

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA

**INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES “MARIO GULICH”**



Proyecto del trabajo de grado previo a la obtención del título académico de:

**MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE RESPUESTA Y  
ALERTA TEMPRANA A EMERGENCIAS**

Tema:

**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL  
ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL,  
USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

ELABORADO POR:  
**ING. CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES**  
QUITO-ECUADOR

DIRECTOR  
**GEOL. CHRISTIAN IASIO, Ph.D**  
ROMA-ITALIA  
EURAC / HENESIS

CODIRECTOR  
**AGRIM. GABRIEL PLATZECK**  
CÓRDOBA-ARGENTINA  
IG / INVAP

Córdoba - Argentina, 17 de Junio del 2015

**INFORME QUE PRESENTA EL SR. DR. CHRISTIAN IASIO, SOBRE LA ELABORACIÓN DE LA TESIS DE MAESTRÍA EN APLICACIONES ESPACIALES DE ALERTA Y RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS, DESARROLLADA POR EL SR. ING. CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES.**

**1. ANTECEDENTES**

Según coordinación con el INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES “MARIO GULICH” en el mes de Febrero del 2013, fue aprobado el Plan de Tesis con el Tema “PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.

**2. DESARROLLO**

El Trabajo se desarrolló con los siguientes capítulos:

- A. CAPÍTULO 0:**  
ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR (FORMULACIÓN)
- B. CAPÍTULO I:**  
EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA
- C. CAPÍTULO II:**  
ENCUADRAMIENTO, UBICACIÓN ESPACIAL, MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO
- D. CAPÍTULO III:**  
ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR EN EL PROCESO DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES (ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO)
- E. CAPÍTULO IV:**  
CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E), Y DESCENTRALIZADO EN UNA RED DE SITIOS REMOTOS (AREAS FUERTES, SUCURSALES SEGURAS O SITIOS REMOTOS)
- F. CAPÍTULO V:**  
VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL (ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS) USANDO TECNOLOGÍA GEO\_AEROESPACIAL
- G. CAPÍTULO VI:**  
PLAN DE ACCIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA

Y considero como Director de Tesis, que este desarrollo, cumple con los parámetros, procedimientos y normas que el Instituto requiere.

### 3. CONCLUSIONES

La tesis de grado titulada:

**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”,**

Constituye un aporte absoluto como herramienta para el proceso de toma de decisiones en la carrera geo\_aeroespacial del Ecuador.

Es necesario indicar que el Ecuador es un país que no tiene generalizada su estructura espacial desde el punto de vista de apoyo al desarrollo, integrado a competencias multidisciplinarias. A diferencia de otros países, enfrentamos un proceso totalmente nuevo en el tema GEO\_AEROESPACIAL y sus APLICACIONES, lo que han hecho que el desarrollo de esta tesis se construya desde un ambiente de propuesta MARCO y desencadene en algo ESPECÍFICO como una demostración, de su gran gama posterior.

Es necesario de igual forma indicar que el aporte al país es muy grande, y pese a todas las dificultades que se tuvieron que enfrentar se logró establecer una línea base para el proceso de toma de decisiones, en los ámbitos de estas competencias.

### 4. RECOMENDACIONES

En razón de haber cumplido con todos los objetivos establecidos en el plan de tesis, me permito recomendar y solicitar a usted Sr. DIRECTOR DEL INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES “MARIO GULICH”, se realicen los trámites pertinentes para la defensa de este trabajo de investigación.

<b>EL DIRECTOR</b>          <b>GEOL. CHRISTIAN IASIO, Ph.D</b> ROMA – ITALIA	<b>EL CODIRECTOR</b>          <b>AGRIM. GABRIEL PLATZECK</b> CÓRDOBA - ARGENTINA
---	---

## **DECLARACIÓN**

Yo, **CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES C.C 1708272479**, de nacionalidad ECUATORIANA, declaro que el trabajo aquí descrito es de absoluta autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y. que toda consulta está debidamente ligada a sus referencias bibliográficas.

El presente trabajo contiene información que puede hacer uso el INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES “MARIO GULICH”, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

**ELABORADO POR:**

**CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES**  
QUITO-ECUADOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA

**INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES “MARIO GULICH”**



Proyecto del trabajo de grado previo a la obtención del título académico de:

**MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE RESPUESTA Y  
ALERTA TEMPRANA A EMERGENCIAS**

Tema:

**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL  
ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA  
VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL,  
USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

ELABORADO POR:  
**ING. CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES**  
QUITO-ECUADOR

DIRECTOR  
**GEOL. CHRISTIAN IASIO, Ph.D**  
ROMA-ITALIA  
EURAC / HENESIS

CODIRECTOR  
**AGRIM. GABRIEL PLATZECK**  
CÓRDOBA-ARGENTINA  
IG / INVAP

Córdoba - Argentina, 17 de Junio del 2015

## **DEDICATORIA**

A MI PATRIA ECUADOR Y A ESE GRAN PAÍS COMO ES ARGENTINA, POR SER EL ARTÍFICE DE ESTE PROCESO Y EXPERIENCIA DE VIDA.

A MI EJÉRCITO ECUATORIANO, POR PERMITIRME ADQUIRIR ESTOS CONOCIMIENTOS EN BENEFICIO DEL PAÍS.

A MIS PADRES, CARLOS ESTRELLA Y LUCIA PAREDES, POR SU EJEMPLO, DEDICACIÓN, AMOR Y CONFIANZA DEPOSITADA EN MI PERSONA.

A MI ESPOSA PAULINA Y A MIS AMADOS HIJOS, CARLOS LUIS Y ANA PAULA, POR SU APOYO INCONDICIONAL, PACIENCIA, Y SACRIFICIO.

A MIS AMIGOS Y MI FAMILIA TODA, POR SIEMPRE CREER EN MIS ANHELOS DE SUPERACIÓN.

**CARLOS M. ESTRELLA P.  
CC 1708272479  
QUITO - ECUADOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haber sido mi fuente espiritual durante toda mi vida.

A mis Padres, por su amor y ejemplo.

A mi Esposa por su cariño, sacrificio y apoyo.

A mis Hijos, por ser fuente de mi profunda inspiración y motor de lucha constante.

A mi Glorioso Ejército Ecuatoriano por brindarme la oportunidad de incursionar en esta Ciencia.

A la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por permitirme ser parte de su equipo de trabajo en este proceso académico.

A la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), a la Facultad de Matemática Astronomía y Física (FAMAF), y al Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich” (IG) por su gran apoyo y Direccionamiento.

A la Agencia Espacial Italiana (ASI) por permitirme encontrar la dirección general del proceso de Investigación a través de mi pasantía de estudios en Segmento de Tierra y Espacio Ultraterrestre.

A la Sociedad Italiana para la Organización Internacional (SIOI) por permitirme desarrollar el Master en Política Espacial y conocer el proceso de la carrera espacial en todos sus esquemas.

Al Sr. Director (Dr. Christian Iasio – Italia) y Codirector (Agrim. Gabriel Platzeck - Argentina) de tesis, por el apoyo brindado para la culminación exitosa de este estudio.

Al Sr. Director de Maestría (Dr. Marcelo Scavuzzo), a todo el cuerpo de Profesores, a mis grandes amigos ecuatorianos, italianos y argentinos, a mis queridos compañeros de maestría, a mi equipo de Investigación tanto del Instituto Espacial Ecuatoriano como del Instituto Geográfico Militar con especial atención a la Srta. Ing. Flor María Chiriboga, y todas aquellas personas que de alguna manera me proporcionaron su apoyo desinteresado, tiempo, amistad, trabajo y conocimiento durante el desarrollo del Master.

**CARLOS M. ESTRELLA P.  
CC 1708272479  
QUITO – ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES C.C 1708272479**, de nacionalidad Ecuatoriana, como requerimiento parcial a la obtención del Título de **MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE RESPUESTA Y ALERTA TEMPRANA A EMERGENCIAS**, observando fielmente las disposiciones metodológicas y técnicas que regulan la actividad académica, por lo que autorizamos que se reproduzca el documento definitivo, presente a las autoridades del Instituto de Altos Estudios Espaciales “Mario Gulich” y a la Facultad de Matemática Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, y proceda a la exposición del contenido.

Córdoba - Argentina, 01 de Septiembre del 2014

<b>EL DIRECTOR</b>  <b>DR. GEOL. CHRISTIAN IASIO</b> ROMA – ITALIA	<b>EL CODIRECTOR</b>  <b>AGRIM. GABRIEL PLATZECK</b> CÓRDOBA - ARGENTINA
---	---



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

TESIS_MSC_00 <b>CAPÍTULO 0: ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA</b>	ii
<b>INFORME QUE PRESENTA EL SR. DR. CHRISTIAN IASIO, SOBRE LA ELABORACIÓN DE LA TESIS DE MAESTRÍA EN APLICACIONES ESPACIALES DE ALERTA Y RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS, DESARROLLADA POR EL SR. ING. CARLOS MANUEL ESTRELLA PAREDES.</b>	ii
<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	ii
<b>2. DESARROLLO.....</b>	ii
A. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA B. INTRODUCCIÓN C. ENCUADRAMIENTO, UBICACIÓN ESPACIAL, MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO D. ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES E. CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E) Y DESCENTRALIZADO EN UNA RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES) F. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL (ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS) USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL G. PLAN DE ACCIÓN, RESULTADOS Y DISCUSIONES H. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA	
<b>3. CONCLUSIONES.....</b>	iii
<b>4. RECOMENDACIONES.....</b>	iii
<b>5. VARIOS.....</b>	iv
DECLARACIÓN CARATULA DEDICATORIA AGRADECIMIENTO CERTIFICACIÓN INDICE DE CONTENIDOS	

TESIS_MSC_01	
<b>CAPÍTULO I: EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA</b>	<b>01</b>
<b>1. RESUMEN</b> .....	<b>01</b>
<b>2. ABSTRACT</b> .....	<b>01</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>02</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>02</b>
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	<b>03</b>
<b>A. OBJETIVO GENERAL</b>	
<b>B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	
<b>6. ALCANCE, LIMITACIONES Y DELIMITACIONES</b> .....	<b>04</b>
<b>A. ALCANCE</b>	
<b>B. LIMITACIONES</b>	
<b>C. DELIMITACIONES</b>	
<b>7. HARDWARE/EQUIPOS, SOFTWARE, CARTOGRAFÍA E IMÁGENES DE SATÉLITE</b> .....	<b>05</b>
<b>A. HARDWARE / EQUIPOS</b>	<b>05</b>
<b>1) Georadar (GPR, Ground Penetrating Radar)</b>	
<b>2) Scanner Lasser-3D / LIDAR Lateral</b>	
<b>3) Resistivímetro (STRATAGEM) / SEV</b>	
<b>4) GPS Diferencial R8 (Global Positioning System)</b>	
<b>B. SOFTWARE</b>	<b>09</b>
<b>1) ENVI –SARscape</b>	
<b>2) ESRI – ArcGIS 10.1</b>	
<b>3) ERDAS</b>	
<b>4) NEST (Next ESA SAR Toolbox)</b>	
<b>C. CARTOGRAFÍA E IMÁGENES DE SATÉLITE</b>	<b>14</b>
<b>1) Ortofotos, Imágenes Rapid Eye, DEM (radargrametría), Cosmo SkyMed</b>	
TESIS_MSC_02	
<b>CAPÍTULO II: ENCUADRAMIENTO, UBICACIÓN ESPACIAL, MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO</b>	<b>16</b>
<b>1. ENCUADRAMIENTO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. UBICACIÓN ESPACIAL DEL ECUADOR</b> .....	<b>18</b>
<b>A. POSICIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>19</b>
<b>B. UBICACIÓN ASTRONÓMICA</b>	<b>19</b>
<b>C. GEOGRAFÍA FÍSICA</b>	<b>19</b>
<b>D. ECUADOR CONTINENTAL (AREA DE ESTUDIO)</b>	<b>20</b>

<b>3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS.....</b>	<b>20</b>
<b>A. EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR</b>	<b>20</b>
<b>B. DATA WAREHOUSE / ALMACEN DE DATOS: ESQUEMA EN ESTRELLA</b>	<b>20</b>
<b>C. MODELAMIENTO Y PROCESOS</b>	<b>22</b>
<b>D. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO</b>	<b>23</b>
1) Rango energético del Espectro Electromagnético	
2) Espectro Electromagnético	
3) Regiones y Aplicaciones del Espectro Electromagnético	
a. Rayos Gamma	
b. Rayos X	
c. UV. Ultravioleta	
d. Espectro Visible	
e. Infrarrojo (cercano, medio, térmico)	
f. Microondas (radar - radio)	
<b>E. HERRAMIENTAS GEOESPACIALES (SENSORAMIENTO REMOTO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA)</b>	<b>35</b>
1) Sensoramiento Remoto	
2) SIG. Sistemas de Información Geográfico	
a. Definición de un SIG/GIS (Sistema de Información Geográfico)	
b. Operaciones y funciones de un SIG	
c. Componentes de un SIG	
d. Datos de un SIG	
e. Modelo y estructura de datos en un SIG	
f. Proyecciones y sistemas de coordenadas	
g. Sistemas, superficies y marcos de referencia	
<b>F. SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL (Doctrina C4ISR) – CENTRO DE OPERACIONES GEO_AEROESPACIALES (Módulo EMERGENCIAS) – SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS C4E (Comando Control Computadoras Comunicaciones Emergencias)</b>	<b>51</b>
1) Doctrina C4ISR	
2) Centro de Operaciones GEO_AEROESPACIALES (Seguridad, Defensa, Desarrollo Nacional y Emergencias)	
3) Sistema de Comando y Control para Emergencias (C4E. Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias)	
<b>G. RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES)</b>	<b>57</b>
1) Redes Geodésicas	
2) Clasificación de las Redes	
3) Métodos Utilizados para su determinación	
a. Triangulación	
b. Poligonación	
4) Triángulos de DELAUNAY	
5) Polígonos de VORONOI	
<b>H. EL MODELO CARTOGRÁFICO</b>	<b>62</b>
1) Aplicaciones en SIG	
a. Aplicaciones Descriptivas	
b. Aplicaciones Prescriptivas o Predictivas	

