específicas tiene: formular requerimientos para la preparación de productos en coordinación con los clientes, fortalecer las capacidades del sistema, organizar y ejecutar la estrategia de capacitación para los usuarios internos y externos del SIG-SNAP, entre otras.

¹⁵ FUENTE: Centro de Información Ambiental del MAE.

Se puede concluir que los usuarios administradores tienen una importancia primordial en la implementación, desarrollo y administración del SIG-SNAP. Estos usuarios accederán directamente a la base de datos y al servidor central de SIG, a través de la red de área local del MAE.

Las ventajas de esta configuración radican en que la velocidad de acceso de los usuarios administradores será igual a la de una red Fast Ethernet, el personal realizará sus actividades en un ambiente centralizado, por lo tanto, pueden compartir recursos y conocimientos.

Adicionalmente tan solo los usuarios de la red de área local tendrían un acceso directo al servidor, siendo la configuración que brinda mayores seguridades.

3.1.2.2 Usuarios Técnicos

Los usuarios técnicos son aquellos que tienen experiencia en el manejo de SIG y su trabajo está relacionado con el SNAP.

Según la estructura orgánica funcional del MAE, son considerados como usuarios técnicos los profesionales expertos en SIG que trabajan en el CIAM, la Dirección de Biodiversidad y Áreas Protegidas, la Dirección Nacional Forestal y la Dirección de Prevención de la Contaminación. Todos estos usuarios laboran en planta central del MAE y accederán al SIG-SNAP por medio de la red de área local.

En las oficinas regionales del MAE trabajan funcionarios que están dentro de la categoría de usuarios técnicos, debido a que su labor está orientada a la supervisión de las Áreas Protegidas que se encuentran bajo el control de su Distrito.

Como se explicó en el capítulo 2, una oficina regional típica forma una red de área local con alrededor de 10 computadoras; para el presente análisis se considerará que el acceso al SIG-SNAP se realizará desde una computadora por cada oficina remota, ya que se conoce que en cada oficina remota labora un técnico en SIG. Por lo tanto, sumando el número de las sedes de los Distritos Regionales, más el número de oficinas de Áreas Protegidas que no tienen su ubicación, ni en planta

central, ni en las oficinas sedes de Distrito Regional, se consideran a 20 usuarios técnicos remotos.

ArcIMS soporta dos tipos de cliente: el cliente ligero HTML, que es el cliente que no tiene experiencia en los SIG y el cliente Java, que es el cliente que analiza y explota las aplicaciones SIG. Por lo tanto, los usuarios técnicos serán clientes Java y además de las funcionalidades básicas que brinda el servidor a sus clientes, dependiendo del diseño de la aplicación podrán:

- Conectarse a servicios de mapas en formato de imágenes o en formato vectorial inteligente, posibilitando la realización de una multitud de operaciones en la parte del cliente, sin necesidad de realizar continuas llamadas al servidor.
- El cliente Java dispone además de la posibilidad de incorporar datos locales (en formato shape o de un servidor ArcSDE) junto con datos de Internet en la misma vista.

3.1.2.3 Usuarios de Consulta y Usuarios Externos

Como se mencionó anteriormente estos usuarios no tienen un conocimiento avanzado de SIG, pero podrán realizar consultas sobre el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Las necesidades que tienen son las siguientes:

- Acceder a una herramienta que facilite la toma de decisiones en sus actuaciones públicas o que sea una fuente de consulta en el caso de los estudiantes.
- Acceso a la última información disponible e integrada del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

Para estos usuarios, las herramientas SIG en Internet apoyan la visualización de mapas y datos sobre el SNAP, utilizando *software* de navegadores comunes.

Gozarán de las funcionalidades de ArcIMS y dependiendo del diseño de la aplicación podrán:

- Navegar por el mapa cartográfico: acercar, alejar, desplazar.
- Consultar datos espaciales y sus atributos.
- Activar y desactivar capas, así como interactuar con la leyenda.
- Medir distancias sobre el mapa.
- Localizar coordenadas, entre otras funcionalidades.

3.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA RED ^[12]

La empresa ESRI, en su documento de referencia técnica “*System Design Strategies*”¹⁶, sugiere una metodología de diseño que promueve el desarrollo satisfactorio de un SIG. Esta metodología, la misma que se considera para el diseño de la red del MAE, provee recomendaciones específicas para las soluciones de *hardware*, *software* y dimensionamiento de la red de comunicaciones basadas en las necesidades de los usuarios.

3.2.1 ALTERNATIVAS DE CONFIGURACIÓN

Un sistema de información geográfico puede ser implementado mediante una configuración centralizada o una configuración distribuida.

La configuración centralizada es el tipo de arquitectura más simple soportada por una base de datos central de SIG (ver figura 3.3). Los usuarios acceden a la información por medio de una red área local, como también a través de una red de área extendida. El MAE adoptará éste tipo de configuración para implementar el SIG-SNAP, debido a que simplifica la administración, asegura la integridad de los datos y es más económica.

¹⁶ PETERS Dave, *System Design Strategies*, ESRI, agosto 2008.

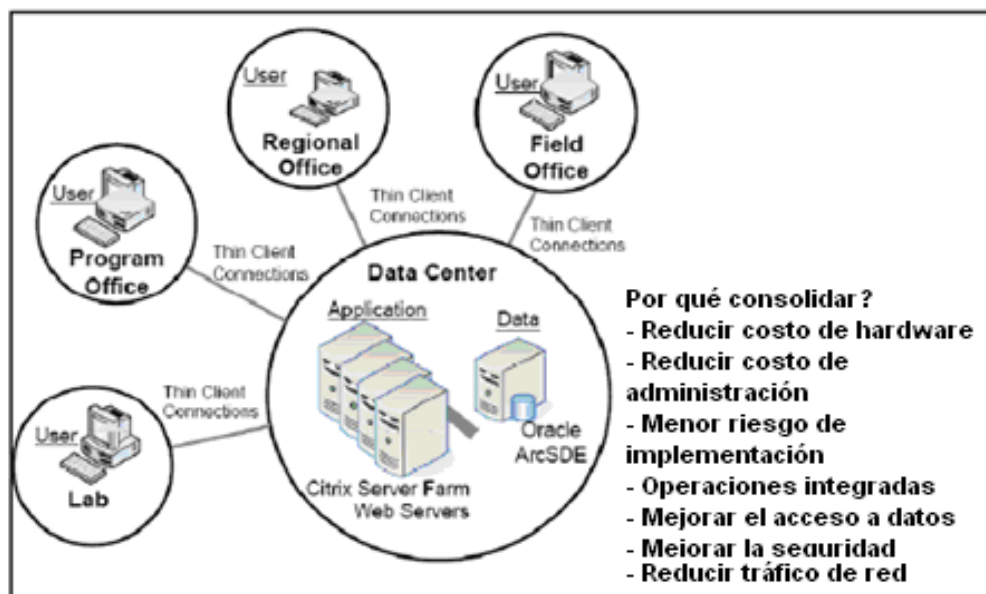


Figura 3.3 Arquitectura centralizada de SIG.¹⁷

En la figura 3.4 se presenta una configuración distribuida, la cual es implementada con copias de la base de datos en locaciones remotas, estableciendo de esta manera nodos de procesamiento locales, los cuales deben ser consistentes con la base de datos central. Como desventajas se tiene al incremento en el costo inicial del sistema (mayores requerimientos de hardware y software) y la administración y mantenimiento adicional en cada nodo.

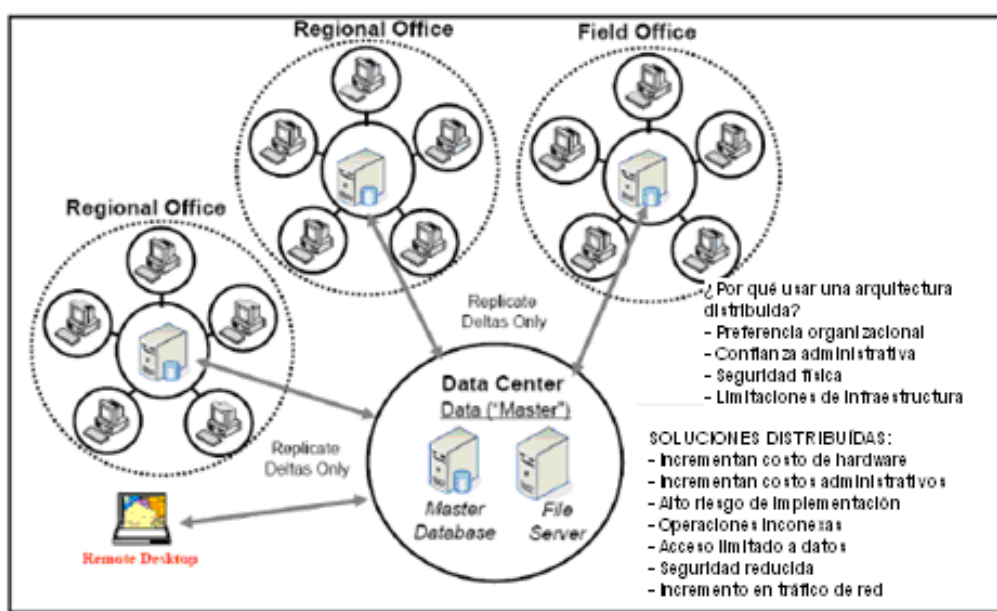


Figura 3.4 Arquitectura distribuida de SIG.¹⁸

¹⁷ y ¹⁸ FUENTE: PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, agosto 2008.

3.2.2 COMUNICACIÓN CLIENTE-SERVIDOR

En la comunicación cliente-servidor, los sistemas servidores satisfacen las peticiones generadas por los sistemas clientes.

En el caso del SIG-SNAP, el servidor geográfico ArcIMS es un servidor de transacciones, también llamado sistema servidor de consultas. El mismo que proporciona una interfaz a través de la cual los clientes pueden enviar peticiones para realizar una acción que el servidor ejecutará y cuyos resultados se devolverán al cliente.

Un usuario envía una petición de servicio a ArcIMS y luego obtiene una respuesta. Siempre que un nuevo mapa es solicitado, una transacción es inicializada. Siempre que una capa adicional es solicitada, se hace zoom o se navega por el mapa, una transacción es inicializada.

Una transacción es una unidad de la ejecución de un programa que accede y posiblemente actualiza varios elementos de datos. Una transacción se inicia por la ejecución de un programa de usuario escrito en un lenguaje de manipulación de datos de alto nivel o en un lenguaje de programación (por ejemplo SQL, COBOL, C, C++ o Java) y está delimitado por instrucciones (o llamadas a función) de la forma inicio transacción y fin transacción.

La transacción consiste en todas las operaciones que se ejecutan entre inicio transacción y el fin transacción.¹⁹

La figura 3.5 muestra algunos de los protocolos de comunicación utilizados para el transporte de datos a través de la red, para una comunicación cliente-servidor en aplicaciones de SIG.

¹⁹ Definición tomada de: SILBERSCHATZ, KORTH H., SUDARSHAN S. Fundamentos de Bases de Datos, Ed. McGraw-Hill, Cuarta Edición, 2002.

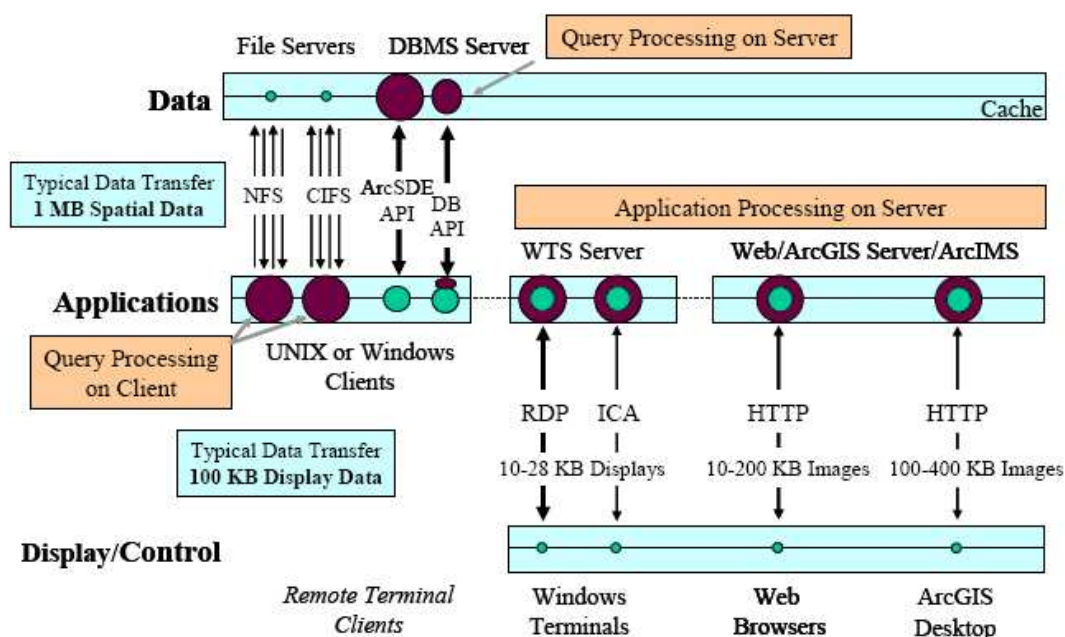


Figura 3.5 Protocolos de comunicación cliente-servidor para aplicaciones SIG.²⁰

En el caso de la aplicación del SIG-SNAP, el protocolo utilizado para la comunicación cliente-servidor es el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), el cual es un estándar para la transmisión Web.