<ul style="list-style-type: none"> <li>2) Introducción a Manipulaciones con Álgebra de mapas             <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Operadores</li> <li>b. Funciones espaciales</li> <li>c. Funciones locales</li> <li>d. Operaciones de Vecindad</li> <li>e. Funciones en bloque</li> <li>f. Funciones zonales</li> <li>g. Funciones globales</li> </ul> </li> <li>3) Proceso de Toma de Decisión             <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Inteligencia</li> <li>b. Diseño</li> <li>c. Opción</li> <li>d. Monitoreo</li> </ul> </li> <li>4) Métodos Cuantitativos de Pronóstico             <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Regresión Lineal</li> <li>b. Promedios Móviles</li> <li>c. Promedio Móvil Ponderado</li> <li>d. Suavización Exponencial</li> <li>e. Suavización Exponencial con Tendencia</li> </ul> </li> <li>5) Método DELPHI             <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Selección de Criterios</li> <li>b. Selección de Variables</li> <li>c. Selección de Pesos</li> <li>d. Toma de Decisión</li> </ul> </li> <li>6) Análisis MULTICRITERIO</li> <li>I. VULNERABILIDAD             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Marco de Acción de HYOGO 2005-2015                 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Prioridades de Acción</li> </ul> </li> <li>2) El Riesgo y la Gestión de Emergencias                 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Riesgo</li> <li>b. Peligrosidad o Amenaza</li> <li>c. Vulnerabilidad</li> <li>d. Exposición, Alerta y Alarma</li> <li>e. Crisis</li> <li>f. Desastre</li> </ul> </li> <li>3) Gestión y Manejo de Riesgo (<math>R=H*V</math>)                 <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Progresión de la Vulnerabilidad. Modelo de Presión y Liberación (Modelo PAR)</li> <li>b. Modelo de ACCESO</li> </ul> </li> <li>4) Inteferometría Radar</li> <li>5) Contextualización y Prognosis</li> <li>6) Método AHP (Proceso Analítico Jerárquico / Analytic Hierarchy Process) Thomas L. Saaty</li> </ul> </li> </ul>	68
<p>TESIS_MSC_03</p> <p><b>CAPÍTULO III: ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR EN EL PROCESO DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES</b></p> <p><b>1. ESTADO DE ARTE DE LA EEE (ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR)</b></p>	79

<b>(Espectro Electromagnético y su distribución organizacional).....</b>	<b>79</b>
<b>2. CONSTRUCCIÓN DE LA EEE (Data WareHOUSE / Almacén de Datos: ESQUEMA EN ESTRELLA).....</b>	<b>79</b>
<b>A. MDN. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL</b>	<b>80</b>
<b>B. IGM. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR</b>	<b>80</b>
<b>C. INOCAR. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA</b>	<b>81</b>
<b>D. IEE. INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO</b>	<b>81</b>
<b>E. INAE. INSTITUTO ANTÁRTICO ECUATORIANO</b>	<b>82</b>
<b>F. FFAA. FUERZAS ARMADAS</b>	<b>83</b>
<b>G. ACADEMIA. ESPE. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FFAA</b>	<b>83</b>
<b>H. MINISTERIOS DEL ESTADO</b>	<b>84</b>
<b>I. OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS Y PRIVADOS</b>	<b>84</b>
<b>J. IPIs. INSTITUTOS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>84</b>
<b>K. ORGANISMOS INTERNACIONALES</b>	<b>85</b>
<b>3. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS.....</b>	<b>86</b>
<b>A. PROCESOS GOBERNANTES</b>	<b>86</b>
<b>B. PROCESOS AGREGADORES DE VALOR</b>	<b>86</b>
<b>C. PROCESOS HABILITANTES</b>	<b>86</b>
<b>4. DELIMITACIÓN DE ÁREAS EN FUNCIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....</b>	<b>88</b>
<b>TESIS_MSC_04</b>	
<b>CAPÍTULO IV: CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E) Y DESCENTRALIZADO EN UNA RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES)</b>	<b>90</b>
<b>1. ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN INTEGRAL DE UN CENTRO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E) COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES DE LA EEE / CENTRALIZACIÓN.....</b>	<b>90</b>
<b>A. DOCTRINA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS</b>	<b>90</b>
<b>B. ELEMENTOS DE SISTEMA C4E</b>	<b>90</b>
<b>1) C2. Comando y Control</b>	
<b>2) C2+C=C3+C=C4. Comando (toma de decisión), Control (Interconexión de sitios remotos o sucursales seguras), Comunicaciones (Comunicaciones y Redes Informáticas), y Computadoras (Medios para el procesamiento)</b>	
<b>3) C4+E=C4E. Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras y Emergencias (Alerta y Respuesta Temprana)</b>	
<b>C. PRINCIPIOS DEL SISTEMA C4E</b>	<b>94</b>
<b>1) Generalidades</b>	
<b>2) Principios de C4E</b>	
<b>3) Consideraciones Especiales</b>	
<b>D. INTEGRACIÓN DE LAS FUNCIONES DE APOYO AL C4E</b>	<b>96</b>
<b>1) Logística</b>	
<b>2) Personal</b>	
<b>E. ESTRUCTURA GLOBAL DEL SISTEMA C4E</b>	<b>97</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Antecedentes</li> <li>2) Descripción General del Sistema C4E</li> <li>3) Análisis del Sistema C4E <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Hardware</li> <li>b. Software</li> <li>c. Personal</li> <li>d. Geodatos</li> <li>e. Procedimientos / Acciones</li> </ul> </li> <li>4) Niveles de Conducción de la Emergencia</li> <li>5) Estructura del Sistema C4E</li> <li>6) Funcionalidad del Sistema C4E</li> </ul>	
<p><b>2. METODOLOGÍA (MODELO MULTICRITERIO) PARA EL DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE UNA RED DE SITIOS REMOTOS QUE APOYEN A LOS PROCESOS DE ALERTA Y RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS. / DESCENTRALIZACIÓN.....</b></p>	100
<p><b>A. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE ACCESIBILIDAD</b></p>	101
<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Metadatos de Accesibilidad <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Características del terreno</li> <li>b. Relieve</li> <li>c. Vías</li> <li>d. Ríos</li> <li>e. Aereopuertos</li> </ul> </li> <li>2) Algebra de Mapas de Accesibilidad</li> </ul>	
<p><b>B. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE SEGURIDAD</b></p>	103
<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Metadatos de Seguridad Natural <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Inundaciones</li> <li>b. Isoyetas (Función de Lluvia)</li> <li>c. Susceptibilidad a Erosión</li> <li>d. Peligro Volcánico</li> <li>e. Fallas geológicas</li> <li>f. Movimientos de Masa</li> <li>g. Intensidad Sísmica</li> <li>h. Infraestructura Natural no ocupable</li> </ul> </li> <li>2) Algebra de Mapas de Seguridad Natural</li> <li>3) Metadatos de Seguridad Antrópica <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Catastro</li> <li>b. Infraestructura Artificial no ocupable</li> </ul> </li> <li>4) Algebra de Mapas de Seguridad Antrópica</li> </ul>	
<p><b>C. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE COBERTURA DE SEÑAL DE COMUNICACIONES</b></p>	108
<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Metadatos de Cobertura de Señal de Comunicaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Centros de Salud</li> <li>b. Sitios Poblados</li> <li>c. Sitios Turísticos</li> <li>d. Red SDH (Jerarquía Digital Síncrona) / PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona)</li> </ul> </li> <li>2) Algebra de Mapas de Cobertura de Señal de Comunicaciones</li> </ul>	
<p><b>D. CONSOLIDADO Y ALGEBRA DE MAPAS</b></p>	110

E. DESARROLLO DEL ANÁLISIS EN LA HERRAMIENTA MODELBUILDER DEL ArcGIS 10.1 (ArcMap – Geoprocessing - ModelBuilder)	110
F. DE LOS TRIÁNGULOS DE DELAUNAY A LOS POLÍGONO DE VORONOI	111
G. CARACTERIZACIÓN DE LOS POLÍGONOS, DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES Y ENLACE AL CIRCUITO DE DIVISIÓN POLÍTICA TERRITORIAL (PROVINCIA, CANTÓN, PARROQUIA)	111
H. ANEXOS AL CAPITULO IV	112
<b>TESIS_MSC_05</b>	
<b>CAPÍTULO V: VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL (ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS) USANDO TECNOLOGÍA GEO_AEROESPACIAL</b>	146
<b>1. ESTRUCTURACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....</b>	146
<b>2. VULNERABILIDAD FÍSICA DEL ECUADOR.....</b>	147
<b>3. APLICACIÓN DE LA INTERFEROMETRÍA RADAR A LA ZONA DE ESTUDIO....</b>	150
<b>A. METODOLOGÍA</b>	150
1) Focusing	
2) Basic	
3) Interferometría	
<b>4. MODELAMIENTO GEOGRÁFICO USANDO MÉTODO AHP DE THOMAS SAATY.....</b>	158
<b>A. MAPA DE ARTICULACIÓN VIAS</b>	159
<b>B. MAPA DE MATERIAL DE LAS VÍAS</b>	160
<b>C. MAPA DEL TIPO DE VÍAS</b>	161
<b>D. MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FÍSICA DE VÍAS</b>	162
<b>E. MAPA DE MOVIMIENTOS EN MASA</b>	163
<b>F. MAPA DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE VÍAS</b>	164
<b>5. ANEXOS AL CAPÍTULO V_A.....</b>	164
<b>6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA (SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL) FRENTE A LA AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA (FLUJOS, CAIDAS Y DESLIZAMIENTOS), EN EL ÁREA ESPECÍFICA DE PRUEBAS, QUE CUMPLA CON LAS TRES UNIDADES AMBIENATLES (MONTAÑA, PIE DE MONTE Y LLANURA ALUVIAL).....</b>	165
<b>A. INTRODUCCIÓN</b>	165
<b>B. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO VIAL DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN (4 MICROCUENCAS)</b>	165
<b>C. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS</b>	166
<b>D. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA VULNERABILIDAD</b>	167
<b>7. MODELAMIENTO GEOGRÁFICO USANDO MÉTODO AHP (Proceso Analítico Jerárquico / Analytic Hierarchy Process) DE THOMAS SAATY EN EL ÁREA DE PRUEBA.....</b>	168
<b>A. MAPA DE VULNERABILIDAD POR ARTICULACIÓN DE VIAS</b>	169
<b>B. MAPA DE VULNERABILIDAD POR MATERIAL DE VIA</b>	170
<b>C. MAPA DE VULNERABILIDAD POR TIPO DE VIA</b>	171
<b>D. MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FÍSICA DE VÍAS</b>	172
<b>E. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS POTOSÍ, PECHICHE, BALSAS Y CRISTAL (ECUADOR)</b>	173
<b>1) Mapa de Unidades Geomorfológicas</b>	174

2) Mapa de Unidades Litológicas	175
3) Mapa de Uso y Cobertura Vegetal	176
4) Mapa de Pendientes	177
5) Mapa de Inventarios de Movimientos en Masa	178
6) Mapa de Zonificación Climática	179
<b>F. INTERFEROGRAMA GEOREFERENCIADO SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO Y SU VALIDACIÓN SOBRE EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD INTEGRAL FINAL CALCULADA</b>	180
<b>G. MAPA DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE VÍAS</b>	182
<b>8. ANEXOS AL CAPITULO V_B</b>	
<b>TESIS_MSC_06</b>	
<b>CAPÍTULO VI: PLAN DE ACCIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA</b>	183
<b>1. PLAN DE ACCIÓN.....</b>	183
<b>A. DETALLE Y ACCIONES PLANIFICADAS.....</b>	183
1) EEE. Estructura Espacial Ecuatoriana	
2) Modelos de Gestión	
3) COGAAE. Centro de Operaciones Geo_Aeroespaciales del Ecuador	
4) C4E. Sistema de Comando y Control de Emergencias	
5) Red de Sitios Remotos (Sucursales Seguras o Áreas Fuertes) del Ecuador	
6) Vulnerabilidad en Sistemas de Comunicación Vial del Ecuador	
7) Vulnerabilidad de Detalle (Área Piloto: Montaña / Pie de Monte / Llanura Aluvial)	
8) Nuevas Acciones o Aplicaciones	
9) Personal	
10) Hardware / Software	
11) Geoinformación	
12) Redes de Investigación	
13) Investigación, Desarrollo, Innovación	
14) Transferencia de Conocimiento y Tecnología	
15) Cambio de la Matriz Productiva	
16) Seguridad	
17) Defensa	
18) Comunicaciones	
19) Tiempo	
20) Conocimiento (Capacitación, Formación y Perfeccionamiento)	
<b>2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	186
<b>3. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	191



# **“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

## **CAPÍTULO I. EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA**

### **1. RESUMEN**

La creación de una ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR (EEE), constituye en nuestro país, una herramienta muy poderosa en apoyo al proceso de toma de decisiones en los ámbitos geo\_aeroespacial, en el sentido de poder con esto, impulsar los ejes de transferencia del conocimiento y tecnología en todos los ámbitos del rango del espectro electromagnético, proporcionar soluciones en beneficio del cambio de la matriz productiva del país, y enfrentar todos los procesos vinculados a los riesgos naturales, clasificados como multiamenazas, dentro del contexto de la alerta y respuesta temprana a emergencias.

Al constituirse la ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR (EEE) como un organismo de gran magnitud, con características nacionales e internacionales, se requiere desarrollar una plataforma que tenga la capacidad de dirigir, controlar, normar, estandarizar, integrar, interrelacionar, y extender o descentralizar sus capacidades a todo el país en los menores tiempos para su reacción inmediata, por tal razón, como primer eje de acción se creó el CENTRO DE OPERACIONES GEO\_AEROESPACIALES (Seguridad, Defensa, Desarrollo Nacional y Emergencias), y lanzará su primer sistema específico orientado a emergencias, denominado SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias) y su correspondiente RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES), ubicadas en las áreas más fuertes del país, que posean una gran accesibilidad geográfica (vial, área o terrestre), una buena cobertura de señal de comunicaciones, ligada a la red SDH (Jerarquía Digital Sincrona – Fibra óptica) y PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona - Multiplexación), y que la probabilidad que sufran daños por multiamenazas, o características antrópicas, sea mínima.

Finalmente basados en un criterio de selección de variabilidad geográfica, se busca un polígono que cuente con tres características geomorfológicas (alta montaña, pie de monte y llanura aluvial), sobre el cual se analiza la VULNERABILIDAD en los sistemas de comunicación vial, y se pone a prueba el uso de una variedad de herramientas geoespaciales. Esto constituye una demostración de las capacidades que tendrá la gran ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA a crear.

### **2. ABSTRACT**

Creating an ECUADORIAN SPATIAL STRUCTURE, is in our country, a powerful tool to support the process of decision making in the areas geo\_aeroespacial, in the sense of power with this drive shafts and transfer of knowledge technology in all areas of the electromagnetic spectrum, providing solutions for the benefit of changing the production model of the country, and face all the processes related to natural hazards, classified as multi-hazard, within the context of early warning emergency responses. In forming the SPATIAL STRUCTURE OF ECUADOR (EEA) as a body of great magnitude, with national and international characteristics, is required to develop a platform that has the ability to direct, control, regulate, standardize, integrate, interlink, and extend or decentralize their capabilities across the entire country in minimal time for immediate reaction, for that reason, as a first line of action GEO AEROSPACIAL OPERATIONS CENTER (Security, Defense, National emergencies and Development) will be created, and will launch its first specific system aimed at emergencies named COMMAND AND CONTROL SYSTEM FOR EMERGENCIAS (C4E) and its REMOTE NETWORK

SITES (BRANCHES OR STRONG SAFE AREAS), located in the strongest areas of the country, having large geographical accessibility (roads or areas of land) good coverage of communication signals, linked to the SDH (Synchronous Digital Hierarchy - Optical fiber) network and PDH (Geosynchronous Digital Hierarchy - Multiplexing), and the probability to be damaged by multi-hazard, or anthropogenic features, is minimal.