3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA POR LOS USUARIOS

La tecnología de SIG se caracteriza por la gran cantidad de datos gráficos que son visualizados en el terminal del usuario. El acceso a la base de datos para su visualización y análisis, utiliza grandes recursos de la red de comunicaciones.

El tamaño de los datos transferidos y la capacidad de la red, son utilizados para estimar el tiempo mínimo de transporte que toma la transacción de un mapa, desde el servidor hasta el computador del usuario.

En la tabla 3.1 se observan estos valores, los cuales dependen del protocolo y del tipo de servidor utilizado. Adicionalmente se indica el tamaño promedio de los

²⁰ FUENTE: PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

archivos de mapas en megabits, que incluye cualquier tipo de compresión de datos realizada por el protocolo de comunicación. El tiempo mínimo de transmisión de los datos es calculado para 5 valores estándares de capacidad: 56 kbps para la comunicación *dial-up*, 1.54 Mbps para comunicaciones WAN y para comunicaciones LAN: 10 Mbps, 100 Mbps y 1 Gbps.

Comunicaciones cliente/servidor	Tiempo de transporte del tráfico de la red (segundos)				
	56 kbps	1.54 Mbps	10 Mbps	100 Mbps	1 Gbps
Servidor de archivos a la estación de trabajo cliente (NFS) 1 MB => 10 Mb + 40 Mb = 50 Mb	893	32	5	0.5	0.05
Servidor de geodatos a estación de trabajo cliente 1 MB => 10 Mb >> 5 Mb	89	3.2	0.5	0.05	0.005
Windows terminal server a terminal cliente (ICA) Vector 100 KB => 1Mb >> 280 Kb Imagen 100 KB => 1 Mb	5 18	0.18 0.6	0.03 0.1	0.003 0.01	0.0003 0.001
Servidor Web a Browser del Cliente (HTTP) Liviano 100 KB => 1 Mb Pesado 200 KB => 2 Mb	18 36	0.6 1.2	0.1 0.2	0.01 0.02	0.001 0.002
Servidor Web a Cliente de ArcGIS Desktop (HTTP) Liviano 200 KB => 2 Mb Pesado 400 KB => 4 Mb	36 72	1.2 2.4	0.2 0.4	0.02 0.04	0.002 0.004

Tabla 3.1 Tiempo de transporte para el despliegue de un mapa.²¹

En las dos primeras configuraciones (servidor de archivos y de *geodatabase*) se realiza el procesamiento de la consulta en el lado del cliente, es decir, cuando se solicitan datos de un archivo (coberturas o *shapefiles*), la totalidad del archivo es descargado en el lado del cliente para su procesamiento. Esta característica incide en el gran tamaño de los archivos descargados y por consiguiente en la gran capacidad requerida para una comunicación satisfactoria. Por lo tanto, este tipo de configuraciones es recomendable en un ambiente LAN.

En las configuraciones tipo ArcSDE cliente-servidor (tres últimas configuraciones señaladas en la tabla 3.1), se realiza el procesamiento de la consulta en el lado del servidor, la que incluye la localización de los datos pedidos y su correspondiente filtrado. Únicamente los datos solicitados por el cliente son transportados por la red de comunicaciones. Este tipo de configuración basada en

²¹ FUENTE: PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

transacciones es recomendada para ambientes WAN y es la misma que implementa el SIG-SNAP.

Tomando como referencia a la tabla 3.1, se calcula la capacidad sugerida para que los distintos tipos de usuarios accedan al SIG-SNAP.

- Usuarios Externos y de Consulta:

Estos usuarios accederán al tipo de comunicación Servidor Web a Navegador del Cliente (HTTP). El tamaño promedio de un mapa es 100 Kbytes (ver tabla 3.1), se considera un *overhead* del 25% adicional²², por lo tanto, para cálculos el tamaño del mapa es igual a 1 megabit. Tomando un tiempo referencial de carga del mapa de 18 segundos²³, se sugiere que un usuario de consulta debe acceder al SIG-SNAP con una capacidad mínima de 56 kbps.

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{tamaño del mapa}}{\text{tiempo de carga}} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

$$\text{Capacidad} = \frac{1 \text{ Mbit}}{18 \text{ seg.}} = 55.55 \text{ kbps./usuario}$$

- Usuarios Técnicos:

Estos usuarios accederán al tipo de comunicación Servidor Web a Cliente de ArcGIS *Desktop* (HTTP). El tamaño promedio de un mapa es 200 Kbytes (ver tabla 3.1), se considera un *overhead* del 25% adicional, por lo tanto, para cálculos el tamaño del mapa es igual a 2 megabits. Tomando un tiempo referencial de carga del mapa de 18 segundos, se sugiere que un usuario técnico debe acceder al SIG-SNAP con una capacidad mínima de 111.11 kbps.

$$\text{Capacidad} = \frac{2 \text{ Mbit}}{18 \text{ seg.}} = 111.11 \text{ kbps./usuario}$$

²² Supplementary feasibility study report: Sizing Model, www.landsd.gov.hk/mapping/en/news/frs261.pdf

²³ Se considera que 18 segundos es un tiempo prudencial para la visualización de un mapa en Internet.

3.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD REQUERIDA POR EL SERVIDOR

Una red de comunicaciones debe ser diseñada para soportar la demanda de tráfico en las horas pico, es decir, cuando hay un número máximo de usuarios concurrentes.

En primer lugar, se calculará aproximadamente el número máximo de usuarios concurrentes que visitarán la página Web del SIG-SNAP en la hora pico.

Como referencia se considerará que en la hora pico accederán al SIG-SNAP la totalidad de usuarios técnicos del MAE, es decir, los usuarios técnicos que laboran en las oficinas remotas (19), más los usuarios que laboran en el CIAM (3); en total 22 usuarios técnicos. Además la empresa ESRI sugiere considerar que un usuario promedio visualiza 10 imágenes de mapas en cada visita²⁴, por lo tanto, el número de imágenes de mapas solicitadas en la hora pico será igual a 220.

La tabla 3.2 muestra el número pico de peticiones de mapas que pueden ser soportados por un servidor, dependiendo de la capacidad que disponga para su acceso a Internet.

Ancho de banda WAN	Número pico de peticiones por hora, basadas en el tamaño promedio de la imagen						
	10 KB	30 KB	50 KB	75 KB	100 KB	200 KB	400 KB
56 kbps	2016	672	403	269	202	101	50
1.54 Mbps T1	55440	18480	11088	7392	5544	2772	1386
6.16 Mbps T2	221760	73920	44352	29568	22176	11088	5544
45 Mbps T3	1620000	540000	324000	216000	162000	81000	40500
155 Mbps ATM	5580000	1860000	1116000	744000	558000	279000	139500
	Tiempo de transporte en segundos, de una imagen de tamaño promedio						
	10 KB	30 KB	50 KB	75 KB	100 KB	200 KB	400 KB
56 kbps	2	5	9	13	18	36	71
256 kbps	0.4	1	2	3	4	8	16
512 kbps	0.2	1	1	1	2	4	8
1.54 Mbps T1	0.1	0.2	0.3	0.5	1	1	3
6.16 Mbps T2	0.02	0.05	0.08	0.1	0.2	0.3	1
45 Mbps T3	0.002	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.1
155 Mbps ATM	0.001	0.002	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03

Tabla 3.2 Máximo número de peticiones y tiempo óptimo de transmisión, basados en el tamaño de la imagen de mapa.²⁵

²⁴ y ²⁵ FUENTE: PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

Por ejemplo, un servidor que publica mapas de 100 Kbytes y tiene un acceso al Internet de 56 Kbps., podrá atender un número pico de 202 peticiones de mapas en una hora (ver tabla 3.2). Este resultado se obtiene al dividir la capacidad del acceso a Internet para el tamaño del mapa entregado y se muestra en la ecuación 3.2.

$$\text{Número de peticiones en la hora pico} = \frac{\text{Capacidad del servidor en una hora}}{\text{tamaño del mapa}} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

$$\text{Número de peticiones en la hora pico} = \frac{56 \frac{\text{kbits}}{\text{seg}} * \frac{3600 \text{ seg.}}{1 \text{ hora}}}{1 \text{ Mbits}} = 202 \text{ peticiones}$$

Conociendo que los usuarios técnicos acceden al servicio de mapas utilizando un sistema cliente-servidor, Servidor Web a Cliente de ArcGIS *Desktop* (HTTP) y que el tamaño promedio del mapa varía de 200 a 400 Kbytes (ver tabla 3.1); se calcula que la capacidad requerida por el servidor, para atender las peticiones de sus usuarios en la hora pico, será igual a:

$$\text{Capacidad requerida por el servidor} = \frac{\text{Número peticiones en hora pico} * \text{tamaño del mapa}}{1 \text{ hora}}$$

$$\text{Capacidad requerida por el servidor} = \frac{220 \text{ peticiones} * 400 \text{ kbytes} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}}{3600 \text{ seg.}} = 195.55 \text{ kbps.}$$

Por lo tanto, se recomienda que el servidor Web del SIG-SNAP se conecte al Internet, con una capacidad de conexión igual o superior a 195.55 kbps.

Una vez que el SIG-SNAP comience su operación, el tráfico de la red debe ser continuamente monitoreado, de tal manera que se hagan los ajustes necesarios para brindar un servicio eficiente a sus usuarios.

3.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS ENLACES

Para el dimensionamiento de la capacidad de los enlaces entre las oficinas regionales y la planta central del MAE, hay que diferenciar el tráfico de datos y el tráfico de Internet.

El tráfico de datos es aquel que se requiere para que se acceda desde las oficinas regionales a los servidores de planta central del MAE, para el presente proyecto se considera el acceso al servidor Web del SIG-SNAP. Adicionalmente en la planta central del MAE se tienen los siguientes servidores, que también podrán ser accedidos desde las oficinas regionales:

- SIEVCOF: Sistema de Especies Valoradas.
- Sistema de Administración Forestal.
- Prototipo del SAG-SNAP: para administración del personal de Áreas Protegidas.

En el literal 3.2.3, se calculó que la capacidad requerida por un usuario técnico para acceder al SIG-SNAP es de 111.11 kbps, el valor inmediato superior de capacidad que ofrecen los Proveedores de Servicios es de 128 kbps; el mismo que se considera como tráfico de datos en cada una de las oficinas remotas del MAE.

En planta central, el tráfico de datos será igual a la suma de las capacidades de las oficinas remotas, es decir, 2432 kbps (considerando a las 19 oficinas regionales del MAE).

En la tabla 3.3, se muestra el valor de capacidad a contratar en las oficinas regionales del MAE para el tráfico de datos.

OFICINA	Capacidad para tráfico de datos (kbps)
Esmeraldas	128
Portoviejo	128
Guayaquil	128
Ibarra	128
Ambato	128
Cuenca	128
Loja	128
Lago Agrio	128
Tena	128
Latacunga	128
Riobamba	128
Macas	128
Coca	128
El Ángel	128
Cayambe	128
San Lorenzo	128
Muisne	128
Baños	128
Cotacachi	128
Planta Central	2432

Tabla 3.3 Capacidad requerida para el tráfico de datos en oficinas remotas.

Cabe señalar que en el presente proyecto no se considera a la oficina del Parque Nacional Galápagos, que se localiza en la Isla Santa Cruz; debido a que este Parque se maneja de manera independiente al MAE, ya que cuenta con autonomía administrativa y financiera.

La capacidad requerida para atender eficientemente las necesidades de tráfico de Internet que tienen los trabajadores de las oficinas regionales del MAE, se muestra en la tabla 3.4 y en la tabla 3.5. La capacidad que se considera para el presente diseño, es la misma que actualmente se contrata en cada oficina regional, ya que según información de los técnicos del MAE se atiende de manera eficiente las necesidades de su personal.

SEDE DE REGIONAL	Capacidad (kbps.)	ISP
Esmeraldas	256	CNT
Portoviejo	256	CNT
Guayaquil	512	CNT
Ibarra	512	CNT
Planta Central	1024	CNT
Ambato	128	CNT
Cuenca	128	ECUANET
Loja	56 (<i>Dial-up</i>)	CNT
Lago Agrio	512	CNT
Tena	512	CNT

Tabla 3.4 Capacidad para conexión a Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.

OFICINA	Capacidad (kbps.)
Latacunga	56(<i>Dial-up</i>)
Baños	56(<i>Dial-up</i>)
Riobamba	256
Macas	56(<i>Dial-up</i>)
Coca	256
El Ángel	256
Cayambe	256
San Lorenzo	256
Muisne	128
Cotacachi	256

Tabla 3.5 Capacidad para conexión a Internet en oficinas de Áreas Protegidas.

3.3 ALTERNATIVAS DE COMUNICACIÓN

Considerando la capacidad requerida para los enlaces de comunicación, la arquitectura centralizada del SIG-SNAP, la distribución geográfica de las oficinas regionales del MAE y las opciones de comunicación que ofrecen los Proveedores de Servicio hoy en día. Se plantean tres alternativas de comunicación, las mismas que se desarrollan a continuación.

3.3.1 PRIMERA ALTERNATIVA

Tanto las oficinas sedes de Distrito Regional, como las oficinas de Áreas Protegidas del MAE, accederán a los servidores Web implementados en planta central, por medio de una red privada virtual implementada en Internet.

Para el acceso a Internet cada oficina remota del MAE, dependiendo de su ubicación geográfica y sus preferencias, deberá conectarse a través de un Proveedor de Servicios de Internet (ISP). Cabe recalcar que actualmente el Proveedor de Servicios de Internet, de la planta central del MAE y de la gran mayoría de oficinas regionales, es CNT.

Entre las ventajas que brinda la presente alternativa se tienen las siguientes:

- La tecnología de acceso de última milla ADSL, aprovecha la infraestructura existente de la red telefónica para transportar datos a capacidades suficientemente grandes, de manera de soportar las aplicaciones empresariales, como el SIG-SNAP.
- La oficina de planta central del MAE y las oficinas remotas, actualmente cuentan con el servicio de Internet a través de la tecnología ADSL, por lo tanto, la infraestructura y equipos de comunicaciones ya se encuentran instalados.
- La tecnología ADSL tiene la ventaja de poder usar el mismo par telefónico para realizar llamadas telefónicas y tener el servicio de Internet.
- En caso de requerir una conexión segura entre la planta central y las oficinas regionales, esta tecnología soporta la implementación de una red privada virtual. Generalmente la red de *backbone* del proveedor de servicio, utiliza la tecnología ATM para la conmutación de los paquetes.

El costo referencial para la Primera Alternativa, corresponde a la mensualidad que se debe pagar por concepto del servicio de Internet en cada oficina, más el costo de adquisición y de configuración de los equipos necesarios para implementar una VPN.

Para los costos de conexión a Internet, se consideran las tarifas correspondientes a la cuenta Premium de CNT, las mismas que no incluyen IVA. Los valores de capacidad que constan en las tablas 3.6 y 3.7, se obtienen sumando la capacidad que actualmente contratan para el servicio de Internet en cada oficina regional, más la capacidad requerida para el tráfico de datos (calculada en el literal 3.2.5) y considerando el valor inmediato superior de capacidad.

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Esmeraldas	512	258.00
Portoviejo	512	258.00
Guayaquil	1024	447.00
Ibarra	1024	447.00
Quito	2000	1500.00
Ambato	256	149.00
Cuenca	256	149.00
Loja	256	149.00
Lago Agrio	1024	447.00
Tena	1024	447.00
TOTAL		\$ 4251.00

Tabla 3.6 Costo mensual de Internet en oficinas sedes de Distrito Regional.

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Latacunga	256	149.00
Baños	256	149.00
Riobamba	512	258.00
Macas	256	149.00
Coca	512	258.00
El Ángel	512	258.00
Cayambe	512	258.00
San Lorenzo	512	258.00
Cotacachi	256	149.00
Muisne	512	258.00
TOTAL		\$ 2144.00

Tabla 3.7 Costo mensual de Internet en oficinas de Áreas Protegidas.

Por concepto de costos de instalación y de equipos necesarios para implementar la red privada virtual, se toma en cuenta la cotización de la empresa quiteña esDinámico²⁶; la misma que requiere de la instalación de un servidor LINUX en cada una de las 20 oficinas regionales a ser conectadas.

EQUIPO	Valor Unitario	Cantidad	Valor total
Servidor LINUX para VPNs	\$1000	20	\$20000

Tabla 3.8 Costo de configuración y equipos necesarios para implementar VPN.

Por lo tanto para la implementación de la presente alternativa, se requiere de la cantidad de \$20000 por concepto de equipos y configuración de la VPN y cancelar mensualmente la suma de \$6395, por concepto de servicio de Internet.

3.3.2 SEGUNDA ALTERNATIVA ^[13]

La red de comunicación de datos se implementará a través de túneles IP-MPLS para las oficinas regionales que tengan la cobertura de la tecnología; mientras que las restantes oficinas, se conectarán al servidor Web del MAE a través de Internet.

La interconexión de las oficinas del MAE, por medio de la tecnología de túnel IP-MPLS, presenta varias ventajas:

- El servicio es brindado por TELCONET, empresa que tiene cobertura en todas las ciudades sedes de Distrito Regional y en la mayoría de ciudades sedes de Áreas Protegidas.
- El cliente cuenta con una integración total de los servicios a través de una misma red IP. Servicios tales como voz, video y datos, manejados con una eficiente calidad de servicio (QoS), altísimo nivel de disponibilidad, soporte 7 x 24 x 365 e importante cobertura geográfica a nivel nacional.

²⁶ <http://www.esdinamico.com/>

- El enlace de última milla a cada oficina es de fibra óptica, que es un medio de transmisión con características como: gran capacidad de transmisión de datos e inmunidad a la interferencia electromagnética.

El costo referencial de la Segunda Alternativa, corresponde al valor de instalación y al arrendamiento mensual de los enlaces, además del costo de los equipos necesarios en cada oficina regional.

El costo de los enlaces, proporcionado por TELCONET, se muestra en la tabla 3.9 y depende de la capacidad a contratar y del tipo de tráfico, ya sea de datos o de Internet. El tráfico de datos en planta central, es igual a la suma de las capacidades a contratar en cada oficina regional. El costo incluye el arrendamiento del enrutador modelo *Cisco Small Business 101 Secure Broadband Router*. Los precios presentados a continuación no incluyen IVA.

ENLACE	Capacidad (Kbps.)	Tipo de Tráfico	Costo instalación (USD)	Costo mensual (USD)
PC-Esmeraldas	128	Datos	700	200
PC-Portoviejo	128	Datos	700	200
PC-Guayaquil	128	Datos	700	300
PC-Ibarra	128	Datos	700	200
PC-Ambato	128	Datos	700	200
PC-Cuenca	128	Datos	700	200
PC-Loja	128	Datos	700	200
PC-Lago Agrio	128	Datos	700	200
PC-Tena	128	Datos	700	200
PC-Latacunga	128	Datos	700	200
PC-Riobamba	128	Datos	700	200
PC-Macas	128	Datos	700	200
PC-Coca	128	Datos	700	200
PC-El Ángel	128	Datos	700	200
PC-Cayambe	128	Datos	700	200
PC-TELCONET	2000	Datos	500	380
PC-TELCONET	2000	Internet	-	1500

TOTAL	\$11000	\$4980
--------------	----------------	---------------

Tabla 3.9 Costo de instalación y mensual de la red IP/ MPLS para el MAE.

El acceso a Internet seguirá como hasta el día de hoy, es decir, cada oficina contrata con su correspondiente proveedor de servicios. En la tabla 3.10 se presentan los costos de Internet en cada oficina regional, no se toman en cuenta los costos de inscripción, ya que actualmente cuentan con el servicio. Para las oficinas que contratan Internet dial/up, se considera la cotización de Ecuonet.²⁷

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Esmeraldas	256	149.00
Portoviejo	256	149.00
Guayaquil	512	258.00
Ibarra	512	258.00
Ambato	128	126.00
Cuenca	128	126.00
Loja	56 (<i>Dial-up</i>)	16.49
Lago Agrio	512	258.00
Tena	512	258.00
Latacunga	56(<i>Dial-up</i>)	16.49
Riobamba	256	149.00
Macas	56(<i>Dial-up</i>)	16.49
Coca	256	149.00
El Ángel	256	149.00
Cayambe	256	149.00
	TOTAL	\$2227.47

Tabla 3.10 Costo de conexión a Internet en oficinas regionales.

Aquellas oficinas que no cuentan con cobertura del servicio IP/MPLS, accederán al SIG-SNAP por medio de Internet, por ejemplo con ADSL como tecnología de última milla y ATM en la red del proveedor de servicio. Se deberá cancelar mensualmente la tarifa correspondiente de la cuenta Premium de CNT. No se

²⁷ <http://www.ecuanet.com/ProductosyServicios/Internet/DialUpConmutado/tabid/105/Default.aspx>

considera el costo de instalación, ya que actualmente las oficinas tienen el servicio de Internet.

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Baños	256	149.00
San Lorenzo	512	258.00
Cotacachi	256	149.00
Muisne	512	258.00
	TOTAL	\$ 814.00

Tabla 3.11 Costo mensual en oficinas fuera de cobertura IP/MPLS.

Por lo tanto, se requiere de \$11000 para la instalación de túneles IP/MPLS y de \$8021.47 como pago mensual.

3.3.3 TERCERA ALTERNATIVA

La red de comunicación de datos se implementara a través de enlaces *Frame Relay* para las oficinas regionales que tengan cobertura de la tecnología, mientras que las oficinas restantes se conectarán al servidor Web del MAE a través de Internet.

Entre las ventajas que presenta *Frame Relay* se tienen:

- *Frame Relay* maximiza la eficiencia de una comunicación, aprovechándose para ello de las modernas infraestructuras, de la buena calidad de sus enlaces y con muy bajos índices de error.
- Provee enlaces de comunicación con precios más económicos que los enlaces dedicados.
- *Frame Relay* administra el volumen y la capacidad de un enlace de manera eficaz, mediante la combinación de las funciones necesarias de las capas física y enlace. Como protocolo de enlace de datos, *Frame Relay* ofrece acceso a una red, delimita y entrega tramas en el orden adecuado y

reconoce los errores de transmisión, a través de una comprobación de redundancia cíclica.

El *hardware* requerido se limita a un enrutador con una interfaz serial para el acceso a la nube *Frame Relay* y una interfaz *ethernet* para la red interna.

Para el costo referencial de la Tercera Alternativa, se toma en cuenta la cotización proporcionada por la empresa PUNTONET, la misma que no incluyen IVA. En la tabla 3.12 se indica el valor de CIR (*committed information rate*), que se debe contratar con el proveedor del servicio de *Frame Relay*, para enlazar la planta central (PC) del MAE con cada oficina regional, además se presenta el costo de instalación y mensual a cancelar en cada oficina que está dentro de la cobertura del servicio *Frame Relay*

ENLACE	CIR (Kbps.)	Tipo de Tráfico	Costo instalación (USD)	Costo mensual (USD)
PC-Portoviejo	128	Datos	150	220
PC-Guayaquil	128	Datos	150	220
PC-Ibarra	128	Datos	150	220
PC-Cuenca	128	Datos	150	220
PC-Loja	128	Datos	150	220
PC-Latacunga	128	Datos	150	220
PC-Cotacahi	128	Datos	150	220
PC-Cayambe	128	Datos	150	80
PC-PUNTONET	2000	Datos	150	1000
PC-TELCONET	2000	Internet	-	1500
TOTAL			\$1350	\$4120

Tabla 3.12 Costo de instalación y mensual para enlaces *Frame Relay*.

Para las ciudades de Macas y Muisne, en las que no existe infraestructura de telecomunicaciones, la empresa PUNTONET instalaría estaciones VSAT. Los costos se presentan en la tabla 3.13.

ENLACE	Capacidad (Kbps.)	Tipo de Tráfico	Costo instalación (USD)	Costo mensual (USD)
PC-Macas	128	Datos	500	300
PC-Muisne	128	Datos	500	300
TOTAL			\$1000	\$600

Tabla 3.13 Costo de instalación y mensual para conexiones VSAT.

En la tabla 3.14 constan las oficinas en las que PUNTONET instalaría VPNs para el tráfico de datos, debido a que no cuenta con la infraestructura para brindar enlaces *Frame Relay*. Según información proporcionada por la empresa, la instalación de las VPNs puede realizarse mediante diferentes tecnologías de conexión como:

- Soluciones nativas por software: Windows, Linux, Unix.
- Soluciones por hardware: Mediante protocolos de *tunneling* como IPsec, configurados en los enrutadores de cada oficina.

ENLACE	Capacidad (Kbps.)	Tipo de Tráfico	Costo instalación (USD)	Costo mensual (USD)
PC-Esmeraldas	128	Datos	150	100
PC-Ambato	128	Datos	150	100
PC-Lago Agrio	128	Datos	150	100
PC-Tena	128	Datos	150	100
PC-Baños	128	Datos	150	100
PC-Riobamba	128	Datos	150	100
PC-Coca	128	Datos	150	100
PC-El Ángel	128	Datos	150	100
PC-San Lorenzo	128	Datos	150	100
TOTAL			\$1350	\$900

Tabla 3.14 Costo de instalación y mensual para conexión VPN.

A los costos presentados en las tablas 3.12, 3.13 y 3.14, hay que sumar el costo correspondiente al servicio de Internet en cada oficina, el mismo que fue calculado en la tabla 3.10.

Por lo tanto el costo referencial para la presente alternativa, corresponde a un pago inicial de \$3700 por concepto de instalación y al pago mensual de \$7847.47, por concepto de arrendamiento de enlaces.