Finally a specific area is selected, where VULNERABILITY in systems of vial communications is analysed, and is tested using a variety of geospatial tools. This is a demonstration of the capabilities that will create the great SPATIAL ECUADORIAN STRUCTURE.

### **3. INTRODUCCIÓN**

El Ecuador ante la necesidad de ingresar a la corriente mundial globalizada de tecnología geo\_aeroespacial, crea recientemente el IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) con documento 1246 del 19JUL2012, así como con decreto 940 del 22NOV2011 modifica la misión del IGM (Instituto Geográfico Militar), ahora con un elemento de mucha fuerza en el campo de la Investigación Geo\_Aeroespacial; por tal razón se establece la realización del presente proyecto que servirá como una herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones.

“El Ecuador a través del MDN (Ministerio de Defensa Nacional) estima que sus Institutos de investigación de la defensa (IGM Instituto Geográfico Militar, IEE Instituto Espacial Ecuatoriano, INOCAR Instituto Oceanográfico de la Armada e INAE Instituto Antártico Ecuatoriano), articulen el proceso de investigación científica tanto geoespacial como aeroespacial, orientados a cumplir con los ejes de transferencia del conocimiento, transferencia de tecnología, cambio de la matriz productiva del país y emergencias (alerta y respuesta temprana). De igual forma se pretende buscar una integración con otros organismos de investigación, academia (universidades), ministerios, secretarías, fuerzas armadas, subsecretarías y otros públicos o privados, en beneficio del cumplimiento de los ejes antes indicados.

Para fortalecer, normalizar, estandarizar, unificar esfuerzos y dar apoyo a las antes mentadas Instituciones, encuadrados en el PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR (ISBN-978-9942-07-448-5), se propone el establecimiento de un organismo orientador, coordinador y de enlace, denominado EEE. Estructura Espacial Ecuatoriana. Esta EEE, emula un centro de comando y control, fusiona virtualmente instituciones, y beneficia a toda la población ecuatoriana dentro de contexto geo\_aeroespacial.

Todo esto marcará un hito en la evolución, mejoramiento continuo, formación, perfeccionamiento y apoyo al proceso de toma de decisiones en una EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana), dentro del contexto nacional y su correspondiente plataforma al ámbito internacional.

### **4. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Por la necesidad de establecer un tratamiento DUAL, orientado a cubrir las áreas de seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias, nuestro país respalda a toda organización o institución que tenga relación directa e indirecta, a los objetivos antes mencionados, en beneficio del cumplimiento de la misión propuesta por el Estado Ecuatoriano. “Participar en la carrera geo\_aeroespacial”. El MDN (Ministerio de Defensa Nacional) podrá ser el único organismo del ESTADO competente para llevar el esfuerzo principal y proponer las políticas de promoción, ejecución, coordinación, investigación, desarrollo y seguimiento de las actividades relacionadas con el área geo\_aeroespacial en el ámbito de la República y encuadrados en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La necesidad imperativa que la información generada en procesos geo\_aeroespaciales sea adecuada y oportuna, es la clave del éxito en el diseño, organización y distribución de los macroprocesos, por

consiguiente ayudará a dar claridad a dos aspectos, que constituyen política del Estado en este campo:

- El uso y aprovechamiento de la ciencia y la tecnología geo\_aeroespacial, con fines pacíficos y en beneficio del pueblo ecuatoriano, en todos los campos de acción.
- El apoyo al proceso espacial internacional

La presente investigación, está basada en la necesidad que tiene el Estado Ecuatoriano en contar con la mayor cantidad de herramientas posibles en apoyo al proceso de toma de decisiones en todos los aspectos que intervienen en el desarrollo del proceso geo\_aeroespacial del Ecuador.

Es necesario apoyar a todos los Institutos de Investigación de la Defensa, a todas las organizaciones y universidades vinculantes, a través de un proceso que centralice, relacione campos, normalice, coordine, y proporcione sustentabilidad y sostenibilidad en el tiempo, al gran objetivo del Estado. Para esto, es necesario hablar de una EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) que vincule todas las áreas y sirva para establecer una correcta planificación estratégica, y con esto evitar sobreponer competencias, así como evitar dejar espacios vacíos en los objetivos planteados.

Uno de los cursos de acción más importantes a la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana), es el campo GEO\_AEROESPACIAL como un conjunto de herramientas que sirven para adquirir, almacenar, analizar y producir datos en dos o tres dimensiones, referenciados a la tierra por algún tipo de sistema de coordenadas del mundo real. Estas herramientas incluyen sistemas de información geográfica (GIS), Observación de la Tierra / sensoramiento remoto y Sistemas Satelitales de Navegación Global.

Los beneficios del presente estudio se verán reflejados en todos los procesos que se llevarán en las INSTITUCIONES VINCULANTES, minimizando el rango de error en el circuito de toma de decisiones, favoreciendo con esto a toda la ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA, y al PAIS en general.

Consolidada la EEE es necesario desarrollar un CENTRO DE OPERACIONES GEO\_AEROESPACIALES, mismo tenga en una de sus partes, un SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E), y su correspondiente descentralización a través de su RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES), en donde cada sitio tendrá a su cargo y responsabilidad un polígono de uso específico, cubriendo de esta manera todo el Ecuador Continental e Insular, permitiendo a su vez que se pueda emplear esta distribución en varios esquemas para la actualización, irrigación inmediata de metodologías, entrenamiento, evacuación, generación de geoinformación, captación de datos de toda índole, y apoyo total al proceso de alerta y respuesta temprana a emergencias.

Una vez densificada la red de sitios remotos, tomaremos un área del país que reúna con características geográficas de MONTAÑA, PIE DE MONTE y LLANURA ALUVIAL en razón de poder establecer el estudio de vulnerabilidad personalizado a las características propias de nuestro país.

## **5. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

Establecer la factibilidad de crear una ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA en el marco general del proceso de ayuda al proceso de toma de decisiones de todo el país, y desencadenando desde este proceso, a todo lo que vincule al ámbito de SEGURIDAD, DEFENSA, DESARROLLO NACIONAL Y EMERGENCIAS (alerta y respuesta temprana).

## **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Estado de arte de la realidad geoespacial ecuatoriana, desarrollo de la Estructura Espacial Ecuatoriana, Centro de Operaciones Geo\_Aeroespacial y Sistema de Comando y Control para Emergencias.
- 2) Determinar los espacios de acción de los diferentes organismos en base a la relación de la función con el espectro electromagnético
- 3) Definir la metodología geográfica, para la distribución de sitios remotos y sus respectivas áreas de responsabilidad
- 4) Estudio para implementación de un COAG (Centro de Operaciones de Aplicaciones Geo\_aeroespaciales) con categorización alerta y respuesta temprana, denominado Sistema de Comando y Control para Emergencias (C4E).
- 5) Establecer la metodología de diseño en el modelamiento cartográfico base (modelo multicriterio)
- 6) Establecer la distribución de la red de sitios remotos (sucursales seguras o áreas fuertes) para la triangulación como paso previo a ejecutar la distribución de polígonos.
- 7) Identificación de las áreas más vulnerables a deslizamientos de tierra, en el polígono específico determinado. Amenazas (deslizamientos, flujos y caídas).
- 8) Determinar los tipos de interferencia entre infraestructura vial y otros elementos
- 9) Establecer las prioridades en términos de mayor vulnerabilidad y en consecuencia adelantar una planificación y mitigación. Establecer su plan de acción

## **6. ALCANCE, LIMITACIONES Y DELIMITACIONES**

### **A. ALCANCE**

El alcance del proyecto es todo el Ecuador continental. Podremos accionar una ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA a partir de una propuesta por implementar de un CENTRO DE OPERACIONES DE APLICACIONES GEO\_AEROESPACIALES que contenga un SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E), y que permita planificar, normar, y dirigir una RED DE SITIOS REMOTOS, que trabajarán como áreas de supervisión, lanzamiento y recolección de información, integración de puestos de socorro en desastres y materialización de zonas de evacuación.

De igual forma al analizar la ecuación  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$  (modelo par) nos introducimos en un proceso de Vulnerabilidad (variable independiente), en donde necesitamos establecer un área de prueba con características geográficas muy cambiantes (montañoso, pie de monte y llanura aluvial).

### **B. LIMITACIONES**

Durante el proyecto se tendrán limitaciones tales como la generación de cartografía fundamental a escalas aceptables, en la parte montañosa se tendrá siempre nubosidad, la falta de profesionales y buenas prácticas en el país con respecto a este tema, tecnología limitada, proceso de compras públicas en equipos muy largos, la dificultad para conseguir datos, o simplemente datos no existentes, y finalmente el consenso y aceptación de una estructura espacial es muy complejo, y la diversidad de las diferentes instituciones hacen lento el desarrollo del proyecto.

### **C. DELIMITACIONES**

La delimitación del proyecto está circunscrita al Ecuador continental, en los procesos de formación estructural y lanzamiento de red, con escalas menores. En la zona de pruebas para vulnerabilidad generaremos cartografía, y usaremos escalas mayores. Durante la realización del proyecto de tesis, usaremos los datos existentes en las diferentes Instituciones del Estado, y solo los que tengamos la certeza que provienen de buenas fuentes.

## 7. HARDWARE / EQUIPOS, SOFTWARE, CARTOGRAFIA E IMÁGENES DE SATÉLITE USADOS EN EL DESARROLLO DE LA EEE

Durante el desarrollo de la investigación, se realizaron las gestiones correspondientes a través de un proyecto de investigación en el campo de Geodinámica Externa, aprobado por SENESCYT (Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología) y liderado por el IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) en donde se adquirieron equipos especializados para el proceso de vulnerabilidad, de acuerdo al siguiente detalle:

### A. HARDWARE / EQUIPOS

#### 1) Georadar (GPR, Ground Penetrating Radar)

El georadar es esencial para obtener información precisa y confiable sobre la ubicación y la profundidad de la infraestructura enterrada. Ofrece una solución para recopilar información del subsuelo. La antena blindada es de 250MHz, la misma que tiene un alcance de 10mts de profundidad. El diseño de esta antena (250MHz) asegura que la energía de radar transmitido sólo se emite desde la parte inferior de la carcasa de la antena, donde está en contacto con el suelo y protege el elemento receptor de señales externas (ruido) de direcciones distintas de la parte inferior de la carcasa, de este modo se pueden realizar análisis de caracterización subsuperficial, levantamientos geofísicos entre otros.

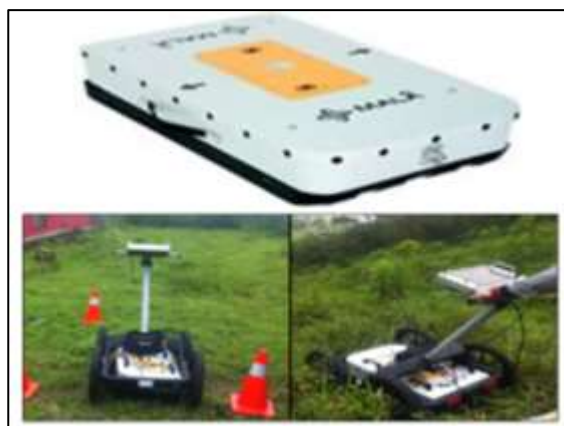


FIG I.01 Georadar (GPR)

DETALLE (CARACTERÍSTICAS)	
GEORADAR	<b>Fuente de alimentación:</b> Li-ion batería de 12V
	<b>Tiempo de funcionamiento:</b> > 6 horas cib batería estándar
	<b>Temperatura de funcionamiento:</b> -20°a 50°C / 0°a120°F
	<b>Protección ambiental:</b> IP65
	<b>Dimensiones:</b> 310x180x30mm / 12,2x7x1,2 pulgadas
	<b>Peso:</b> 1,7Kg / Lb 3,7
	<b>Antenas:</b> X3M MALA totalmente compatible con la gama de antenas blindadas de Mala(250 MHz)
	El equipo debe ser compacto diseño resistente para campo, de fácil conexión a la antena Como es un sistema de empuje, el equipo de control está conectado tanto a una antena de 250MHz, consta de un carro todo terreno (RTC)

Tabla I.01 Datos Técnicos del GEORADAR

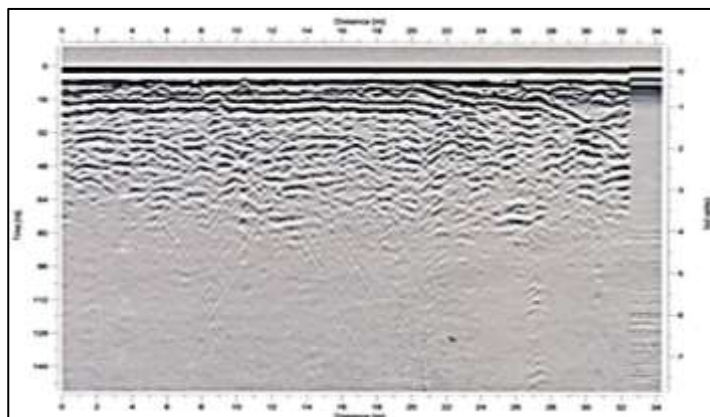


FIG I.02 Imagen del georadar adquirido, 10 metros de horizonte al subsuelo

## 2) Scanner Laser-3D / LIDAR lateral

Este dispositivo permite analizar un objeto o una escena para reunir datos de su forma y su color de ser pertinente. La información obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Desarrollados inicialmente en aplicaciones industriales (metrología, automóvil), han encontrado un vasto campo de aplicación en actividades como la arqueología, arquitectura, ingeniería, y varios que tengan su aplicación en gestión de riesgos. El escáner láser 3D es altamente versátil para una amplia variedad de aplicaciones como: mediciones, extraer y crear modelos 3D, mapas topográficos, determinar áreas y volúmenes, modelado de edificios, tunneling, entre otros.