3.4 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA ^{[4], [14]}

Para elegir a la mejor alternativa se analizarán cinco características importantes que se deben considerar al diseñar una red:

- **Escalabilidad y Calidad de Servicio**

Una red escalable tiene la capacidad de crecer para incluir nuevos grupos de usuario y sitios remotos, además puede soportar nuevas aplicaciones sin afectar el nivel de servicio entregado a los usuarios existentes.

Application	Reliability	Delay	Jitter	Bandwidth
E-mail	High	Low	Low	Low
File transfer	High	Low	Low	Medium
Web access	High	Medium	Low	Medium
Remote login	High	Medium	Medium	Low
Audio on demand	Low	Low	High	Medium
Video on demand	Low	Low	High	High
Telephony	Low	High	High	Low
Videoconferencing	Low	High	High	High

Tabla 3.15 Requerimientos de calidad de servicio según el tipo de tráfico.²⁸

La aplicación SIG-SNAP corresponde al tipo de tráfico de acceso Web (*Web access*), por lo tanto, requiere una alta confiabilidad (*reliability*) en el transporte de paquetes, es decir, que ningún bit llegue al receptor con error. En cuanto al retardo (*delay*) que pueden sufrir los paquetes, éste no debe ser excesivo.

La aplicación (SIG-SNAP) no es sensible al cambio o variación en cuanto a la cantidad de latencia entre paquetes de datos que se reciben (*jitter*), tal como si lo es el tráfico de audio y video. Adicionalmente cabe recalcar que el ancho de banda necesario para la aplicación, ha sido calculado tomando en cuenta las recomendaciones de la empresa ESRI, líder mundial en SIG.

²⁸ FUENTE: TANENBAUM, Andrew, Computer Networks. Prentice Hall, 4ta edición. Pearson Educación, México 2003.

La primera alternativa, es decir, la conexión de oficinas a través de una red privada virtual en Internet, es fácilmente escalable; ya que la adición de nuevas oficinas requiere únicamente del acceso de cada una de ellas al servicio de Internet, el mismo que tiene una cobertura de todo el país.

En cuanto al nivel de servicio entregado a los usuarios existentes, éste no es óptimo, ya que la red del proveedor de servicio de Internet, no asegura una velocidad mínima a sus usuarios y no provee calidad de servicio.

La segunda alternativa, es decir, la conexión de oficinas a través de túneles IP/MPLS, trabaja con un concepto de aprovisionamiento llamado "*Point-to-Cloud*" (punto a la nube), para implementar los nuevos puntos de la VPN. Cada vez que sea necesario "subir" un nuevo punto a la VPN, solo habrá que configurar el equipamiento del proveedor de servicio que conecte este nuevo punto.

De esta forma, se evitan tareas complejas como las que se producen cuando se activa un nuevo punto en una red basada en circuitos virtuales de *Frame Relay* o ATM, en donde es necesario re-configurar todos los puntos involucrados.

El nivel de servicio brindado por la segunda alternativa es óptimo, ya que cuenta con ciertas características como: ofrece una baja latencia en las comunicaciones entre los nodos de la red, la velocidad de transferencia está garantizada y brinda calidad de servicio.

En cuanto a la tercera alternativa, referente a los enlaces *Frame Relay*, éstos están siendo reemplazados por los Proveedores de Servicio, que están migrando hacia la tecnología IP/MPLS. En el estándar original *Frame Relay* incorpora los aspectos de calidad de servicio sólo de forma muy rudimentaria. Tal característica hace que *Frame Relay* presente serios inconvenientes para el manejo de aplicaciones multimedia, como voz y video en tiempo real.

- **Disponibilidad**

Una red diseñada para la disponibilidad es la que tiene un funcionamiento consistente y confiable, 24 horas por día, 7 días por semana. Adicionalmente la falla de un enlace o de un equipo no ocasiona un impacto considerable en el funcionamiento de la red.

La primera alternativa puede resultar confiable, dependiendo de la calidad de los equipos que se instalen para la VPN, es decir, si se implementa por medio de *hardware* se requiere de equipos de marcas conocidas como CISCO o en el caso de implementar por *software*, se recomienda un sistema operativo robusto como LINUX.

La segunda alternativa brinda un servicio sumamente confiable, ya que TELCONET garantiza un acuerdo de nivel de servicio (SLA) del 99.5 %. La tercera alternativa, también proporciona un servicio extremadamente confiable, porque muchos proveedores de servicio *Frame Relay*, garantizan una disponibilidad del 99.9 % en su acuerdo de nivel de servicio.

- **Seguridad**

La seguridad constituye una característica vital para el funcionamiento de una red, siendo importantes la planificación de la ubicación de dispositivos de seguridad, filtros y configuración de cortafuegos; de manera de salvaguardar los recursos de la red.

En cuanto a la primera alternativa, se conoce que la Internet no es una red segura; pero una VPN implementada sobre Internet brinda un aceptable nivel de seguridad, a través del encapsulamiento y de la encriptación de los datos. Entre los inconvenientes se puede mencionar una mayor carga en el cliente VPN, ya que ha de realizar la tarea adicional de encapsular los paquetes de datos. Esta situación se agrava cuando además se hace una encriptación de los datos.

La segunda alternativa proporciona un grado más alto de seguridad, ya que IP/MPLS, provee un túnel privado, enrutable en caso de fallas. Análisis y estudios realizados por los distintos fabricantes y entidades especializadas en el área de telecomunicaciones, determinaron que los niveles de seguridad entregados por una IP/MPLS son comparables con los entregados por los circuitos virtuales de *Frame Relay* y ATM.

La tercera alternativa brinda un gran nivel de seguridad, debido a que *Frame Relay* es una tecnología orientada a conexión, por lo tanto, los datos viajan por la red a través de caminos predefinidos. Estos caminos se denominan circuitos virtuales, porque diferentes circuitos virtuales comparten la misma infraestructura física.

- **Administrabilidad**

Sin importar cuán bueno sea el diseño de red inicial, el personal que administrará la red debe estar capacitado en el manejo y soporte de la misma. Una red que es demasiado compleja o difícil de mantener no puede funcionar con efectividad y eficiencia.

En la primera alternativa no se requiere de un gran conocimiento técnico para la administración de la red, ya que el personal del ISP se encargaría de instalar los equipos y no representa ninguna configuración adicional que se deba realizar en el lado del cliente.

En referencia a la segunda alternativa, las IP/MPLS son denominadas *Network-Based*, es decir, el servicio es implementado sobre la infraestructura del proveedor de servicio. Lo que implica que la administración de enrutamiento es llevada a cabo por el proveedor del servicio, quien por su naturaleza es especialista en dicha tarea, desligando así al cliente de llevarla a cabo.

La tercera alternativa no es fácilmente administrable, porque el proveedor de servicios instalaría la red del MAE haciendo uso de varias tecnologías como

Frame Relay, VPNs y VSAT, lo que constituye un problema para los administradores de la red del MAE.

- **Costo**

Comparando los costos de las tres alternativas propuestas, presentados en la tabla 3.16, se concluye que la primera alternativa requiere la inversión más fuerte por concepto de instalación, pero la mensualidad más baja. La segunda alternativa presenta una inversión menor que la primera y un costo mensual mayor; siendo la tercera alternativa la más económica.

ALTERNATIVA	Costo de Instalación (USD)	Costo mensual (USD)
Primera	\$20000	\$6395
Segunda	\$11000	\$8021.47
Tercera	\$3700	\$7847.47

Tabla 3.16 Resumen del costo de cada alternativa.

A pesar de no ser la alternativa más económica, se considera a la segunda alternativa, es decir, IP/MPLS como la mejor opción. Debido a sus ventajas técnicas como son: excelente calidad de servicio (el proveedor garantiza un acuerdo de nivel de servicio del 99,5%), alto grado de seguridad comparable con tecnologías como *Frame Relay* y ATM y administrabilidad de la red a cargo del proveedor de servicio (el mismo que se especializa en dicha tarea).

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN

4.1 REDES PRIVADAS IP/MPLS

4.1.1 DEFINICIÓN DE REDES PRIVADAS IP/MPLS ^[5]

Una red IP/MPLS es implementada en la infraestructura del Proveedor de Servicio, lo que independiza al servicio de VPN del equipamiento y la carga administrativa por parte del cliente. Al no requerirse un hardware específico ni poderoso como CPE “*Customer Premise Equipment*” para realizar funciones complejas e intensivas como la encriptación y/o autenticación de los datos, se disminuyen fuertemente los costos de la solución.

En cuanto a la información de enrutamiento, el Proveedor de Servicio mantiene un conocimiento total de todos los sitios de una VPN y, de manera ágil y dinámica, se le informa a los enrutadores de lado del cliente (CEs); existiendo distintas alternativas: BGP, RIP, OSPF. En relación a los niveles de seguridad entregados, una red IP/MPLS puede ser comparada con los métodos tradicionales como los circuitos virtuales de *Frame Relay* o ATM. Cabe aclarar que en ninguno de estos casos la encriptación de los datos está implícita.

4.1.2 FUNCIONAMIENTO DEL MODELO IP/MPLS

La implementación de una red IP/MPLS se logra básicamente mediante la asignación de dos etiquetas (*labels*) a cada paquete. La primera y externa, llamada *Route Label*, que especifica cómo formar el camino denominado *Label Switching Path* (LSP) hasta llegar al LER de Egreso; y la segunda e interna, llamada *VPN Label*, para indicarle al LER de Egreso a qué VPN corresponde el paquete en cuestión.

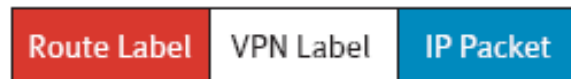


Figura 4.1 Estructura de un paquete en una red IP/MPLS.

En la figura 4.2 se ilustra el funcionamiento de una red IP/MPLS.

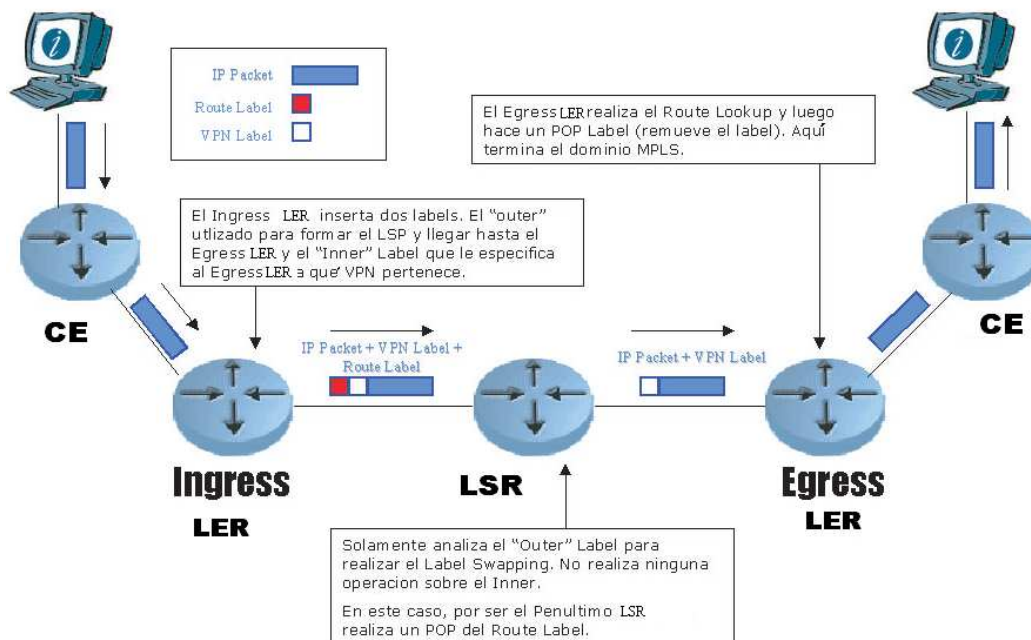


Figura 4.2 Funcionamiento de una red IP/MPLS.²⁹

4.2. CAPACIDAD DE LOS ENLACES

En la tabla 4.1 constan los valores de capacidad de los enlaces IP/MPLS, que fueron calculados en el literal 3.3.2, necesarios para conectar la planta central con las oficinas regionales del MAE.

El enlace de última milla es provisto por TELCONET mediante fibra óptica, éste medio de transmisión presenta grandes ventajas para el transporte de los datos.

²⁹FUENTE: IFXNETWORKS: www.ifxnetworks.com

ENLACE	Capacidad (Kbps.)	Tipo de Tráfico
PC-Esmeraldas	128	Datos
PC-Portoviejo	128	Datos
PC-Guayaquil	128	Datos
PC-Ibarra	128	Datos
PC-Ambato	128	Datos
PC-Cuenca	128	Datos
PC-Loja	128	Datos
PC-Lago Agrio	128	Datos
PC-Tena	128	Datos
PC-Latacunga	128	Datos
PC-Riobamba	128	Datos
PC-Macas	128	Datos
PC-Coca	128	Datos
PC-El Ángel	128	Datos
PC-Cayambe	128	Datos
PC-TELCONET	2000	Datos
PC-TELCONET	2000	Internet

Tabla 4.1 Capacidad de los enlaces IP/MPLS en las oficinas regionales del MAE.