<b>DETALLE (CARACTERÍSTICAS)</b>	
<b>SCANNER LASER - 3D</b>	<b>Clase de protección a la vista :</b> Claser Clase 3R
	<b>Alcance de medición máximo:</b> De 0,6 m a 120 m
	<b>Precisión:</b> 2 mm <b>Potencia láser (CW):</b> 20 mW
	<b>Frecuencia de medición:</b> 1.000.000 puntos por segundo
	<b>Longitud de onda:</b> 905 nm <b>Divergencia del haz:</b> 0,19rad (0,009°)
	<b>Diámetro del haz:</b> 3,0 mm, circular
	<b>Rendimiento del escáner en vertical:</b> Campo de visión vertical: 305°
	<b>Rendimiento del escáner en horizontal:</b> Escaneo 3D con realismo fotográfico gracias a la cámara a color integrada con superposición color sin paralelaje de 70MP
	<b>Compensador de doble eje:</b> Precisión 0,015°; rango ±5° <b>SENSOR DE ALTURA BRUJULA</b>
	<b>Conectividad:</b> Cable de conexión ubicado en la montura del escáner WiFi
	<b>Almacenamiento de datos:</b> SD, SDHC™, SDXC™; tarjeta de 32 GB incluida. Los datos pueden ser enviados por internet mediante SCENE WebShare.
	<b>Fuente de poder:</b> Alimentación: 19 V (alimentación externa), 14,4 V (batería interna) Consumo de potencia: 40 W y 80 W respectivamente (durante la carga de batería) Duración de la batería: hasta 5 horas que puede cargarse durante el servicio.
	<b>Temperatura de operación:</b> 5°C a + 40°C
<b>Peso:</b> 5,0 Kg. Ultraliviano y transportable con dimensiones de 240 x 200 x 100 mm	

Tabla I.02 Datos técnicos del Scanner Lasser – 3D



FIG I.03 Nube de puntos con alta densidad en un proceso de adquisición de datos



FIG I.04 Scanner Lasser 3D / Lidar lateral. Toma en el área de estudio (remoción en masa)

### 3) Resistivímetro (STRATAGEM) / SEV

El resistivímetro obtiene información de profundidad en una configuración de sitio mediante la medición de señales a través de una amplia gama de frecuencias. El sistema del resistivímetro registra campos eléctricos y magnéticos ortogonales que se procesan para proporcionar mediciones de tensor de impedancia para la interpretación de estructuras complejas en 2-D.

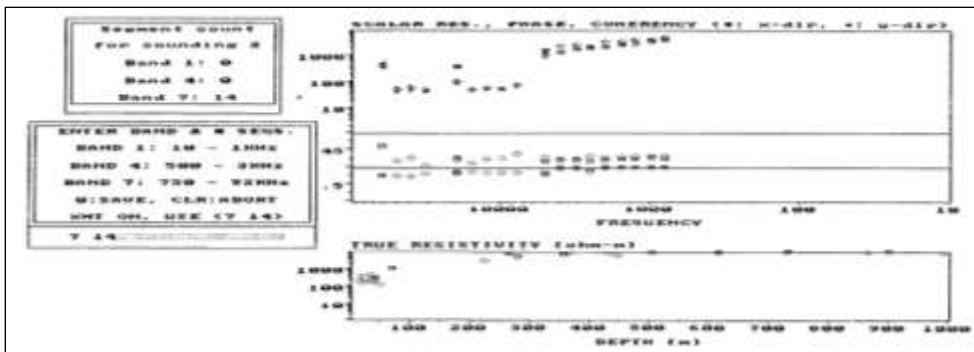


FIG I.05 Visualización de D.O.S Resistivimetría y Sondeos Eléctricos Verticales



FIG I.06 Resistivímetro (STRATAGEM) / principio de Geofísica

Ofrece imágenes de alta resolución conductividad eléctrica del subsuelo para profundidades de entre 10 metros y 500 metros. La información de conductividad se calcula a partir de mediciones de la superficie campos eléctricos y magnéticos a lo largo de una serie de perfiles.

<b>DETALLE (CARACTERÍSTICAS)</b>	
<b>RESISTIVÍMETRO STRATAGEM</b>	<b>Imaging System</b>
	<b>Operating Principle:</b> Natural and Controlled Source Tensor MT
	<b>Transmitter:</b> Model TxIM2 with Vertical Loop Antenna with Frequency Range of 1 kHz to 70 kHz. Antenna Moment of 400 Amp-m <sup>2</sup> from Two Perpendicular Vertical Loop Antennae Each 4 m <sup>3</sup> . Operates on 12 V DC
	<b>Electrical Sensors:</b> Four Model BE-26 Buffered Active High-Frequency Dipole 26-Meter Cable with Four SSE Stainless-Steel Electrodes
	<b>Magnetic Sensors:</b> Two Model BF-IM Magnetic Field Sensors (10 Hz to 100 kHz) with 10-Meter Cables
	<b>Analog Front End:</b> One Model AFE-EH4 Unit for Analog Signal Conditioning. Couples 2 Electric and 2 Magnetic Channels to the Data Acquisition Package.
	<b>Data Acquisition Package</b>
	<b>Channels:</b> Four (2E, 2H)
	<b>Hard Disk:</b> 1.2 Gbyte or greater
	<b>Analog-to-Digital:</b> 18 bit
	<b>Digital Signal Proces:</b> 32-bits floating point with bandwidth of DC to 96 kHz
	<b>Display:</b> Liquid Crystal VGA
	<b>Plotter:</b> Built-in 4" (11 cm) wide plotter
	<b>Power:</b> 12 V DC, 40 Ah
<b>Operating:</b> 0 C to +50 C in rugged portable/waterproof case	

Tabla I.03 Datos Técnicos del Resistivímetro STRATAGEM

#### 4) GPS DIFERENCIAL R8 (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

El sistema global de navegación por satélite (GNSS) permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros (si se utiliza GPS diferencial L1/L2). Este Gps admite señales de todas las constelaciones GNSS existentes y previstas (GPS, GLONASS, GALILEO), y sistemas de aumentación.



Ahora es posible para los usuarios ampliar el alcance de sus rovers GNSS en áreas que antes estaban muy oscurecidas, como debajo de los árboles y en las zonas urbanas densas.



FIG I.07 GPS DIFERENCIAL R8 (precisión y exactitud) Levantamiento de puntos de control para ajuste

<b>DETALLE (CARACTERÍSTICAS)</b>	
<b>GPS R8</b>	<b>Trimble 360 Receiver Technology</b>
	Two integrated Trimble Maxwell 6 chips
	440 GNSS channels
	Capable to tracking satellite systems including GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou(COMPASS), and QZSS
	CMRx communications protocol gives you the most reliable positioning performance
	<b>Flexible System Design</b>
	Connect directly to the controller
	Receive RTK network connections
	Connect to the Internet
	Built-in UHF Radio
Internal NTRIP castor	

Tabla I.04 Datos Técnicos del GPS DIFERENCIAL R8

Es necesario indicar que todos estos equipos sirven para validar elementos satelitales, o en su defecto apoyan al proceso de ALERTA y RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS, en el contexto de GESTIÓN DE RIESGOS, dentro de la ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, tal y como está programado en esta investigación.

## B. SOFTWARE

### 1) ENVI – SARscape

ENVI SARscape le permite procesar los datos de SAR para analizar un área de interés durante el día o la noche, independientemente de las condiciones meteorológicas. Es particularmente útil cuando se trata de detectar el cambio y estudiar la topografía de un área específica. ENVI SARscape incluye un conjunto de herramientas de procesamiento para ayudar a transformar los datos SAR, en una imagen fácil de interpretar para su posterior análisis.

PRODUCTOS	FUNCIONALIDAD
SAR Processing	Las herramientas de procesamiento de ENVI SARscape están diseñados para trabajar con una sola imagen o una serie temporal de imágenes. Esto pone los datos en un formato de imagen que le permite derivar información útil de ella, tales como la extracción de características de interés como los edificios, o examinar el crecimiento del cultivo durante un período de crecimiento.
SAR Image Analysis	Las herramientas para el análisis de imágenes procesadas para proporcionar una capa única de información de sus datos - ayudar a tomar las decisiones.
DEM/ Displacement Map Creation	Permite crear modelos digitales de elevación (DEM) y mapas de desplazamiento de la tierra para entender la topografía de la zona y realizar un seguimiento de cualquier cambio o movimiento de tierras en las estructuras que se hayan podido producir.
SAR Polatimetric Interferometry	Los polarimétricas capacidades de procesamiento de la interferometría SAR de ENVI SARscape incluyen un robusto conjunto de herramientas que le permite trabajar con datos polarimétricas

Tabla I.05 Productos y funcionalidades de ENVI SARscape (Distribución ConsultGEO)



FIG I.08 Software ENVI – SarSCAPE

## 2) ESRI - ArcGIS 10.1

Arc Gis es una plataforma de información que permite realizar Geoprocesamiento y análisis para la toma de decisiones gracias a herramientas de modelización y análisis de gran potencia. El Proceso de producción cartográfica, automatiza la producción, haciendo que la creación de mapas se convierta en una tarea más rápida, a través de las herramientas que permiten realizar tareas más sofisticadas como geoprocesamiento o análisis 3D.

EXTENSIONES DE ANÁLISIS	FUNCIONALIDAD
3D Analyst	Gestiona y analiza tus datos desde perspectiva tridimensional realista.
Geostatistical	Herramientas estadísticas avanzadas para investigar tus datos.
Network Analyst	Determina rutas sofisticadas para vehículos y optimiza áreas
Schematics	Representa redes para reducir los ciclos de toma de decisiones.
Spatial Analyst	Respuestas de tus datos a través de un análisis espacial avanzado
Tracking Analyst	Visualiza y analiza, recursos en un marco temporal y espacial.

Tabla I.06 Tabla de funcionalidad del ArcGIS 10.1 por cada extensión de análisis (ESRI)

EXTENSIÓN DE PRODUCTIVIDAD	FUNCIONALIDAD
ArcGIS Data Interoperability	Elimina barreras en formato de tus datos para su uso y distribución.
ArcGIS Data Reviewer	Automatiza, simplifica y mejora la gestión del control de calidad de los datos.
ArcGIS Publisher	Comparte libremente tus datos y mapas.
ArcGIS Workflow	Gestiona mejor los recursos y tareas SIG.
ArcScan for ArcGIS	Aumenta la eficiencia y velocidad del tiempo de conversión de datos ráster y vectores.
Maplex for ArcGIS	Crea mapas que comuniquen más claramente, con textos y etiquetas que se colocan automáticamente.

Tabla I.07 Funcionalidad del ArcGIS 10.1 por cada extensión de productividad (ESRI)



FIG I.09 ArcGIS 10.1 con todas las extensión

BASADAS EN SOLUCIONES	FUNCIONALIDAD
ArcGIS Defense Solutions	Crea flujos de trabajo, procesos y simbología para el trabajo de defensa y planificación estratégica.
Esri Aeronautical Solution	Utiliza el poder del SIG para gestionar de forma eficiente la información aeronáutica
Esri Defense Mapping	Gestiona más eficientemente productos que deben cumplir con estándares y normativas del sector.
Esri Nautical Solution	Una plataforma basada en los SIG para producción de mapas y gráficas náuticas.
Esri Production Mapping	Estandariza y optimiza tu producción cartográfica.

Tabla I.08 Funcionalidad del ArcGIS 10.1 basada en diferentes soluciones (ESRI)

### 3) ERDAS

Es un software centrado en procesamiento de imagen, teledetección y GIS ráster. Proporciona una solución de teledetección, mediante la aplicación de las herramientas más avanzadas de análisis de imágenes y modelamiento espacial para la generación de nueva información. Las herramientas de procesamiento de imágenes ayudan en las tareas de interpretación, visualizar, mejorar y combinar imágenes para extraer la cantidad de información que necesite.

PRODUCTOS	FUNCIONALIDAD
ERDAS APOLLO	<b>ERDAS APOLLO</b> elimina las paredes entre el GIS, la fotogrametría y la teledetección, expandiendo la información geoespacial para implementaciones de mercado.
ERDAS ADE	<b>ERDAS ADE Suite</b> es una aplicación web que permite la edición en tiempo real de información espacial.
ERDAS Imagine	ERDAS IMAGINE es una completa colección de herramientas para crear una precisa base de imágenes y de productos derivados de imágenes para apoyar la toma de decisiones.
ERDAS Titan	<b>ERDAS TITAN</b> es una red en línea para compartir información, permitiendo a usuarios y organizaciones publicar, buscar y recuperar información geoespacial, servicios web y contenido basado en localización todo en una red online, dinámica y colaborativa.
ERDAS LPS	<b>ERDAS LPS</b> es la aplicación estándar de la industria para procesamiento fotogramétrico. Su avanzada funcionalidad y facilidad de uso permite a los usuarios incrementar el rendimiento sin sacrificar precisión.

Tabla I.09 Funcionalidad de los productos de ERDAS



FIG I.10 Imagen de Software ERDAS (Procesamiento de Imágenes. Bloques para DEM. Hidrology)

MODULOS		
IMAGINE Essentials	IMAGINE Advantage	IMAGINE Professional
IMAGINE AutoSync	IMAGINE VirtualGIS	IMAGINE NITF 2.1
IMAGINE OrthoRadar	IMAGINE InSAR DEM	IMAGINE StereoSAR DEN
IMAGINE Radar Interpreter	IMAGIZER Data Prep	IMAGINE Vector
ERDAS MosaicPro	IMAGINE Developer's Toolkit LPS	Stereo Analyst for ERDAS IMAGINE
IMAGINE EasyTrace	IMAGINE MrSID Desktop & Workstation Encoders	ATCOR2 & ATCOR3
IMAGINE Developer's Toolkit	Enterprise Server	IMAGINE Enterprise Editor
IMAGINE Vector Feature	Loader (Oracle)	IMAGINE Georaster
Loader (Oracle)	Feature Analyst for ERDAS IMAGINE	

Tabla I.10 Módulos del ERDAS

Mediante los módulos de ERDAS se puede manipular los valores y las posiciones de datos de imágenes, es posible ver las características que normalmente no serían visibles y para localizar geo-posiciones de las características que de otro modo serían gráficas. El nivel de brillo o reflectancia de la luz de las superficies en la imagen pueden ser útiles con análisis de la vegetación, la prospección de minerales, etc Otros ejemplos de uso incluyen la extracción de características lineales, generación de flujos de trabajo de procesamiento ("modelos espaciales" en ERDAS IMAGINE), importación / exportación de datos para una amplia variedad de formatos, ortorectificación, mosaicos de imágenes y extracción de características automática de datos de los mapas a partir de imágenes.

**ERDAS LPS** es la aplicación estándar de la industria para procesamiento fotogramétrico. Su avanzada funcionalidad permite a los usuarios incrementar el rendimiento sin sacrificar precisión.

#### 4) NEST (Next ESA SAR Toolbox)

DETALLE (CARACTERÍSTICAS)	
<b>NEST</b>	Análisis de Estadísticas y Datos (Manejo de Metadatos)
	Subset, Volver a muestrear y Band Aritmética
	Exportar a GeoTiff, HDF 4 y 5, NetCDF, Bynary, Envi, formatos KMZ
	Calibración absoluta (Envisat ASAR, ERS 1 y 2, ALOS, Radarsat2, TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed)
	Filtrado multilooking y moteado (simple y multitemporal)
	Corregistración de productos detectados y complejos
	Corrección elipsoide, Mapa Reproyección, Mosaicos. Range-Doppler Terreno Correcc.