4.3 TOPOLOGÍA DE LA RED WAN DEL MAE

4.3.1 TOPOLOGÍA FÍSICA ^[15]

La topología física de la red del MAE es en estrella, ya que la oficina de planta central se constituye en el nodo central, al que se conectan las oficinas sedes de Distrito Regional.

Se considera un modelo de red jerárquica, que es muy útil para el diseño de una infraestructura de red confiable. Proporciona una vista modular de una red, por lo que facilita el diseño e implementación de una red escalable.

El modelo de red jerárquica de una red se divide en tres capas:

- **Capa de Acceso:** Provee acceso del usuario a la red de comunicaciones. Generalmente incorpora dispositivos de conmutación LAN con los

puertos que proporcionan conectividad para servidores y estaciones de trabajo.

- Capa de Distribución: Proporciona una conectividad basada en políticas, dado que determina cuándo y cómo los paquetes pueden acceder a los servicios principales de la red.

Entre sus funciones se tiene: servir como punto de concentración para acceder a los dispositivos de capa de acceso, segmentar la red en múltiples dominios de *broadcast*, proporcionar servicios de seguridad y filtrado, entre otras.

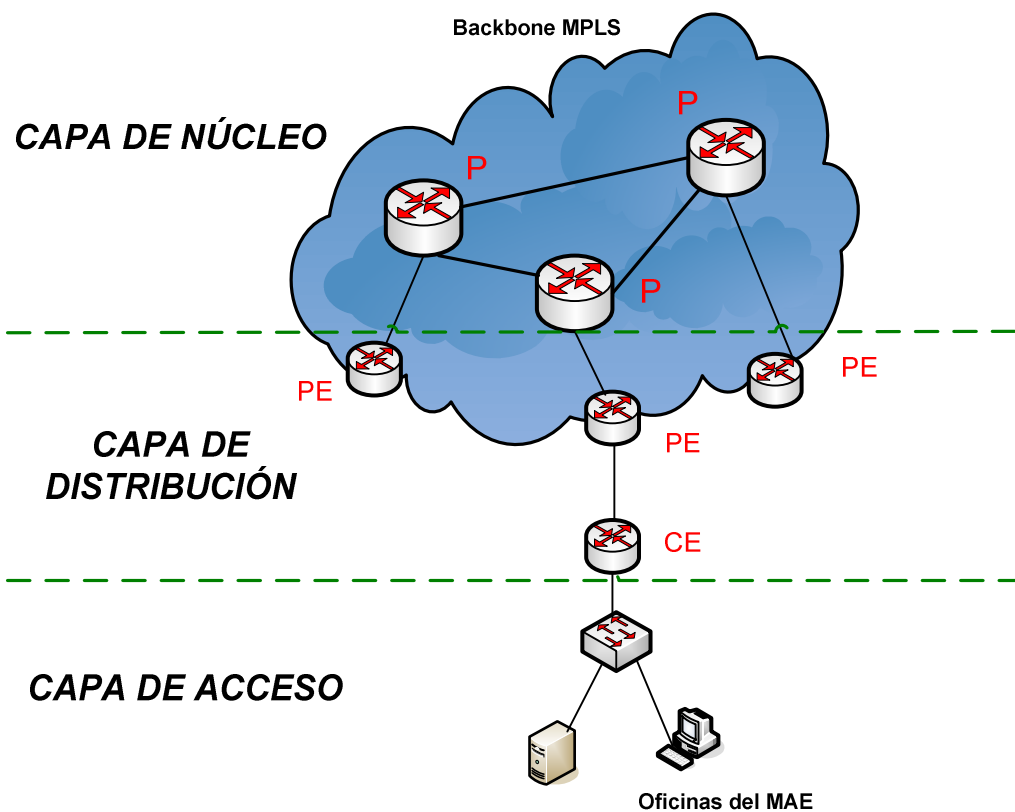


Figura 4.3 Modelo Jerárquico de la red WAN del MAE.

En el caso de la red del MAE, la capa de distribución son los nodos que sirven como punto de comunicación entre las oficinas del MAE) y la red del proveedor de servicio, es decir, los enlaces entre los *Customer Edge Routers* (CEs) con los *Provider Edge Routers* (PEs).

- Capa de Núcleo: También conocida como capa de *core*, es el *backbone* de la red y está diseñada para la conmutación rápida de paquetes.

Como su labor es crítica para la conectividad debe contar con alta disponibilidad y adaptarse a los cambios rápidamente.

Por lo tanto corresponde a los enrutadores que conforman el *backbone* de la red MPLS del proveedor de servicio.

4.3.2 TOPOLOGÍA LÓGICA ^[16]

Para el esquema de direccionamiento IP, se considera que cada oficina puede seguir usando su esquema de direccionamiento privado, debido a que los enrutadores del proveedor de servicio cuentan con una tabla de ruteo virtual (VRF) para cada cliente. El servidor Web del SIG-SNAP debe contar con una dirección IP pública, asignada por el proveedor del servicio.

El protocolo de enrutamiento, por ejemplo BGP, es usado en una red IP/MPLS para el intercambio de las rutas de los clientes directamente entre los enrutadores del proveedor de servicio. Esto se debe a que el número de rutas de los clientes puede ser muy grande y BGP es un protocolo que soporta tal característica.

Las sesiones BGP entre los enrutadores del proveedor de servicio deben soportar tanto el intercambio de los prefijos tradicionales IPv4, como el intercambio de los prefijos VPNv4.

El esquema de direccionamiento para la red del MAE toma en cuenta:

- **Direccionamiento estático.** Direcciones IP asignadas a los servidores, al *gateway* de la red, a las interfaces seriales y para la administración de enrutadores y *switches*.

- **Direccionamiento dinámico.** Direcciones IP asignadas a los *hosts* mediante DHCP.

Tomando como referencia de que en la planta central hay alrededor de 128 *hosts*, 5 servidores, dos enrutadores, cinco *switches*; y que en cada oficina remota hay alrededor de 10 *hosts*, un enrutador y un *switch*.

Para dimensionar se considera un 30% de crecimiento para los *hosts*, debido a que algunos trabajadores llevan *laptops* propias y también debido al crecimiento del número de *hosts* que podría darse en el futuro.

Por lo tanto, en planta central se requieren 180 direcciones IP: 167 para *hosts* y 13 para direcciones estáticas. En cada una de las 19 oficinas regionales se requieren 16 direcciones IP: 13 para *hosts* y 3 para direcciones estáticas.

Para el caso del direccionamiento de las interfaces seriales, se lo realiza aplicando una máscara de red 255.255.255.252; ya que tan solo se requieren dos direcciones para cada enlace. El esquema de direccionamiento para las interfaces seriales se muestra en la tabla 4.2.

Se aplican máscaras de subred de tamaño variable (VLSM), de manera de utilizar eficientemente la dirección IP 192.168.77.0/24. Para el caso del direccionamiento de las redes de área local, se utilizan las direcciones IP 192.168.1.0/24, 192.168.2.0/24 y 192.168.3.0/24.

En la tabla 4.3 se ilustra el direccionamiento lógico para las redes LAN del MAE, para cada oficina se especifica: la dirección de red con su respectiva máscara, el rango para DHCP (se escogió a las primeras de cada subred), la dirección del *gateway* por defecto (se escogió a la última de cada subred), direcciones para administración y para servidores (se escogieron a las últimas direcciones de cada subred).

ORIGEN	DESTINO	IP ORIGEN	IP DESTINO	DIRECCIÓN DE RED
Quito	Nube MPLS	192.168.77.1	192.168.77.2	192.168.77.0/30
Esmeraldas	Nube MPLS	192.168.77.5	192.168.77.6	192.168.77.4/30
Portoviejo	Nube MPLS	192.168.77.9	192.168.77.10	192.168.77.8/30
Guayaquil	Nube MPLS	192.168.77.13	192.168.77.14	192.168.77.12/30
Ibarra	Nube MPLS	192.168.77.17	192.168.77.18	192.168.77.16/30
Ambato	Nube MPLS	192.168.77.21	192.168.77.22	192.168.77.20/30
Cuenca	Nube MPLS	192.168.77.25	192.168.77.26	192.168.77.24/30
Loja	Nube MPLS	192.168.77.29	192.168.77.30	192.168.77.28/30
Lago Agrio	Nube MPLS	192.168.77.33	192.168.77.34	192.168.77.32/30
Tena	Nube MPLS	192.168.77.37	192.168.77.38	192.168.77.36/30
Latacunga	Nube MPLS	192.168.77.41	192.168.77.42	192.168.77.40/30
Riobamba	Nube MPLS	192.168.77.45	192.168.77.46	192.168.77.44/30
Macas	Nube MPLS	192.168.77.49	192.168.77.50	192.168.77.48/30
Coca	Nube MPLS	192.168.77.53	192.168.77.54	192.168.77.52/30
El Ángel	Nube MPLS	192.168.77.57	192.168.77.58	192.168.77.56/30
Cayambe	Nube MPLS	192.168.77.61	192.168.77.62	192.168.77.60/30

Tabla 4.2 Esquema de direccionamiento IP para las interfaces seriales.

OFICINA	ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO IP
Quito	Dirección de Red:192.168.1.0
	Máscara:255.255.255.0
	Rango DHCP:192.168.1.1 - 192.168.1.167
	<i>Default Gateway</i> :192.168.1.254
	Rango de direcciones para administración:192.168.1.247 - 192.168.1.253
	Rango para servidores:192.168.1.242 - 192.168.1.246
Esmeraldas	Dirección de Red:192.168.2.0
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.1 - 192.168.2.13
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.30
	Direcciones para administración:192.168.2.28 - 192.168.2.29
Portoviejo	Dirección de Red:192.168.2.32
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.33 - 192.168.2.45
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.62
	Direcciones para administración:192.168.2.60 - 192.168.2.61
Guayaquil	Dirección de Red:192.168.2.64
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.65 - 192.168.2.77
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.94
	Direcciones para administración:192.168.2.92 - 192.168.2.93

OFICINA	ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO IP
Ibarra	Dirección de Red:192.168.2.96
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.97 - 192.168.2.109
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.126
	Rango de direcciones para administración:192.168.2.124 - 192.168.2.125
Ambato	Dirección de Red:192.168.2.128
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.129 - 192.168.2.141
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.158
	Rango de direcciones para administración:192.168.2.156 - 192.168.2.157
Cuenca	Dirección de Red:192.168.2.160
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.161 - 192.168.2.173
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.190
	Rango de direcciones para administración:192.168.2.188 - 192.168.2.189
Loja	Dirección de Red:192.168.2.192
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.193 - 192.168.2.205
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.222
	Rango de direcciones para administración:192.168.2.220 - 192.168.2.221
Lago Agrio	Dirección de Red:192.168.2.224
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.2.225 - 192.168.2.237
	<i>Default Gateway</i> :192.168.2.253
	Rango de direcciones para administración:192.168.2.251 - 192.168.2.252
Tena	Dirección de Red:192.168.3.0
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.1 - 192.168.3.13
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.30
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.28 - 192.168.3.29
Latacunga	Dirección de Red:192.168.3.32
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.33 - 192.168.3.45
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.62
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.60 - 192.168.3.61
Riobamba	Dirección de Red:192.168.3.64
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.65 - 192.168.3.77
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.94
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.92 - 192.168.3.93

OFICINA	ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO IP
Macas	Dirección de Red:192.168.3.96
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.97 - 192.168.3.109
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.126
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.124 - 192.168.3.125
Coca	Dirección de Red:192.168.3.128
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.129 - 192.168.3.141
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.158
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.156 - 192.168.3.157
El Ángel	Dirección de Red:192.168.3.160
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.161 - 192.168.3.173
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.190
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.188 - 192.168.3.189
Cayambe	Dirección de Red:192.168.3.192
	Máscara:255.255.255.224
	Rango DHCP:192.168.3.193 - 192.168.3.205
	<i>Default Gateway</i> :192.168.3.222
	Rango de direcciones para administración:192.168.3.220 - 192.168.3.221

Tabla 4.3 Esquema de direccionamiento IP para las redes de área local del MAE.

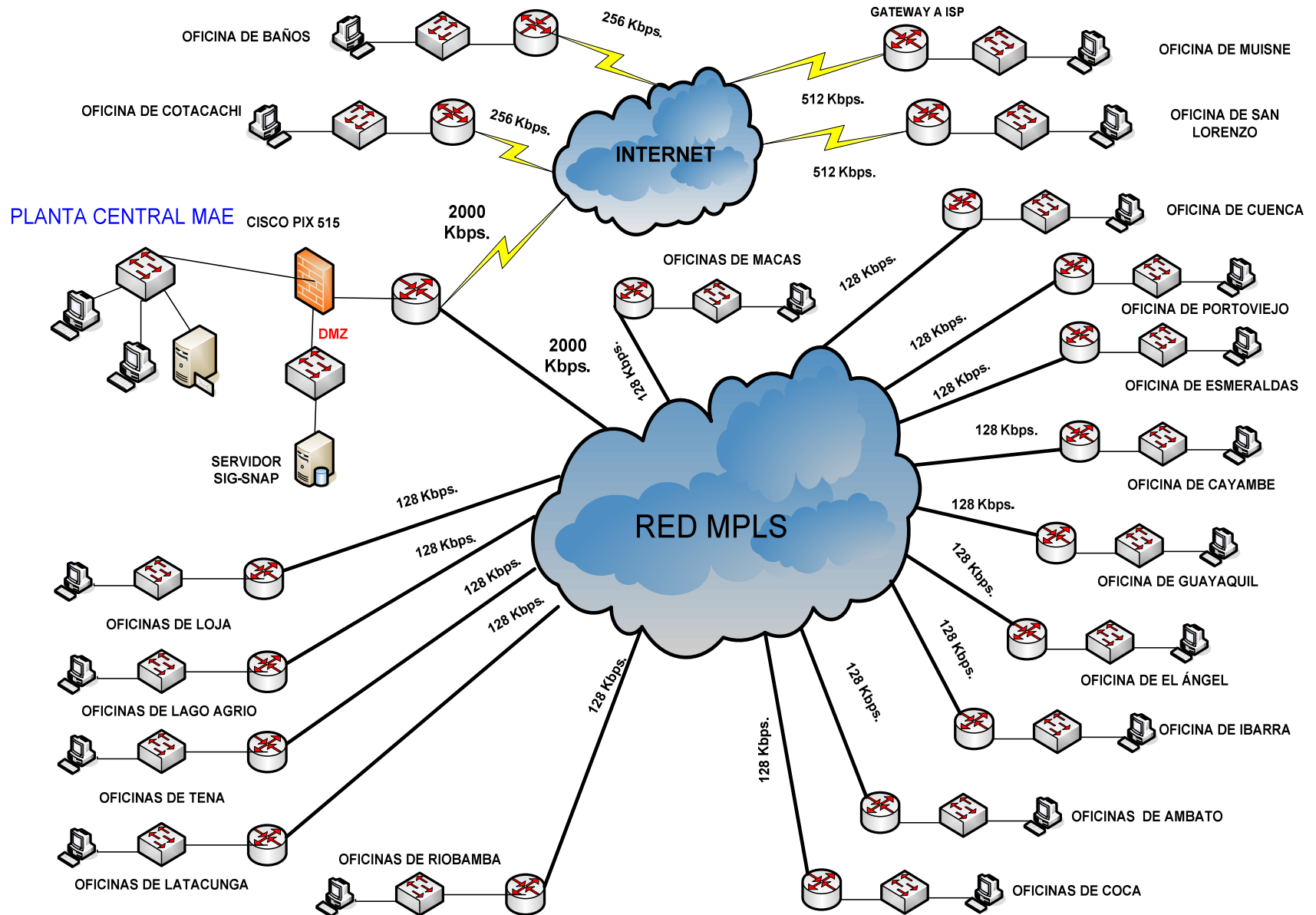


Figura 4.4 Diagrama de Red IP/MPLS para el MAE

4.4 SEGURIDAD DE LA RED

4.4.1 SEGURIDAD DE LAS REDES IP/MPLS ^[17]

Los clientes de las redes privadas virtuales confían en la seguridad de su red, históricamente las implementaciones de VPN basadas en circuitos virtuales de ATM o *Frame Relay*, han proporcionado esta seguridad en virtud a su característica de ser redes orientadas a la conexión. Sin embargo, la conexión a una red pública IP no puede proporcionar la misma protección, por lo tanto, las IP VPNs se han basado en la criptografía para garantizar la seguridad y autenticación.

Las redes privadas virtuales basadas en MPLS brindan una seguridad similar a los circuitos virtuales de capa 2. Esto significa que el equipo del cliente conectado a la VPN no necesita implementar IPsec o software criptográfico, representando un ahorro considerable al cliente en términos de gastos en equipos y complejidad en la administración.

La seguridad en una red IP/MPLS se debe a varios factores:

- En la red del proveedor de servicio, la conmutación de paquetes está dada en base a etiquetas (*labels*) y no en base a direcciones IP.
- Los caminos por los cuales se transportan los paquetes (LSPs) se originan y terminan en los enrutadores del proveedor de servicio (no en una red externa).
- En los enrutadores del proveedor de servicio, los LSPs están asociados con tablas de envío "*forwarding*" particulares, las mismas que están asociadas con determinadas interfaces del enrutador del proveedor de servicio. Además las mencionadas interfaces están asociadas con VPNs particulares.

4.4.2 POLÍTICAS DE SEGURIDAD ^[4]

En cualquier red de comunicaciones no se pueden eliminar o evitar completamente los riesgos de seguridad, como: robo de información, robo de identidad, pérdida/manipulación de datos, interrupción del servicio. Sin embargo, tanto la administración como la evaluación efectiva de riesgos, pueden minimizar significativamente los riesgos de seguridad existentes.

Para minimizar los riesgos es importante comprender que no existe un único producto que pueda asegurar a una organización. La verdadera seguridad de una red proviene de una combinación de productos y servicios, junto con una política de seguridad exhaustiva y un compromiso de respetar esa política.

Una política de seguridad es una declaración formal de las normas que los usuarios deben respetar a fin de acceder a los bienes de tecnología e información. Algunos de los puntos que deben incluirse en una política de seguridad son: políticas de identificación y autenticación, políticas de contraseñas, políticas de uso aceptable, políticas de acceso remoto y procedimientos para el manejo de incidentes.

Las políticas de seguridad sugeridas para la red del MAE son las siguientes:

- Permitir el acceso de usuarios externos a los servidores públicos del MAE vía Web, manteniendo segura la red interna local. Para cumplir con ésta política es necesaria la implementación de una zona desmilitarizada (DMZ).

Una DMZ hace referencia a un área de la red, que es accesible tanto para los usuarios internos como para los externos. Es más segura que la red externa, pero no tan segura como la red interna. Se crea a través de uno o más *firewalls* para separar las redes internas, externas o DMZ. Normalmente, en una DMZ se colocan servidores Web para acceso público, en este caso el servidor del SIG-SNAP.

En la figura 4.5 consta el diagrama de la zona desmilitarizada (DMZ) que debe crearse en la planta central del MAE.

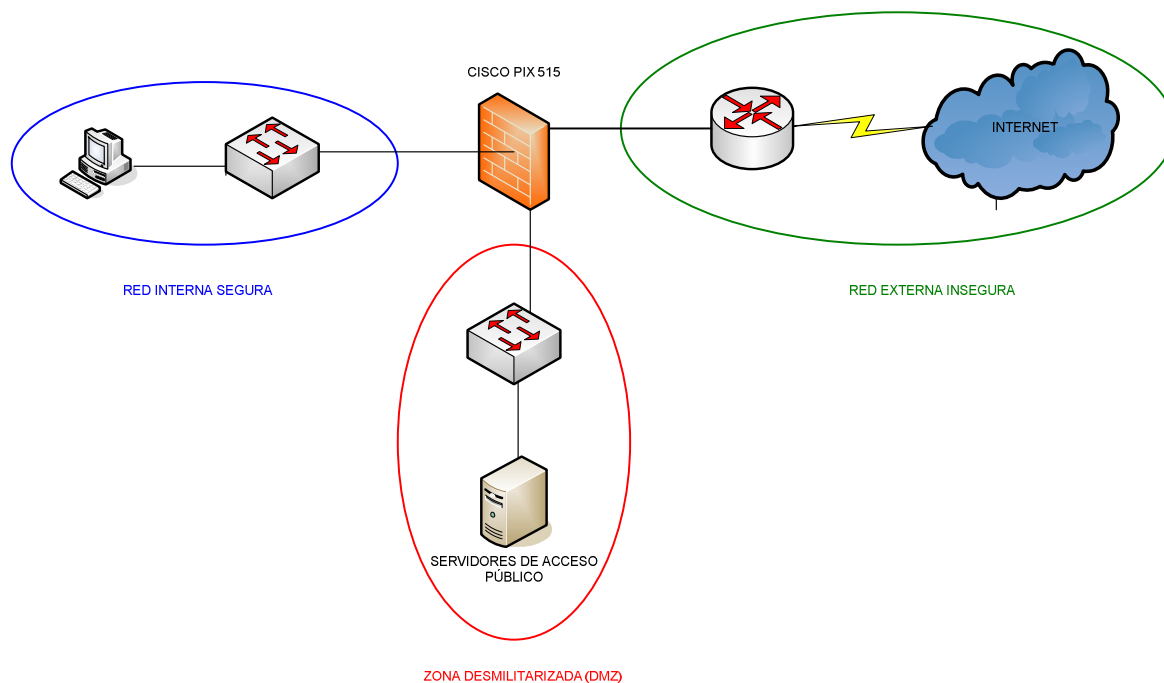


Figura 4.5 Esquema de la zona desmilitarizada para el MAE.

En la tabla 4.4 se presentan las características técnicas mínimas requeridas para el *firewall* del MAE y se comparan con las características brindadas por dos equipos *firewall* de marca CISCO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS REQUERIDAS	CISCO PIX 515	CISCO ASA 5510
Throughput de 190 Mbps	190 Mbps	300 Mbps
Filtrado de paquetes y contenidos	SI	SI
Número de sesiones: 4000	48000(R/DMZ) 130000(UR/FO)	50000(Base) 130000(Security Plus)
Sistema de detección de intrusos	SI	SI
Soporte de sesiones IPsec VPNs	Si soporta	Si soporta
Soporte de listas de acceso	Si soporta	Si soporta
3 puertos de red : red interna, DMZ y red externa	3 <i>Fast Ethernet</i> (DMZ)	6 <i>Fast Ethernet</i> (UR-FE/FO-FE)

Tabla 4.4 Comparación entre equipos CISCO PIX 515 con CISCO ASA 5510.

Los dos equipos cumplen con las características técnicas necesarias para implementar la DMZ del MAE, adicionalmente el equipo CISCO ASA 5510 presenta mejores características técnicas que el equipo CISCO PIX 515.

Se considera al CISCO PIX 515 como la mejor opción, debido a que el MAE actualmente cuenta con el equipo, por lo tanto, no se requiere hacer una inversión para la compra de un *firewall*.

- Autenticación de los usuarios técnicos que utilicen el SIG-SNAP, mediante nombre de usuario y contraseña. De esta manera gozarán de las funcionalidades que el SIG-SNAP ofrece a sus usuarios expertos.
- Controlar el acceso de los usuarios de planta central al servicio de Internet, lo cual puede implementarse con listas de acceso configuradas en el *firewall*.
- Aplicar un mecanismo de respaldo, completo y consistente, de la base de datos del SIG-SNAP; para lo que se recomienda implementar un servidor de datos o mantener discos duros duplicados.
- Las estaciones de trabajo deben contar con un antivirus que se actualice a diario, se recomienda adquirir un antivirus corporativo.
- Controlar el acceso lógico y físico a los equipos de la red de comunicaciones, de manera que tan solo el personal autorizado pueda realizar configuraciones o modificaciones.

Es recomendable el uso de *passwords* en los enrutadores y *switches*, para tener protegido el acceso a la línea de consola, al modo privilegiado y a las líneas administrativas (VTY, AUX). Como el protocolo Telnet es inseguro debido a que envía información sin encriptar, las sesiones al terminal virtual deben hacerse por medio del protocolo SSH, el cual encripta los datos.

Adicionalmente se sugiere actualizar periódicamente el CISCO IOS y contar con un *backup* de las configuraciones de los equipos, lo cual puede realizarse por medio de un servidor TFTP.

En cuanto al acceso físico a los equipos, éste debe estar limitado tan sólo a los administradores de la red del MAE, por lo que los equipos deben estar ubicados en oficinas apartadas al acceso del público. Además deben tener sistemas UPS (*Uninterruptible power supply*) y así evitar problemas con la provisión de energía eléctrica.

4.5 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL SIG-SNAP ^[12]

4.5.1 SERVIDOR WEB

Los servidores son computadoras de alto rendimiento utilizadas en empresas y otras organizaciones. Los servidores brindan servicios a muchos usuarios finales o clientes.

El hardware del servidor se optimiza para lograr un tiempo de respuesta rápido para múltiples solicitudes de red. Los servidores tienen varias unidades de procesamiento central (CPU), grandes cantidades de memoria de acceso aleatorio (RAM) y varias unidades de disco de alta capacidad que permiten encontrar información de manera muy rápida.

Para la elección del servidor Web del SIG-SNAP se toman en cuenta las recomendaciones de ESRI para el dimensionamiento de sus servidores ArcIMS. Estas recomendaciones se basan en las métricas de rendimiento publicadas por SPEC³⁰, ésta corporación crea un punto de referencia (*benchmark*) estándar para medir el rendimiento de servidores y controlar y publicar los resultados de estos *tests*.

³⁰ Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC) : <http://www.spec.org>

Para dimensionar un servidor ArcIMS que soporte un número pico de 18000 mapas en una hora (ver figura 4.6), se busca en el eje horizontal (*Displays/hr*) el número 18000 y se sube por el eje vertical hasta la línea cuya nomenclatura es *ArcIMS Image Service DC*. Hallado el punto de intersección se obtiene que el servidor requerido tiene una métrica SPEC igual a 17.3.