Tabla I.11 Características NEST (Next ESA SAR Toolbox). Software Libre

ESA SAR Toolbox (NEST) es una caja de herramientas de código abierto que permite, leer, procesar, analizar y visualizar la ESA (ERS-1/2, ENVISAT, SENTINEL-1) y otros vehículos espaciales \* (TerraSAR-X, RADARSAT 1-2, COSMO-SkyMed, JERS-1, los datos ALOS PALSAR, entre otros, SAR procesan al Nivel-1 o superior.



FIG I.11 Software NEST

## C. CARTOGRAFÍA E IMÁGENES DE SATÉLITE

### 1) Ortofotos, Imágenes Rapid Eye, DEM (radargrametría), Cosmo SkyMed

Se recopiló los insumos, ortofotos (SIGTIERRAS-2010), el modelo digital de elevaciones generados con la técnica de radargrametría, además las imágenes satelitales (actualizadas 2012-2013, proporcionadas por Telespazio). Se usaron 9 imágenes RapidEye, 10 Cosmo SkyMed, las que sirvieron como insumos para la generación de cartografía a escala 1:25000.

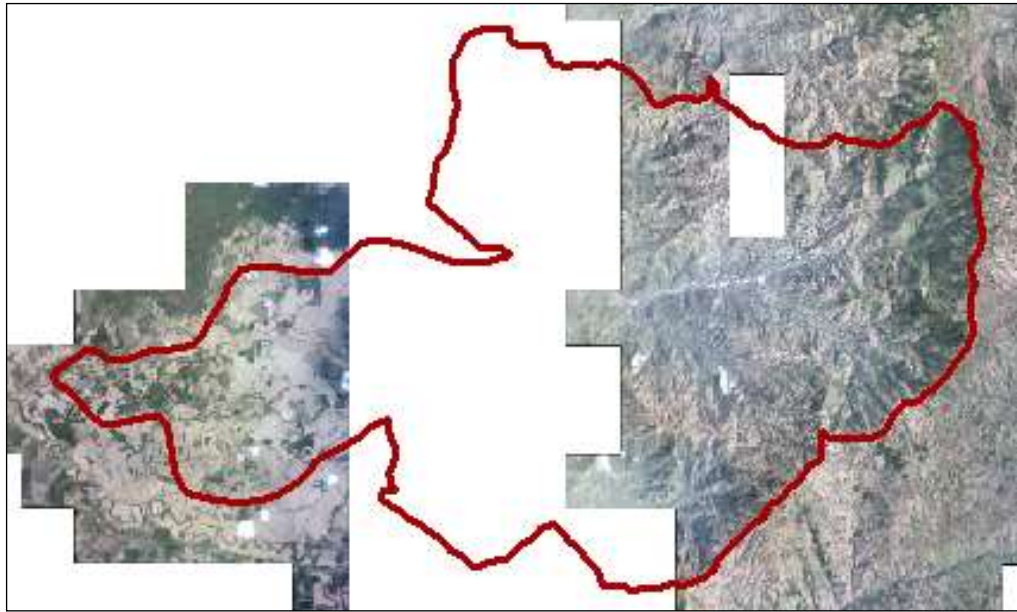


FIG 12 Mosaico de Ortofotos del Area de estudio

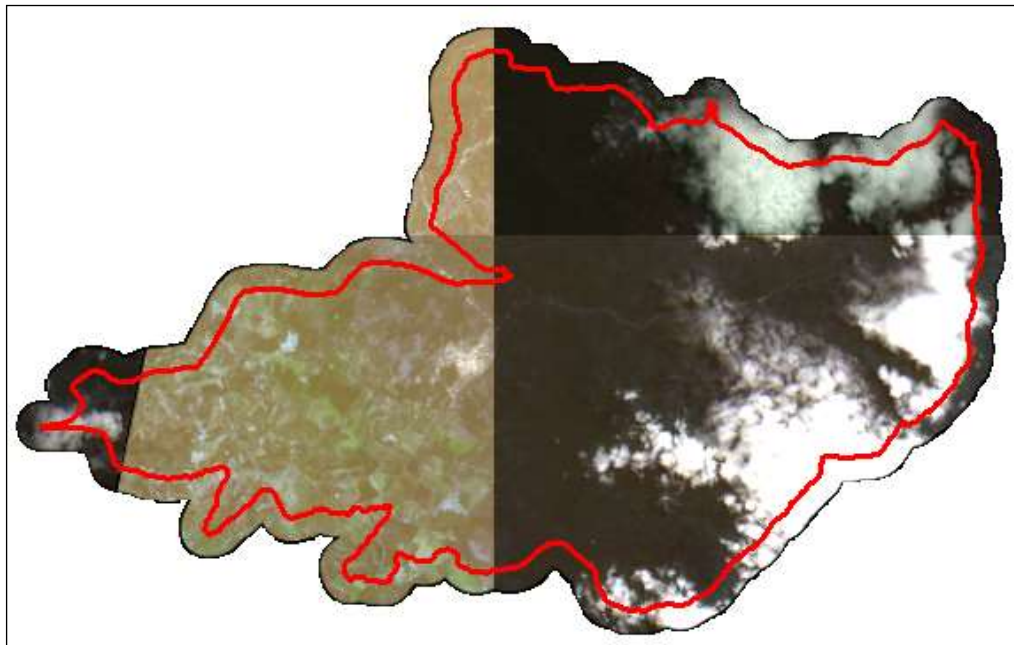


FIG 13 Imágenes Satelitales Rapid Eye

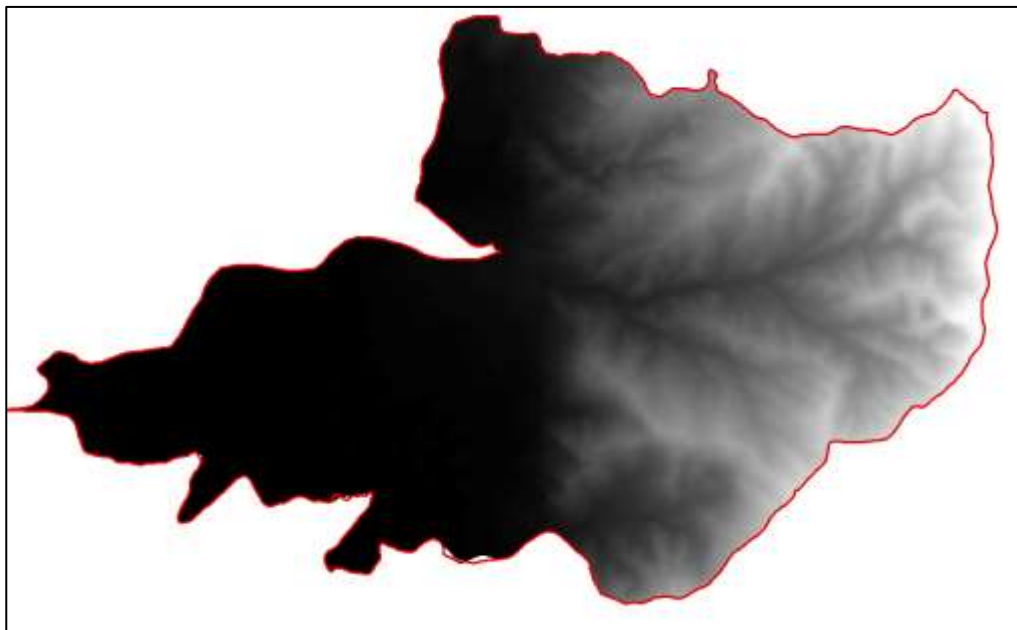


FIG 14 Modelo Digital de Terreno (resolución 10m de pixel) generado por método de radargrametría

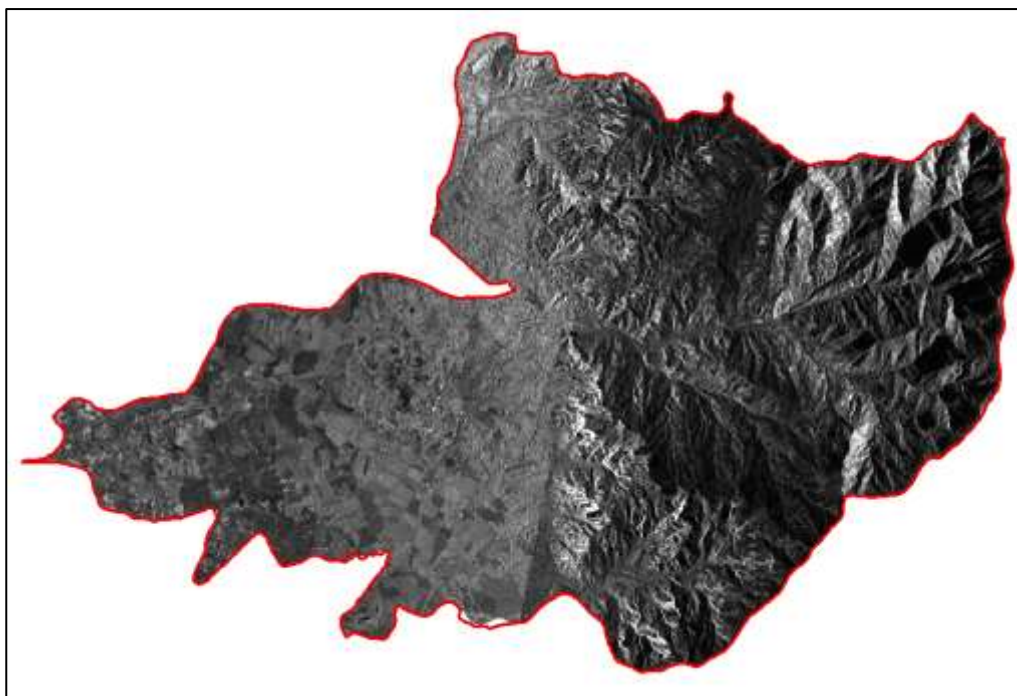


FIG 15 Imágenes Radar Cosmo SkyMed

## **“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

### **CAPÍTULO II. ENCUADRAMIENTO, UBICACIÓN ESPACIAL, MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

#### **1. ENCUADRAMIENTO**

A partir del 04OCT1957 se inició la era espacial con el lanzamiento del SPUTNIK, primer satélite artificial enviado al espacio por los soviéticos, suceso que conmovió a la opinión pública y al gobierno norteamericano, que emprendió cambios sustanciales en el sistema educativo, y la creación inmediata de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). En ese mismo año el Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, a través de la NASA, instaló en las faldas del Volcán Cotopaxi (Ecuador), la Estación de Rastreo de Satélites, denominada “Mini Track” con el propósito de efectuar el seguimiento y control de la órbita de los satélites norteamericanos.

El 07DIC1977 fue creado el CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos) con el objetivo de formar el inventario de los recursos naturales a nivel nacional y generar la información que posibilite el uso, manejo y conservación de los mismos. A partir del 30JUL1982 por mandato de Gobierno el CLIRSEN se encarga de la Estación Cotopaxi. Actualmente este organismo, a partir del 29SEP2012 con decreto ejecutivo constituye el IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), mismo articulará la investigación científica del espacio exterior próximo a la Tierra y el espacio ultraterrestre.

El IGM (Instituto Geográfico Militar) creado el 11ABR1928, y quien a través de su LEY DE CARTOGRAFIA NACIONAL, hace referencia en su Art. 20 a todas las plataformas aerotransportadas, equipos de radar, y otros destinados a la toma de imágenes satelitales que estén vinculados con la producción de geoinformación, en los campos de las ciencias de la tierra, observación de la tierra, geodesia, geofísica, geografía, cartografía fundamental, básica y temática. Bajo las mismas directrices se crea el 25JUL1972 el INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), mismo está orientado a todos los procesos que se puedan dar en el océano y todos sus espacios de interconexión a la plataforma submarina como a la atmósfera.

Finalmente con el objeto de llegar a espacios de intereses nacionales (Antártida) se crea el Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE), en el año 2004, con multicompetencias en el campo de la investigación.

El Estado Ecuatoriano dentro del contexto de investigación, desarrollo, innovación, transferencia, vinculación y generación de geoinformación; enmarca la creación del IGM (Instituto Geográfico Militar), INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) e INAE (Instituto Antártico Ecuatoriano), para cubrir todos los espacios que contempla el territorio “Proyección cónica que nace desde el centro de la Tierra y se proyecta hacia el infinito”. Con esta singularidad se establece el presente estudio, con los esquemas GEO\_AEROESPACIALES, enfocados a la seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias; apoyando con esto al proceso de toma de decisiones, y sirviendo como anillo base para buscar integración de la academia (universidades), demás organismos públicos y privados, nacionales e internacionales, para ser de manera coordinada los protagonistas del uso de toda clase de herramientas geo\_aeroespaciales (sistemas de información geográfica, observación y ciencias de tierra, y del espacio, sistemas satelitales de navegación global e ingenios.

Por todo lo antes mencionado, y al existir muchos procesos vinculantes, gobernantes y perpendiculares al eje principal, es necesario desarrollar una EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) que sirva como una caja integradora, que centralice, normalice, estandarice, coordine y solvante



cualquier necesidad tanto de producción, apoyo o investigación. Esta EEE deberá extender sus capacidades a todo el Ecuador, y para hacerlo de una manera mucho más rápida, eficaz y eficientemente se deberá establecer una RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES) a nivel nacional, y desde ahí poder densificar y dirigir cualquier acción que vaya orientado al proceso de toma de decisiones.

En 1974, uno de los deslizamientos de tierra más grandes de la historia ocurrió en el Valle del río Mantaro en los Andes del Perú. Una laguna temporal fue formada cuando el deslizamiento represó el río Mantaro causando la inundación de granjas, puentes y unos 20km de carretera; casi 500 personas en el pueblo de Mayunmarca y en sus alrededores perdieron la vida. Este desastre es un ejemplo del potencial destructivo de las multiamenazas, en este caso los deslizamientos de tierra, y cuya falta de una estructura coordinada, desencadenó destrucción, y daños de todo tipo en el país, mismos se hubieran podido mitigar (<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/ch15.htm>).

El riesgo de desastres y las amenazas a la seguridad humana no puede reducirse al centrarse exclusivamente en los riesgos. La implementación de estrategias de reducción de la VULNERABILIDAD a las amenazas naturales necesita procesos de asesoramiento y definición de prioridades. Por lo tanto, es necesario seguir desarrollando y facilitar la aplicación de métodos y herramientas para evaluar, medir y comprender la vulnerabilidad de las comunidades y sus relaciones con la susceptibilidad física, la fragilidad del medio ambiente, los contextos sociales, económicos, sociales, culturales, entre otros. (<http://www.move-fp7.eu/index.php?module=concept>)

En este marco, se establece que la primera prioridad a resolver, para fortalecer el desarrollo económico-social del país y reducir las pérdidas de recursos humanos y materiales, es la infraestructura vial. Por tal razón se ha invertido al máximo sus recursos para poder estabilizar todos sus procesos. Para cumplir con esta misión, la EEE será un actor importante en la planificación, colección de datos, y determinación de variables en relación a este problema, permitiendo mayor precisión al proceso de toma de decisiones y su correspondiente plan de acción.