Para dimensionar el servidor del SIG-SNAP es necesario que se considere el número pico de mapas en una hora, calculado en el literal 3.2.4, que es igual a 220. Considerando que a lo largo de la vida útil del servidor, las visitas se multiplicarán por 10, el número pico de mapas por hora que deberá entregar el servidor será igual a 2200. Haciendo uso de la figura 4.6 encontramos que el servidor adecuado para tal propósito, debe tener una métrica de SPEC aproximadamente igual a 4.5.

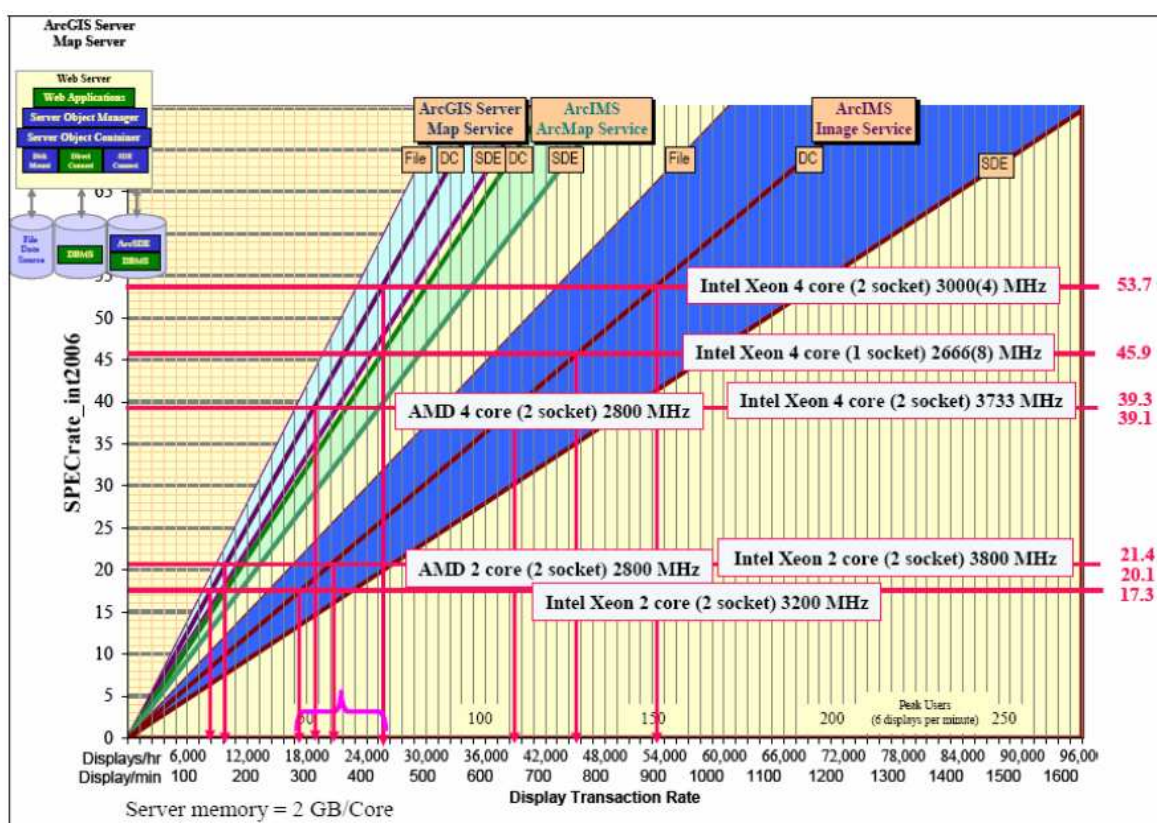


Figura 4.6 Dimensionamiento de servidores de SIG de acuerdo a su métrica SPEC.³¹

³¹ PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

Se recomienda que el servidor trabaje con el sistema operativo UNIX, ya que a pesar de ser más costoso provee mayor seguridad y estabilidad, así como el soporte de grandes bases de datos.

Utilizando la figura 4.7 y recordando que el servidor requerido para la implementación del SIG-SNAP, debe tener una métrica de SPEC mayor o igual a 4.5; es recomendable que el servidor sea como mínimo SUN SOLARIS de doble núcleo y 1600 Mhz.

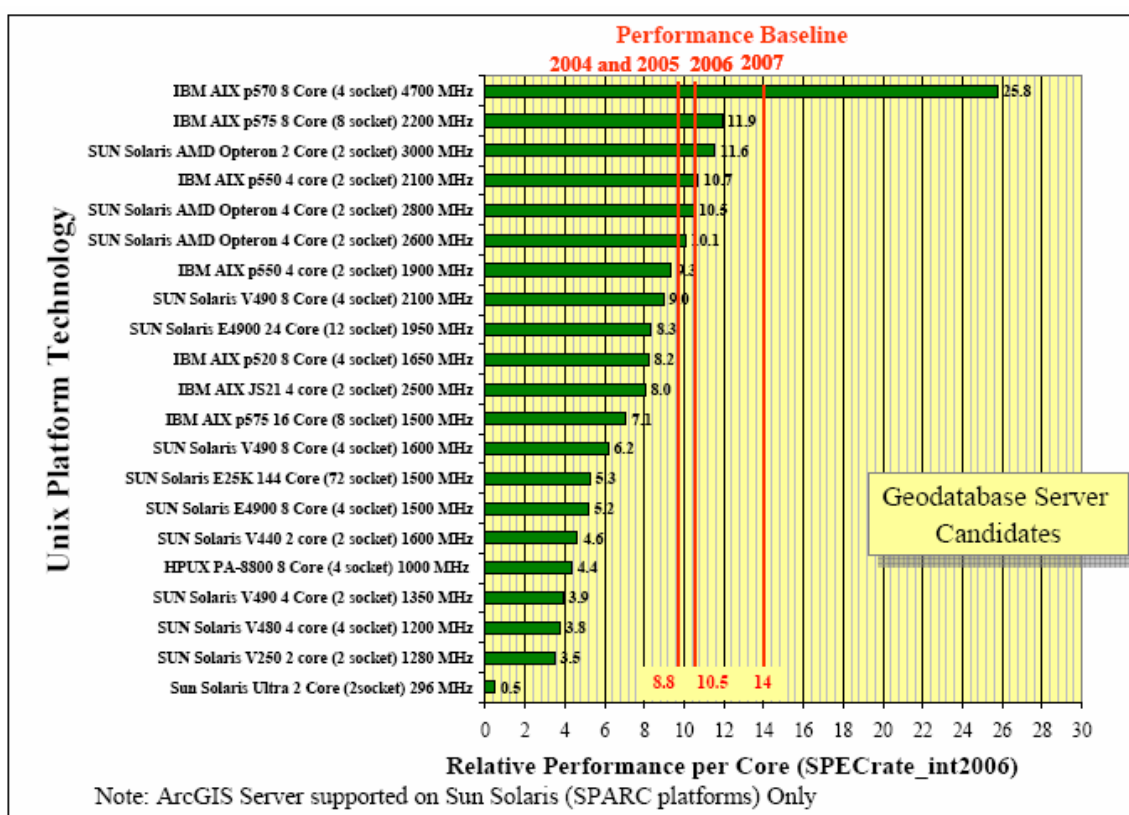


Figura 4.7 Métricas de SPEC para servidores UNIX.³²

³² PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

Las características requeridas para el servidor se presentan en la tabla 4.5.

SERVIDOR	Especificaciones técnicas
Sistema Operativo	SUN SOLARIS
Procesador	Doble núcleo 1.65 Ghz,
Memoria RAM	4 GB
Disco duro	500 GB y 10000 rpm
DVD-ROM	1 unidad.
Unidad de cinta	SCSI
Interfaz de red	2 NIC 10/100/1000 Mbps RJ-45.
Dispositivo RAS	Fuentes de poder y ventiladores redundantes.
Tarjetas	2 tarjetas HBA FC-AL a 4 Gbps para conexión redundante a sistema de almacenamiento. 1 tarjeta gráfica compatibles en AGP o PCI Express (NVidia, PNY, ATI, Matrox, 3DLabs)
Accesorios	Fuentes de poder y ventiladores redundantes. Cables y accesorios para montaje en RACK
Garantía	1 año de garantía

Tabla 4.5 Especificaciones técnicas recomendadas para el servidor SIG-SNAP.

4.5.2 ESTACIONES DE TRABAJO

Las estaciones de trabajo son computadoras comerciales muy potentes. Están diseñadas para aplicaciones especializadas de nivel superior, como programas de ingeniería, por ejemplo, CAD (diseño asistido por computadora). Las estaciones de trabajo se usan para diseño de gráficos 3-D, animación de vídeo y simulación de realidad virtual. También se pueden usar como estaciones de administración para telecomunicaciones o equipos médicos. Al igual que los servidores, las estaciones de trabajo suelen tener varias CPU, grandes cantidades de RAM y varias unidades de disco duro de gran capacidad y muy veloces. Por lo general, tienen capacidades gráficas muy potentes y un monitor grande o varios monitores.

La figura 4.8 provee un resumen de las estaciones de trabajo recomendadas por la tecnología ArcGIS, en donde se muestra la evolución del rendimiento de la plataforma Intel en los últimos ocho años.

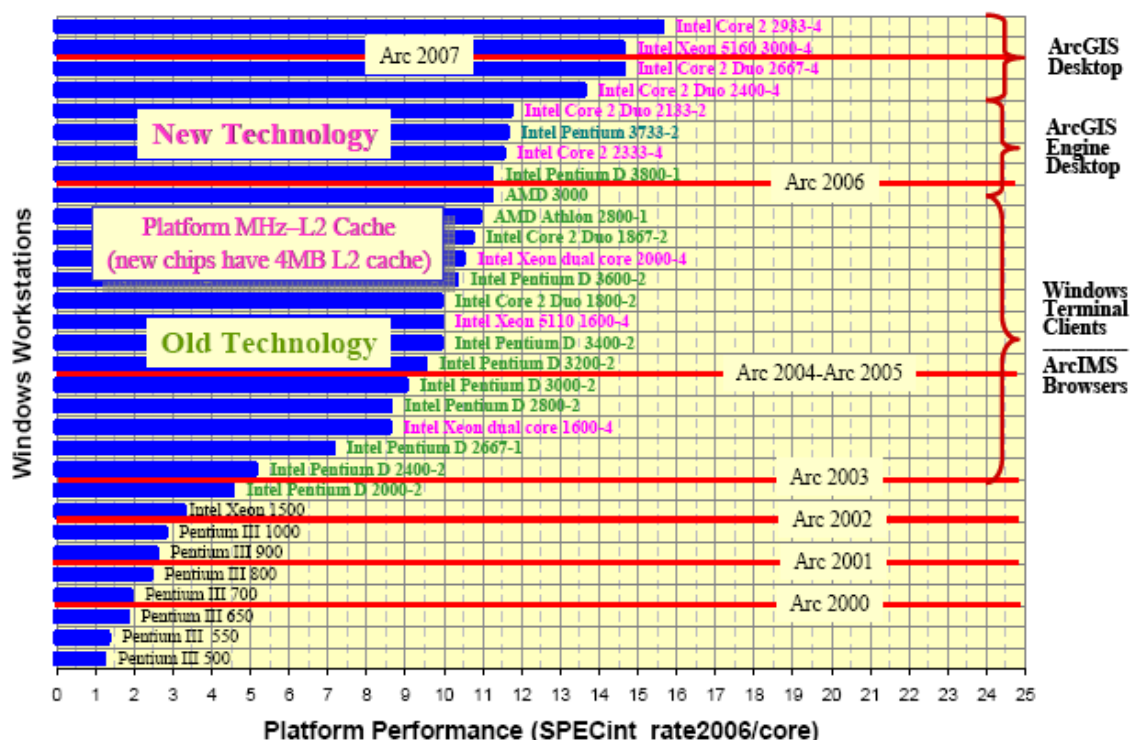


Figura 4.8 Evolución de las estaciones de trabajo recomendadas por ArcGIS.³³

Para una configuración de alto rendimiento, recomendada para los usuarios técnicos del SIG-SNAP, se recomienda que sus estaciones de trabajo tengan como mínimo las características presentadas en la tabla 4.6.

ESTACIÓN DE TRABAJO	Especificaciones técnicas
Procesador	Dual Core Intel de 2.66 GHz
Memoria Caché	4MB de memoria caché integrada L2.
Memoria RAM	4 GB DDR ECC 667Mhz (2 x 2).
Disco Duro	250GB a 10000 RPM
Tarjeta gráfica	Compatibles en AGP o PCI Express (Nvidia, PNY, ATI, Matrox, 3DLabs)
Monitor	Pantalla Plana de 19"
Tarjeta de red	1 NIC 10/100/1000 Mbps

Tabla 4.6 Especificaciones técnicas recomendadas para las estaciones de trabajo SIG.

³³ FUENTE: PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.

CAPÍTULO 5

COSTOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se presenta el costo referencial del proyecto, el mismo que comprende a los costos de conectividad y a los costos de equipamiento.

5.1 COSTOS DE CONECTIVIDAD

La conectividad comprende el acceso tanto de la planta central y de las oficinas remotas a la red interna del MAE. Los costos presentados en la tabla 5.1 no incluyen IVA y corresponden a la cotización de la empresa TELCONET por el servicio IP/MPLS.

ENLACE	Capacidad (Kbps.)	Tipo de Tráfico	Costo instalación (USD)	Costo mensual (USD)
PC-Esmeraldas	128	Datos	700	200
PC-Portoviejo	128	Datos	700	200
PC-Guayaquil	128	Datos	700	300
PC-Ibarra	128	Datos	700	200
PC-Ambato	128	Datos	700	200
PC-Cuenca	128	Datos	700	200
PC-Loja	128	Datos	700	200
PC-Lago Agrio	128	Datos	700	200
PC-Tena	128	Datos	700	200
PC-Latacunga	128	Datos	700	200
PC-Riobamba	128	Datos	700	200
PC-Macas	128	Datos	700	200
PC-Coca	128	Datos	700	200
PC-El Ángel	128	Datos	700	200
PC-Cayambe	128	Datos	700	200
PC-TELCONET	2000	Datos	500	380
PC-TELCONET	2000	Internet	-	1500
TOTAL			\$11000	\$4980

Tabla 5.1 Costo de instalación y mensual de la red IP/ MPLS para el MAE.

Por concepto de costos de conexión a Internet, se consideran las tarifas de la cuenta Premium de CNT. Tal como consta en las tablas 5.2 y 5.3.

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Baños	256	149.00
San Lorenzo	512	258.00
Cotacachi	256	149.00
Muisne	512	258.00
TOTAL		\$ 814.00

Tabla 5.2 Costo mensual para el acceso a Internet en oficinas sin cobertura IP/MPLS.

OFICINA	Capacidad (kbps.)	Costo (USD)
Esmeraldas	256	149.00
Portoviejo	256	149.00
Guayaquil	512	258.00
Ibarra	512	258.00
Ambato	128	126.00
Cuenca	128	126.00
Loja	56 (<i>Dial-up</i>)	16.49
Lago Agrio	512	258.00
Tena	512	258.00
Latacunga	56(<i>Dial-up</i>)	16.49
Riobamba	256	149.00
Macas	56(<i>Dial-up</i>)	16.49
Coca	256	149.00
El Ángel	256	149.00
Cayambe	256	149.00
TOTAL		\$2227.47

Tabla 5.3 Costos de conexión a Internet en oficinas regionales.

Por lo tanto, se requiere de \$11000 para la instalación de túneles IP/MPLS y de \$8021.47 a pagar mensualmente en las oficinas regionales del MAE.

5.2 COSTOS DE EQUIPAMIENTO

Para la implementación del SIG-SNAP, se necesita el equipo servidor que fue dimensionado en el literal 4.51, el mismo que estará localizado en la oficina del Centro de Información Ambiental (CIAM). Además se requiere una estación de trabajo por cada oficina remota, de manera que los usuarios técnicos accedan al SIG-SNAP.

Se toman en cuenta tres opciones para cada tipo de equipo, las mismas que constan de características técnicas y del precio internacional en dólares, no se considera ninguna clase de impuestos.

5.2.1 SERVIDOR DEL SIG-SNAP ^{[18], [19],[20]}

SERVIDOR	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Marca	Sun Fire V440	Sun SPARC Enterprise M3000	Sun SPARC Enterprise T5120
Características	2 procesadores UltraSPARC IIIi 1,593 GHz, 64 bits 4 GB de memoria 4 discos SCSI Ultra320 de 73 GB a 10.000 rpm DVD-ROM 2 fuentes de alimentación S.O. Solaris Garantía estándar	procesador 1 x 2.52 GHz SPARC64 VII 2-core on 1 Board 4 GB de memoria disco de 292 GB (2 x 146 GB) a 10000 rpm SAS Disks 1 CD-RW/DVD-RW 2 x 100-240 V AC power cooling 2 unidades Rack S.O. Solaris 10 pre instalado 1 año de garantía	Quad-Core UltraSPARC T2, 1.2 GHz, 32 Threads 4 GB (4 x 1 GB DIMMs) 292 GB (2 x 146 GB) 10000 rpm 2.5-Inch SAS Disks DVD-RW Drive 4 x 10/100/1000 Ethernet, 3 PCIe; One x8-Lane, Two x4-Lane or XAUI 2 x 100-240 V AC power cooling S.O. Solaris 10 pre instalado 1 año de garantía
Costo(USD)	\$18194	\$14795	\$12795

Tabla 5.4 Opciones para equipo servidor del SIG-SNAP.

Se considera a la primera opción como la más adecuada para la implementación del servidor del SIG/SNAP, debido a que a pesar de ser la más costosa, presenta las mejores características técnicas. Por lo tanto el MAE debe invertir \$18194 para la compra del equipo servidor.

5.2.2 ESTACIONES DE TRABAJO ^{[21], [22],[23]}

ESTACIÓN DE TRABAJO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Marca	Gateway E-6610D SB	HP XW4600	DELL Precision T5400
Características	Intel Core 2 Duo 1 GB RAM HDD 1x 73GB Graphics Card: nVidia Quadro FX 550	Core 2 Duo 3 GHz 4GB RAM HDD 1x 250 GB DVD RW Gigabit Ethernet	Quad Core Intel Xeon 3,3 GHz 4 GB RAM HDD 1x 250 GB Graphic Card: NVIDIA Quadro FX 1700
Costo(USD)	\$1582.00	\$1375.99	\$1420.42

Tabla 5.5 Opciones para estación de trabajo de SIG.

La mejor opción es la tercera, ya que tiene el menor costo: además la estación de trabajo presenta excelentes especificaciones técnicas y cuenta con una tarjeta gráfica NVIDIA, la misma que es útil para el trabajo orientado a SIG. Por lo tanto, para equipar de esta marca de estaciones de trabajo a las 19 oficinas remotas del MAE, se requiere una inversión de 25087.98 dólares.

Los costos para la implementación del SIG-SNAP se resumen en la tabla 5.6.

COSTOS	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
CONECTIVIDAD	Instalación	\$11000.00
	Mensualidad	\$8021.47
EQUIPAMIENTO	Estaciones de trabajo (19)	\$26987.98
	Servidor (1)	\$18194.00
DISEÑO DE LA RED	4 meses de trabajo	\$4000.00

Tabla 5.6 Resumen de costos para la implementación del SIG-SNAP.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Las oficinas del Ministerio del Ambiente del Ecuador actualmente no están conectadas en una red de comunicaciones, pero en el presente la interconexión se hace necesaria, debido a la implementación de sistemas Web que facilitan el trabajo de sus empleados y brindan información al público en general.
- El Sistema de Información Geográfica para la Áreas Protegidas (SIG-SNAP) aporta valiosa información que ayuda en la conservación de la biodiversidad de nuestro país, reconociendo que el sistema en si no es una solución al problema ambiental, pero se constituye en una herramienta que brindará datos exactos acerca de nuestras áreas protegidas.
- El conocimiento de las necesidades de los empleados del MAE, brindó luces y orientación al planteamiento de las soluciones de conectividad. Cabe recalcar que tanto en el diseño de una red de comunicaciones como en cualquier tarea de investigación científica, el punto central y de mayor importancia es el ser humano, siendo secundarios intereses económicos o de cualquier otra índole.
- Las alternativas tecnológicas que se analizaron para la conectividad entre oficinas remotas y la planta central del MAE, fueron juzgadas bajo una serie de criterios para ser consideradas como una solución idónea, entre los aspectos que se analizaron están: la disponibilidad geográfica, escalabilidad, flexibilidad, calidad de servicio, seguridad y costos. En el

respectivo análisis se concluyó que la tecnología de redes privadas virtuales sobre una infraestructura MPLS, es la más aconsejable para la interconexión de las oficinas del MAE.

- IP/MPLS ofrece a las empresas muchos beneficios, incluidos priorización de tráfico, rendimiento de aplicaciones predecible y calidad de servicio integradas. Dado que se trata de una tecnología altamente escalable y menos compleja que sus predecesores, las empresas ganan además en flexibilidad, en reducción y control de costes y carga de trabajo.
- Es de suma importancia el diseño de una red segura, considerando que los problemas de seguridad no son únicamente técnicos, sino también humanos. Por lo tanto, hay que educar a los usuarios en el uso de la infraestructura informática, trabajar con los usuarios y no contra los usuarios, además de informarles con claridad sobre las políticas de seguridad de la organización.
- En cuanto a los costos para la implementación de la red de comunicaciones IP/MPLS, se concluye que en la actualidad este tipo de tecnología hace más asequible la implementación de redes extensas, ya que las empresas pueden aprovechar los recursos compartidos de un proveedor de servicios o incluso Internet, para crear su VPN a un precio inferior, comparado con el gasto que supone arrendar una línea o una red.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para la elección de un proveedor de servicio IP/MPLS se recomienda la evaluación de ciertos factores claves como son: el acuerdo de nivel de servicio (SLA) ofrecido, la cobertura geográfica de su infraestructura de red, el alcance y el coste de los servicios de gestión y monitorización de la red, así como el nivel de seguridad brindado.

- Para la elección de la plataforma que soporte al servidor del SIG-SNAP se dan las siguientes recomendaciones: identificar las necesidades de los usuarios y apoyarse en las estrategias de diseño de ESRI, de manera de conocer las especificaciones técnicas mínimas que ésta debe cumplir; evaluar a los posibles vendedores del hardware y software necesario para la implementación del sistema, seleccionando aquel que brinde un precio competitivo, como también el soporte técnico y la garantía de sus productos.
- Se recomienda a los administradores de la red del Ministerio del Ambiente, el monitoreo continuo y programado del tráfico de la red de comunicaciones, de manera de dar soluciones efectivas a los problemas que presenten los usuarios. Por lo tanto, es necesario contar con un documento de “línea de base” de la red, el mismo que muestra la operación de la red en condiciones normales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio del Ambiente del Ecuador: www.ambiente.gov.ec
- [2] SILBERSCHATZ, KORTH Henry, SUDARSHAN S., Fundamentos de Bases de Datos, cuarta edición, Ed. McGraw-Hill, 2002.
- [3] SABANDO Carlos, Servicios avanzados de red, Servicios Web geográficos: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=252, abril 2003.
- [4] CISCO Systems: www.cisco.com
- [5] IFXNETWORKS, IFX MPLS/VPN whitepaper: www.ifxnetworks.com
- [6] HERRERA Jordi, GARCÍA Joaquín, Perramón Xavier, Aspectos avanzados de seguridad en redes, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, 2004.
- [7] CALDERÓN Óscar, HESSELBACH Xavier. Consideraciones sobre el balanceo de carga en redes MPLS, XIX SIMPOSIUM NACIONAL DE LA UNIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL DE RADIO, Barcelona, 2004.
- [8] GARCÍA Manuel, GARCÍA Sara, Intranet del Sistema de Información y Documentación ambiental.
<http://www.ucm.es/info/multidoc/lateral/articulos/Metadato-carto.pdf>
- [9] TÉSIS: BUENO Jaime, Interacción y Visualización utilizando herramientas comerciales para el desarrollo de un GIS volcánico, Universidad de las Américas Puebla, México 2004.
- [10] CIAT “Centro Internacional de Agricultura Tropical”:
<http://gisweb.ciat.cgiar.org/SIG/esp/tecnologias-esri.htm>
- [11] GEOSYSTEMS MAPPING SOLUTIONS:
<http://www.geosystems.cc/ArcGISServer.php>
- [12] PETERS Dave, System Design Strategies, ESRI, julio 2007.
- [13] TELCONET: www.telconet.com
- [14] IFXNETWORKS, 10 razones para migrar a MPLS VPN: www.ifxnetworks.com
- [15] TÉSIS: DÍAZ Luis, MPLS en la red del IPN, Instituto Politécnico Nacional, México 2006.
- [16] VIVEK Alwayn, Advanced MPLS Design and Implementation, Cisco Press,

2001.

[17] DAVIE Bruce, FARREL Adrian, MPLS: Next Steps, Ed. Morgan Kaufmann, 2008.

[18] SERVIDOR SUN V440:

http://catalog.sun.com/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/Sun_Catalogue-Sun_Catalogue_AR-Site/es_ES

[19] SERVIDOR SUN T5120:

<http://www.sun.com/servers/coolthreads/t5120/index.xml>

[20] SERVIDOR SUN M3000:

<http://www.sun.com/servers/midrange/m3000/>

[21] ESTACION DE TRABAJO GATEWAY:

<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2069888,00.asp>

[22] ESTACION DE TRABAJO DELL:

http://www1.euro.dell.com/content/products/productdetails.aspx?c=es&cs=esbsdt1&id=precn_t5400&l=es&s=bsd

[23] ESTACION DE TRABAJO HP:

<http://www.dealtime.com/xPO-Hewlett-Packard-Hp-XW4600-WS-C2D-3-0-2GB-250GB-DVDR-WVB32-W-DWNGRD-RB461UTABA>