## 2. UBICACIÓN ESPACIAL DEL ECUADOR

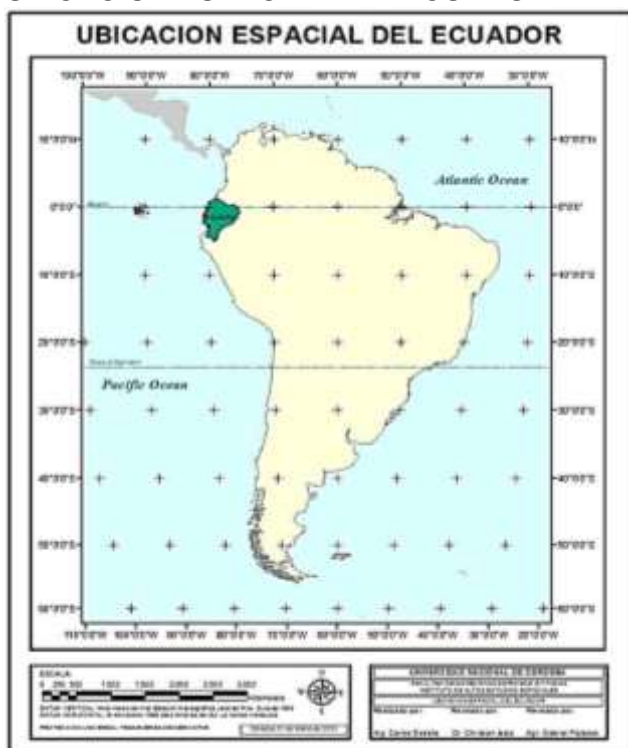


FIG II.011 El Ecuador está situado en el hemisferio Occidental, al Noroeste de América del Sur

## A. POSICION GEOGRÁFICA

La República del Ecuador es un país que se encuentra situado al noroeste de Sudamérica y sobre la línea equinoccial. El territorio continental limita al sur y al este con Perú, al norte con Colombia y al oeste con el Océano Pacífico. Posee además el Archipiélago de las Galápagos situado a unos 1000 km al oeste del continente.

Geográficamente, el Ecuador se encuentra ubicado, con relación al primer meridiano o Meridiano de Greenwich; en el hemisferio occidental al suroeste del continente americano y al noroeste de América del Sur.

El territorio ecuatoriano está atravesado de este a oeste por el paralelo cero, ecuador o línea equinoccial, éste pasa por San Antonio de Pichincha, conocida por este hecho geográfico como la Mitad del Mundo, sigue por la parte sur del Cayambe y por las costas de Manabí, quedando la mayor parte del país en el hemisferio sur y una pequeña parte en el hemisferio norte.

## B. UBICACIÓN ASTRONÓMICA

### 1) AL NORTE

La desembocadura del río Mataje en el Océano Pacífico a 1°21min de latitud Norte y 78°44min de longitud Occidental.

### 2) AL SUR

La confluencia de la quebrada de San Francisco con el río Chinchipe a 5° de latitud sur y 78°55min de longitud occidental.

### 3) AL ESTE

La desembocadura del río Aguarico en el Napo a 0°57min de latitud sur y 75°12min de longitud occidental.

### 4) AL OESTE

La puntilla de Santa Elena a 2°11min de latitud sur y 81°1min de longitud occidental.

### 5) LA REGION INSULAR O GALÁPAGOS

Ubicado entre los 89° y 92° de longitud occidental. 2° de latitud norte y 1°25min de latitud sur.

## C. GEOGRAFÍA FÍSICA

### 1) LA COSTA

Al oeste del país, es una zona llana y fértil de escasa altitud. En esta zona se encuentra la mayor ciudad de Ecuador (Guayaquil).

### 2) LA SIERRA

Correspondiente al área ecuatoriana de los Andes, divide de norte a sur al país en dos partes. De gran altitud, con algunos picos por encima de los 6000 m, posee también varios volcanes aún activos como el Tungurahua. Sobre la cordillera andina se asientan algunas de las más importantes ciudades ecuatorianas (Quito, Guayaquil, Cuenca, Riobamba, entre otras).

### 3) EL ORIENTE

Al este del Ecuador se encuentra una parte de la selva amazónica. De clima húmedo y caliente en el Ecuador nacen los ríos que dan lugar al Río Amazonas.

### 4) EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

De soberanía ecuatoriana desde 1832, se encuentra situado en el Océano Pacífico a unos 1000 km al oeste del continente americano. Es un conjunto de 8 islas mayores, 6 islas menores y multitud de islotes, todos ellos de origen volcánico. La distintas corrientes que convergen en el archipiélago hacen de él un lugar variado en cuanto a climatología. Por otro lado su aislamiento ha provocado la existencia de multitud de especies endémicas fundamentalmente aves y reptiles.

## D. ECUADOR CONTINENTAL (AREA DE ESTUDIO)

Todo el proceso de análisis tendrá una dirección de avance geoespacial que va a ir desde lo general hasta lo específico, en razón de poder alcanzar un nivel de estructuración clave para su rápida implementación.



FIG II.012 Ecuador Continental (área de estudio)

## 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

### A. EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA

Podemos entender el concepto de ESTRUCTURA estrictamente como el esquema de relación u organización de partes en cualquier todo, donde el todo es más que la suma de las partes. (H. Wulf). Basándonos en la definición que establece Bruno Zevi, sobre el espacio como el protagonista del hecho arquitectónico, entenderemos entonces que cuando hablamos de ESTRUCTURA ESPACIAL nos referimos a un conjunto organizado en donde las relaciones entre las partes que la componen serán las que nos permitan comprender y dar sentido a la totalidad y a sus componentes, entendiendo la arquitectura como un cuerpo, en donde la relación de proximidad y dimensión de los límites, establecen las proporciones y escalas de un espacio. Es por ello que todos sus elementos o partes se entienden como una organización espacial que es definida por el conjunto de sus relaciones, denominadas entrelazamientos por Steven Holl.

### B. DATA WAREHOUSE / ALMACEN DE DATOS: ESQUEMA EN ESTRELLA

Al generar geoinformación, se establece una amplia competencia a las bases de datos, estas son usadas para data\_warehousing (colección de datos orientada a un determinado ámbito, que ayuda a la toma de decisiones), un esquema en estrella es un modelo de datos que tiene una tabla de hechos (o tabla fact) que contiene los datos para el análisis, rodeada de tabla de dimensiones. Este aspecto, de tabla de hechos (o central) más grande rodeada de radios o tablas más pequeñas es lo que asemeja a una estrella, dándole nombre a este tipo de construcciones.

Las tablas de dimensiones tendrán siempre una clave primaria simple, mientras que en la tabla de hechos, la clave principal estará compuesta por las claves principales de las tablas dimensionales.

Se selecciona el modelo en estrella, por su simplicidad y velocidad para ser usado en análisis multidimensionales. Permite implementar la funcionalidad de una base de datos multidimensional utilizando una clásica base de datos relacional (permiten la relación). Finalmente sus consultas no serán complicadas, ya que las condiciones y las uniones (JOIN) necesarias sólo involucran a la tabla de hechos y a las dimensiones, no haciendo falta que se encadenen uniones y condiciones a dos o más niveles como ocurriría en un esquema copo de nieve. El esquema en estrella es la opción de mejor rendimiento y velocidad pues permite indexar las dimensiones de forma individualizada sin que repercuta en el rendimiento de la base de datos en su conjunto. (Ralph Kimball, "The Data Warehouse Toolkit", second edition, Ralph Kimball, 08AGO2011, Edit. Wiley).

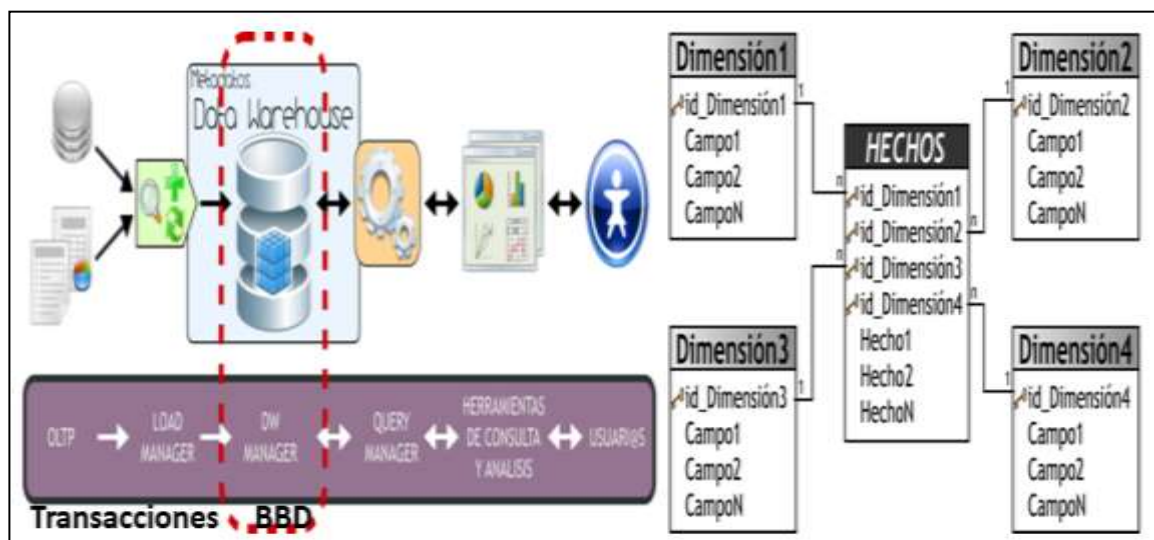


FIG II.013 El Esquema en Estrella consta de una tabla de hechos central (MDN) y varias tablas de dimensiones relacionadas a esta (IPs).

El Data Warehouse relacional tiene esquemas en estrella y en copo de nieve, pero el ESQUEMA EN ESTRELLA es el que se adapta a la EEE, por cuanto este consiste en un modelo de datos que tiene una tabla de hechos (MDN) que contiene los datos para el análisis, rodeada de las tablas de dimensiones (IGM, INOCAR, IEE, INAE) y ESPE.

El DATA WAREHOUSE (MDN) debe tener los siguientes objetivos:

- 1) Hacer la información fácilmente accesible (integración de Institutos de la defensa, con otros organismos)
- 2) La información debe ser consistente y creíble (se validará por las leyes y fiscalizaciones)
- 3) Adaptable y resistente a cambios (la estructura no es modificable, y permanecerá en el tiempo, en razón de que son Instituciones emblemáticas y vitales para el país)
- 4) Bastión seguro que proteja nuestra información (generará saltos redundantes de protección)
- 5) Base para toma de decisiones mejorada (la fluidez de estas relaciones estructurales permitirá que la toma de decisiones sea mucho más acertada)
- 6) Todos deben aceptar la data warehouse para que sea un éxito (la estructura espacial estará validada por el Estado Ecuatoriano)

Las razones para emular un ESQUEMA EN ESTRELLA a la EEE son los siguientes:

- 1) Simplicidad y velocidad para análisis multidimensionales
- 2) Concentración de áreas de manera extendida

- 3) Su interrelación es muy sencilla
- 4) Mejor rendimiento y velocidad en el proceso de toma de decisiones
- 5) Indexa organismos de manera individualizada sin que afecte al sistema en su conjunto

### C. MODELAMIENTO Y PROCESOS

Un proceso es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) bajo ciertas circunstancias con un fin determinado. La finalidad de usar la gestión por procesos es mejorar los resultados de la organización de manera compatible con la concesión de niveles superiores de satisfacción de sus clientes y grupos de interés a través de:

- 1) Reducción de costes innecesarios
- 2) Acortar plazos de entrega
- 3) Mejorar la calidad y valor percibido
- 4) Control efectivo y coordinación de los trabajos y objetivos propuestos
- 5) Evitar traslapos de objetivos, alcanzando con esto una dirección general de avance, mucho más dinámica, eficaz y eficiente
- 6) Ayudar a resolver conflictos y generar una buena circulación de la información



FIG II.014 Gestión por procesos (GOBERNANTES, CADENA DE VALOR y TRANSVERSALE)

La gestión por procesos y la gestión de procesos abarcan, en esencia, la gestión integral de la organización. Se trata de un ámbito estratégico crítico que representa la base misma de la vida de una organización, en lo que respecta a su crecimiento y a su competitividad.

La implementación de la Gestión por Procesos se ha revelado como una de las herramientas de mejora de la gestión más efectivas para todo tipo de organización. Sin embargo, existen una serie de factores (estrategia, cultura, estructura organizacional, procesos críticos y creación de valor) que inciden en el éxito de la adopción de un enfoque de Gestión por Procesos, los cuales hacen la diferencia entre las organizaciones cuya percepción del proyecto es un gasto injustificado y las que lo valoran como una inversión en un activo intangible que le reportará una gran ROI (Retorno de Inversión) en el mediano y largo plazo. (<http://www.slideshare.net/LEWI/gestion-por-procesos-business-process-management-by-lic-salvador-alfaro-gomez-april-2009-1081098>).

Una vez levantado el modelo de gestión por procesos, usamos el espectro electromagnético para realizar la distribución y determinación de competencias de todos y cada uno de los grupos funcionales establecidos.

## D. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El Universo tal como lo conocemos contiene materia y energía, pero sabemos que estos dos componentes están relacionados a través de la famosa ecuación de Albert Einstein  $E = mc^2$ , donde  $E$  representa la energía,  $m$  la masa de la material y  $c^2$  la velocidad de la luz al cuadrado. La luz es una manifestación de la energía y está asociada a la radiación electromagnética que se encuentra en todo el universo y se describe como un campo electromagnético (con descripción ondulatoria) o como fotones (con descripción como partícula), tanto ondas como fotones se desplazan en el espacio a la velocidad de la luz.

Todos estamos familiarizados y estamos en continuo contacto con la radiación electromagnética. La visión que nuestros ojos nos proporcionan del entorno es un tanto engañosa, puesto que nuestra particular cámara biológica tiene sólo acceso a la zona VISIBLE del espectro electromagnético. Es decir, sólo nos permite ver a los objetos en base a una limitada gama de colores. Esto no es extraño, puesto que la mayor parte de la luz solar que puede penetrar en la atmósfera y alcanzar el suelo pertenece a esta estrecha ventana visual. No tendría sentido que nuestros ojos fueran sensibles a los RAYOS-X o a las MICROONDAS si este tipo de radiación no puede llegar hasta los seres vivos que habitan la superficie. Así, las longitudes de onda superiores a la del rojo o inferiores a la del violeta, quedan fuera de nuestro alcance visual natural. Sólo otra pequeña ventana, el INFRARROJO TÉRMICO, está a nuestra disposición: nuestra piel es sensible al calor, una información de gran utilidad para nuestra supervivencia.

Con el transcurrir del tiempo, la tecnología y la ciencia han permitido al Hombre observar las cosas a través de longitudes de onda situadas fuera del espectro visible. Y así, hemos desarrollado aparatos que permiten detectar rayos UV, X, gama, infrarrojo, microondas y radio.

Sabemos que el color de un cuerpo depende de cómo absorbe y refleja éste la luz. Por ejemplo, un objeto amarillo es aquel que absorbe casi todo el espectro visible a excepción de este color. Pero dado que nuestros ojos no son sensibles a otras longitudes de onda ( $\lambda$ ), no sabemos, si además del amarillo, dicho objeto refleja otras radiaciones que podrían darnos información importante sobre sus características. Los SATÉLITES DE TELEDETECCIÓN adoptan precisamente ese papel: el de convertirse en nuestros ojos electrónicos para otras muchas longitudes de onda, informándonos del aspecto que tienen las cosas de la superficie terrestre fuera del espectro visible (aunque también dentro de él) y ofreciendo una información que de otro modo estaría fuera de nuestro alcance.

El hecho de que algunas longitudes de onda no lleguen a la superficie no es casualidad; es, de hecho, una feliz consecuencia de la existencia de una atmósfera que engloba a nuestro planeta. Por ejemplo, la atmósfera evita que los rayos ultravioleta afecten a los seres vivos.

Ahora bien, esta falta de "TRANSPARENCIA" de la capa de aire implica que un satélite situado en el espacio puede tener dificultades a la hora de observar el suelo. Una simple nube, la lluvia que produzca, o la falta de iluminación pueden impedir visualizar la superficie terrestre. Por tal razón los científicos han medido el poder de penetración de algunas radiaciones para superar el problema. Así, un radar (microondas), puede atravesar unas condiciones meteorológicas adversas con facilidad, u observar el suelo en plena noche. Un sensor infrarrojo, por su parte, puede proporcionarnos un mapa de temperaturas de clara utilidad científica. Naturalmente el entorno visto bajo longitudes de onda distintas a las del espectro visible puede desorientarnos porque las cosas se ven diferentes; pero una buena interpretación de dicha información hará posible una explotación conveniente, extrayendo datos que puedan usarse en un sin número de campos.

Los satélites de detección, en definitiva, están equipados con baterías de instrumentos sensibles a varias zonas del espectro. Estos instrumentos pueden ser activos (emitiendo radiación cuyo eco o reflexión será después analizado), o pasivos (recibiendo exclusivamente la radiación reflejada por la superficie terrestre). La información que manejan suele digitalizarse para ser enviada a la Tierra,

donde es transformada en imágenes o sencillamente analizada por los expertos. El análisis de los datos y las imágenes procedentes del espacio o de plataformas aerotransportadas, es una tarea de no menor importancia. Imaginemos que la vegetación de la superficie terrestre refleja mucho la banda del infrarrojo cercano; un mapa del suelo en esa longitud de onda nos ofrecerá diversos “BRILLOS” (más o menos reflexión) que podrían ser interpretados como la cantidad de vegetación existente en la zona. Para mayor claridad, si otorgamos el color rojo al infrarrojo cercano (falso color), variadas tonalidades de rojo podrían indicarnos el estado de salud de la cubierta vegetal en una determinada región.

La función de los científicos es observar la Tierra desde variadas longitudes de onda (o canales), como si movieran el dial de una radio para buscar una emisora, y extraer toda la información que sea posible en función del resultado. Se pueden así estudiar los océanos y la actividad biológica que en ellos se desarrolla, buscar terrenos con minerales específicos, hacer seguimientos del avance de la deforestación o la desertización, calcular los daños de una sequía o inundación, ayudar al proceso de alerta y respuesta temprana en emergencias naturales, es decir se puede interactuar con todos los procesos existentes en el ámbito aero y geoespacial (superficie terrestre, agua, subsuelo, espacio próximo a la tierra y ultraterrestre, glaciares, entre los más importantes).

Aunque los sensores de variados satélites pueden haber sido diseñados para detectar una misma franja del espectro electromagnético, no todos tienen que ser igual de potentes. La técnica avanza y, conforme pasa el tiempo, pueden obtenerse mejores resultados. En este sentido, un concepto importante es el de la RESOLUCION ESPACIAL, ya que ésta afecta al grado de detalle de la imagen proporcionada. Podríamos decir que estamos ante la capacidad del sensor de discernir a dos objetos. En otras palabras, una resolución de 30 metros siempre nos dará más detalle que una resolución de 90 metros y así sucesivamente.

Al mismo tiempo, cada instrumento posee su propia anchura de campo, es decir, la franja de terreno que es capaz de fotografiar mientras se mueve por el espacio. Una mayor resolución puede implicar reducir la cantidad de superficie observada. Para algunas aplicaciones es necesario tener una visión global, de modo que se puede dar mayor importancia a la cantidad de terreno cubierto que a la resolución. En la actualidad, ambos conceptos pueden coordinarse gracias a la confección de mosaicos, que unen diversas imágenes de alta resolución para crear el gran mapa que necesitamos.

Al estar tan asociados con la radiación electromagnética, es muy importante conocer cada vez este fenómeno cada vez mejor, no solo para estar conscientes de su uso, sino también para reconocer cuando conviene tomar precauciones debido a la posible interacción entre la radiación electromagnética y la materia.

## **1) RANGO ENERGÉTICO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

El espectro electromagnético cubre longitudes de onda muy variadas. Históricamente las propiedades de la radiación electro-magnética se han explicado por dos teorías aparentemente contrapuestas: aquella que la concibe como un haz ondulatorio (Huygens, Maxell), y aquella otra que la considera como una sucesión de unidades discretas de energía, fotones o cuantos, con masa igual a cero (Planck, Einstein). Estas dos teorías podríamos interrelacionar, puesto que se ha demostrado que la luz presenta comportamientos que pueden explicarse de acuerdo a ambos planteamientos.

De acuerdo a la teoría ondulatoria, la energía electro-magnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí (eléctrico y magnético).

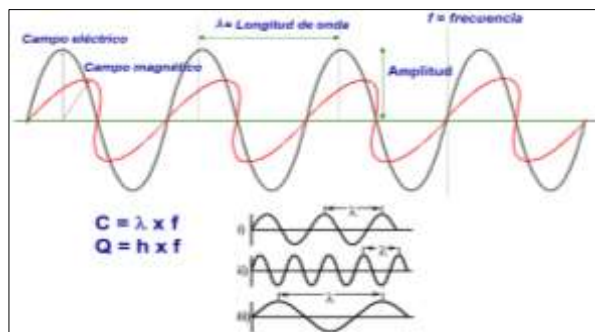


FIG II.015 Esquema de una ONDA ELECTROMAGNÉTICA

Las características de este flujo energético pueden describirse por dos elementos: longitud de onda ( $\lambda$ ) y frecuencia ( $f$ ). La primera hace referencia a la distancia entre dos picos sucesivos de una onda, mientras que la frecuencia designa el número de ciclos pasando por un punto fijo en una unidad de tiempo. Ambos elementos están inversamente relacionados.

$$c = \lambda * f \quad (1.1)$$

$c$ : velocidad de la luz ( $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

$\lambda$ : longitud de onda ( $1 \mu m = 10^{-6} m$ ,  $1 nm = 10^{-9} m$ )

$f$ : frecuencia (en Hertz,  $1 Hz = 1$  ciclo por segundo)

En definitiva, a mayor longitud de onda, menor frecuencia y viceversa, por lo que basta con indicar un solo término para caracterizar el flujo de energía transportada por un fotón, siempre que se conozca su frecuencia:

$$Q = h * f \quad (1.2)$$

$Q$ : energía radiante de un fotón (en julios)

$f$ : frecuencia

$h$ : constante de Planck ( $6.626 * 10^{-34} Js$ )

Si sustituimos (1.2) en (1.1) tenemos

$$Q = h * \left(\frac{c}{\lambda}\right) \quad (1.3)$$

Esto significa que a mayor longitud de onda, o menor frecuencia, el contenido energético será menor y viceversa. Esto implica que la radiación en longitudes de onda largas es más difícil de detectar que aquella proveniente de longitudes cortas, de ahí que las primeras requieran medios de detección más refinados. De las fórmulas anteriores, se deduce que podemos definir cualquier tipo de energía radiante en función de su longitud de onda o frecuencia. Aunque la sucesión de valores de longitud de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas, que van a hacer los espacios en donde se podrá distribuir por competencias, la verdadera funcionalidad de las diferentes Instituciones vinculadas a la EEE. Estructura Espacial Ecuatoriana, cuyos fines definen procesos de INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN, TRANSFERENCIA y SERVICIOS ESPECIALIZADOS. Todo esto independientemente de la misión original de cada Institución.

La organización de estas bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina ESPECTRO-ELECTROMAGNETICO.

## 2) ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se denomina ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO a la distribución energética del conjunto de las ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS. Referido a un objeto se denomina ESPECTRO ELECTROMAGNETICO a la RADIACION ELECTROMAGNETICA que emite (ESPECTRO DE EMISION) o absorbe (ESPECTRO DE ABSORCION) una sustancia. Mencionada radiación



sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar mediante ESPECTROSCOPIOS (miden las propiedades de la luz en una determinada porción del espectro electromagnético) que, además de permitir observar el espectro, se pueden realizar medidas sobre el mismo, como son la LONGITUD DE ONDA, la FRECUENCIA y la intensidad de la RADIACION.

**ESPECTRO DE EMISIÓN:** El espectro de emisión de cada elemento es único y puede ser usado para determinar si ese elemento es parte de un compuesto desconocido.

**ESPECTRO DE ABSORCIÓN:** El espectro de absorción de un material muestra la fracción de la radiación electromagnética, es decir la combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro, esta se manifiesta de diversas maneras como calor radiado, luz visible, rayos X o rayos gamma. Es, en cierto sentido, el opuesto de un espectro de emisión.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los RAYOS GAMMA, RAYOS X, pasando por la LUZ ULTRAVIOLETA, la LUZ VISIBLE (de energía intermedia, capaces de estimular el ojo humano) y los RAYOS INFRARROJOS (responsables de la sensación de calor y uso en cámaras de visión nocturna), MICROONDAS (usadas en el radar, telecomunicaciones y para calentar los alimentos), hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ONDAS DE RADIO.

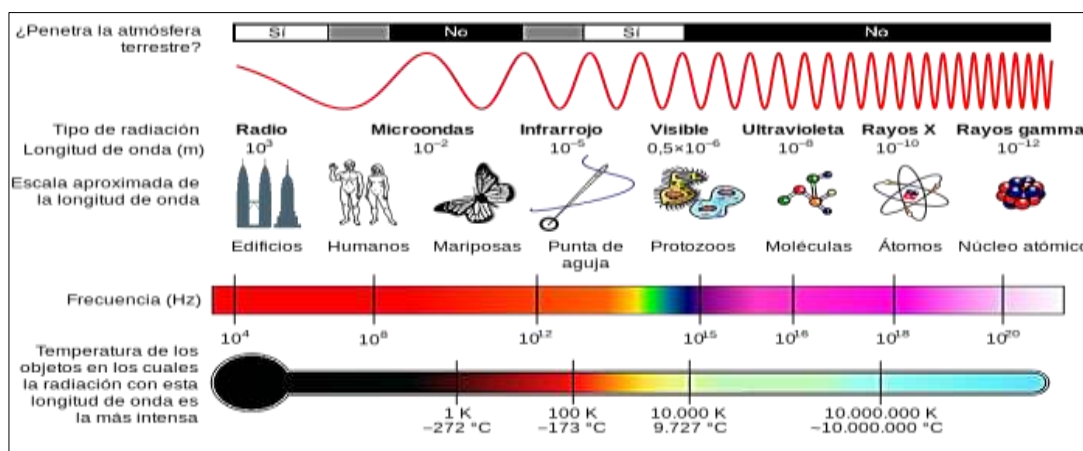


FIG II.016 Diagrama del Espectro Electromagnético, mostrando el tipo, longitud de onda, frecuencias, y temperatura de emisión de cuerpo negro.

Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck (distancia o escala de longitud por debajo de la cual se espera que el espacio deje de tener una geometría clásica o rama de la geometría basada en los Elementos de Euclides) mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

Una ONDA ELECTROMAGNETICA es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. Y sus aspectos teóricos están relacionados con la solución en forma de onda que admiten las Ecuaciones de Maxwell (Ley de Gauss, Ley de Gauss para el campo magnético, Ley de Faraday-Lenz y Ley de Ampère generalizada). A diferencia de las ondas mecánicas, como el sonido, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse, es decir, pueden desplazarse por el vacío. Las ondas luminosas son ondas electromagnéticas cuya frecuencia está dentro del rango de la luz visible. En la naturaleza, las fuerzas eléctricas se originan con la atracción o la repulsión eléctrica entre las cargas (+) y (-).

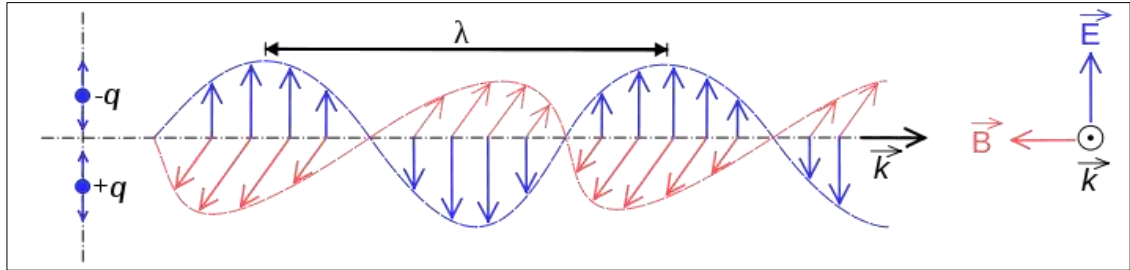


FIG II.017 Las ondas electromagnéticas son transversales, las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la de la propagación.

### 3) REGIONES Y APLICACIONES DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Cuando la luz visible u otra radiación electromagnética incide con una superficie metálica pulida, ocurre una reflexión. Cuando la luz visible interactúa con la superficie de un material transparente como el agua o el vidrio, ocurre una refracción, o sea la luz cambia de dirección en el material. La característica de reflexión y refracción de la luz ha permitido ser aplicada en artefactos importantes como lupas, gafas, cámaras fotográficas, microscopios, telescopios y otros artefactos ópticos útiles.

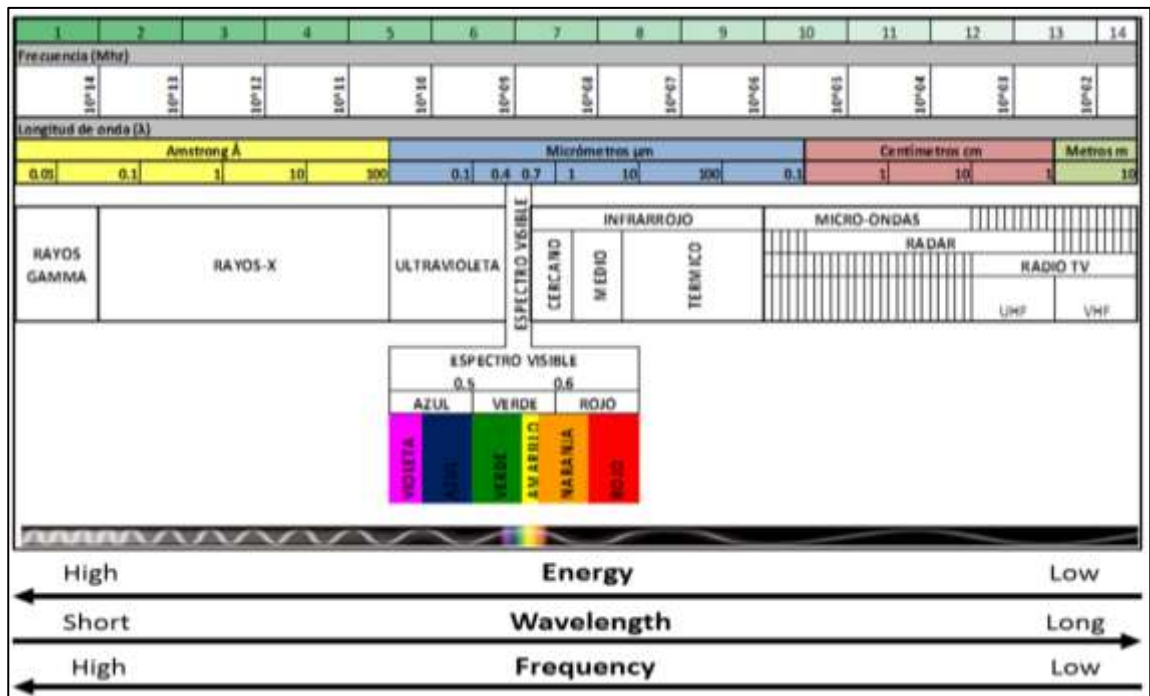


FIG II.018 Espectro Electromagnético (Rayos Gamma, Rayos X, Ultravioleta, Espectro Visible, Infrarrojo, Microondas)

El espectro electromagnético ha sido dividido en diferentes regiones cuyos límites son más o menos arbitrarios y depende en buena medida en nuestra capacidad de poder producir o detectar esas regiones del espectro. El descubrimiento y especialmente el desarrollo de las aplicaciones prácticas de las diferentes regiones ha dependido de la capacidad tecnológica de producir fuentes de radiación apropiadas y detectores o medidores sensibles a esas respectivas regiones.

### **a. RAYOS GAMMA (Y)**

Los rayos gamma (Y) corresponden a la región de fotones más energéticos del espectro electromagnético, es decir son 10.000 a 10'000.000 veces más energéticos que los fotones de luz visible. Están asociados a los rayos cósmicos, que son partículas cargadas altamente energéticas que chocan con la atmósfera terrestre y vienen desde los confines del Universo. Se han detectado además "estallidos" de rayos gamma en todas direcciones, que duran desde fracciones de segundo a minutos, centellean y luego se desvanecen. El origen de estos eventos, entre los más poderosos eventos del Universo, es motivo de controversia ya que algunos científicos consideran que se originan en un halo de estrellas de neutrones que circundan nuestra Galaxia, mientras otros argumentan que se originan fuera de nuestra Galaxia a distancias cosmológicas. Los rayos gamma Y sirven para detectar rayos que tienen su origen en las líneas de emisión nucleares, las emisiones de pulsares, galaxias activas y llamaradas solares. (Ver <http://www.ugr.es/~ute/Rayos-x-y-gamma.pdf>).

Aquí en la Tierra, los rayos Y se pueden producir en las explosiones de bombas nucleares y en la desintegración nuclear de sustancias radioactivas. Debido a su alta energía, los rayos Y tienen un alto poder penetrante a través de la materia, pero si chocan con los núcleos o las partículas elementales tienen una reacción importante. Por eso es que para protegerse se requiere gran cantidad de masa. Los rayos Y simplemente pasan a través de la mayoría de los materiales y no pueden ser reflejados por espejos como pueden ser los fotones ópticos y aun los fotones de rayos-X. La espectroscopia de rayos Y es de mucha importancia en estudios de ASTROFISICA, COSMOLOGIA E INVESTIGACIÓN ASTRONÓMICA, ya que esta región del espectro electromagnético ofrece mucha información sobre procesos interesantes que están ocurriendo en el Universo. Son usados también en la industria, medicina, verificación de presencia de materiales radioactivos, bombas, desechos peligrosos y radioterapia en medicina.

### **b. RAYOS-X**

Los rayos-X es otra región del espectro electromagnético, es una forma de radiación ionizante, por lo que puede ser peligrosa. Muchos procesos violentos en el Universo producen rayos-X (que son detectados por satélites especiales): estrellas que están siendo destrozadas por hoyos o agujeros negros, colisiones entre galaxias, novas y supernovas, estrellas de neutrones que forman capas de plasma que luego explotan en el espacio. La denominación rayos X designa a una radiación electromagnética, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de imprimir las películas fotográficas.

Los rayos X son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioleta y los rayos gamma. La diferencia fundamental con los rayos gamma es su origen, los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear, mientras que los rayos X surgen de los fenómenos extranucleares (desaceleración de electrones). La energía de los rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente.

Una de las características interesantes de los rayos X es que debido a su alta energía y longitud de onda muy corta, logran penetrar a través de muchos materiales, con excepción de algunos metales pesados como el plomo (Pb), que absorben la radiación (con un grosor de varios centímetros). Los rayos-X tienen energía mayor que los rayos ultravioleta y pueden pasar a través de la piel, músculos y órganos, pero son bloqueados por los huesos (que contienen el metal calcio, Ca). Cuando el doctor le toma una radiografía, la foto que resulta es la imagen de la sombra de los rayos-X que pasaron por su cuerpo.

Por sus características, los rayos-X han encontrado muchas aplicaciones a nivel MÉDICO como a nivel INDUSTRIAL. Se utilizan placas fotográficas, contadores Geiger, estudio de materiales, detectores de centelleo y detectores de semiconductores. Así sirve para determinar elementos contaminantes en minerales puros, suelos y sedimentos. La cristalografía tiene amplia aplicación en la QUÍMICA, BIOQUÍMICA, MINERALOGÍA, GEOLOGÍA, METALURGIA, POLÍMEROS, SEMICONDUCTORES y ARQUEOLOGIA.

### c. UV. ULTRAVIOLETA

El UV tiene longitud de onda menor que la región visible, pero mayor que los rayos-X suaves. La radiación ultravioleta (UV) que significa “más allá del violeta” y cuyo nombre proviene de que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta, producida por los rayos solares y con efectos considerables en la salud .

Según su longitud de onda, se distinguen varios subtipos de rayos ultravioleta:

NOMBRE	ABREVIACIÓN	Longitud de Onda (nm)	Energía por fotón (eV)
Ultravioleta cercano	NUV	400-200	3.10-6.30
Onda Larga	UVA	400-320	3.10-3.87
Onda media	UVB	320-280	3.87-4.43
Onda corta	UVC	283-200	4.43-6.20
Ultravioleta lejano	FUV, VUV	200-10	6.20-124
Ultravioleta extremo	EUV, XUV	91.2-1	13.6-1240

Tabla II.02 Subtipos de rayos ultravioleta según su longitud de onda

La luz ultravioleta tiene diversas aplicaciones, una de ellas son los rayos ultravioleta como forma de esterilización, junto con los rayos infrarrojos (pueden eliminar toda clase de bacterias y virus sin dejar residuos, a diferencia de los productos químicos). Lámparas fluorescentes, luz ultravioleta o luz negra, control de plagas (trampas de moscas ultravioleta), espectrofotometría UV/VIS (de luz ultravioleta y visible) es muy usada en química analítica.

La mayor parte de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra lo hace en las formas UVC, UVB y UVA, principalmente en esta última, a causa de la absorción por parte de la atmósfera terrestre. Estos rangos están relacionados con el daño que producen en el ser humano. La radiación UV es altamente mutagénica, en el ADN provoca daño al acortar la distancia normal del enlace, generando con esto una deformación de la cadena. El índice UV es un indicador de la intensidad de radiación UV proveniente del Sol en la superficie terrestre, así como señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel. La Organización mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante publican el siguiente estándar:

	COLOR	RIESGO	INDICE UV
	Verde	Bajo	< 2
	Amarillo	Moderado	3 – 5
	Naranja	Alto	6 – 7
	Rojo	Muy Alto	8 – 10
	Violeta	Extremadamente alto	> 11

Tabla II.03 CARTA STANDAR DE COLORES. Capacidad de la Radiación Ultravioleta Solar de producir lesiones

Con el pasar del tiempo los seres humanos al igual que la mayoría de los mamíferos cambiaron a ser diurnos, como los primates, y recuperaron el fotorreceptor rojo, lo que facilita la detección de frutos maduros. Otros como los carnívoros y muchos roedores conservaron o recuperaron el fotorreceptor ultravioleta lo que resulta de vital importancia para marcar el territorio pues la orina y las heces reflejan eficazmente la luz ultravioleta.

**CAPA DE OZONO:** Se denomina capa de ozono a la zona de la estratósfera terrestre que contiene una alta concentración de ozono. Esta capa que se extiende aproximadamente de los 15 km a los 40 km de altitud, reúne el 90% del ozono presente en la atmósfera y absorbe del 97% al 99% de la radiación ultravioleta de alta frecuencia. A partir de esto igual se llega a analizar los agujeros en la capa de ozono. **SOLMAFORO:** Es un semáforo que mide los niveles de radiación ultravioleta, alertando a la población por medio de un código basado en 5 colores. Explorador Ultravioleta Internacional (IUE) sirvió hasta 1996. Se han enviado telescopios Astro para estudios en UV en los transbordadores espaciales. El Explorador Ultravioleta Extremo (EUVE) y el Arreglo de Sensores de Imagen de rayos X de Baja Energía (ALEXIS) son dos telescopios que analizan la región de ultravioleta extrema.

Algunas aplicaciones del UV: La LUZ “NEGRA” se utiliza para irradiar materiales que producen luz visible por fluorescencia ó fosforescencia. Sirve para autenticar antigüedades y papel moneda; determinación de fisuras en estructuras metálicas. Adicional se utiliza en PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS, para ELIMINAR MICROORGANISMOS y PASTEURIZAR alimentos líquidos. DETECCIÓN DE FUEGOS utilizando detectores basados en carburo de silicio (SiC) y nitruro de aluminio (AlN), ya que la mayoría de los fuegos emiten en el UVB.

#### d. ESPECTRO VISIBLE

Se llama espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible, un típico ojo humano responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 a 780 nm.

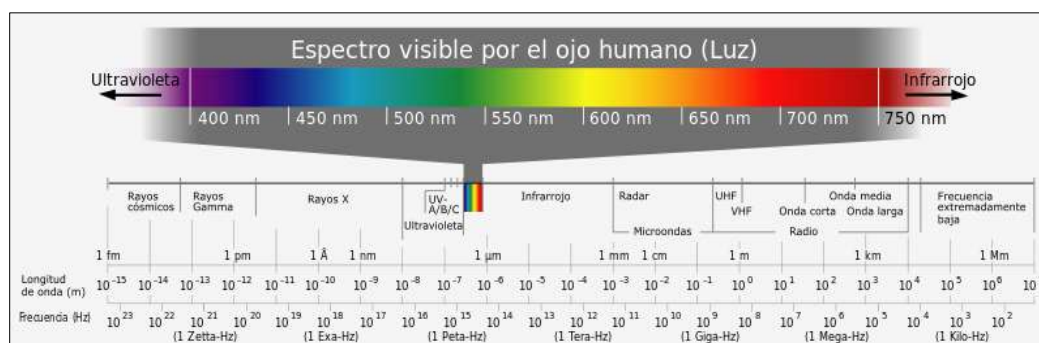


FIG II.019 Espectro Visible por el ojo humano (Luz), Corrección en Frecuencia, Suarez Ruibal, 21ENE2012

Las estrellas producen radiación como consecuencia de las reacciones de fusión nuclear producidas por las altísimas temperaturas en el interior de ellas, se destacan en el firmamento durante las noches porque emiten en la región visible. La parte externa del sol emite radiación como un cuerpo negro con una temperatura cerca de 6000 K.

La luz ultravioleta (UV) y visible, debido a la longitud de onda que tienen y que existen materiales transparentes o reflectores puede ser dirigida en la gran variedad de dispositivos, artefactos e instrumentos que se utilizan en los fenómenos de la OPTICA GEOMETRICA.

El Telescopio Hubble (HST) es el único en el espacio en la región visible, pero tiene varias ventajas comparado con los telescopios en la tierra. Está arriba de la atmósfera terrestre y de la distorsión producida por el aire, las diferencias en temperatura, de los vientos, diferencias de presión atmosférica, humedad; dando mucha mejor resolución y puede analizar el UV.

**IMPORTANCIA DE LA LUZ VISIBLE EN LA BIOSFERA:** Debido a que Sol emite fuertemente en la región UV-VISIBLE-INFRARROJO, los seres vivos en el planeta Tierra han evolucionado para aprovechar la energía que nos llega del Sol. Los productores primarios (plantas y fitoplancton) utilizan la luz solar para producir sustancias diversas en el proceso de fotosíntesis. La energía almacenada en esas sustancias orgánicas es utilizada de allí en adelante por toda la cadena alimenticia para su sobre-vivencia. Muchas especies de animales han desarrollado la capacidad de “ver” o ser sensibles a la región visible (y algunos al UV e IR, como insectos y aves). Esto ha conducido a la evolución de pelaje, plumaje o cobertura muy coloreada y vistosa en muchas especies para transmitir información a su especie o a sus depredadores. La región UV es muy energética y suele ser dañina para las especies vivas en la tierra. Los animales marinos están protegidos por el agua, que absorbe la luz UV. En el planeta Tierra se ha desarrollado una capa protectora contra la luz UV de más alta energía (UVB, UVC) que es la capa de ozono ubicada en la estratosfera y formada por la acción de la misma radiación UV con las moléculas de oxígeno. La capa de ozono permitió el desarrollo de la vida fuera del agua. Recientemente se ha observado destrucción de la capa de ozono por sustancias gaseosas que contienen cloro, tales como los clorofluorocarbonos (CFC), el cloroformo y tetracloruro de carbono. Esto aumentará los daños en los seres vivos causado por el UV, incluyendo cáncer de la piel en humanos. La radiación infrarroja que llega del sol y la característica de la atmósfera terrestre, mantiene una temperatura apropiada para la vida en este planeta, ya que los seres vivos funcionan dentro de un rango de temperatura adecuado. La presencia de gases como el vapor de agua, CO<sub>2</sub>, metano y otros mantienen esa temperatura a través del efecto invernadero. Recientemente un aumento desmesurado del CO<sub>2</sub> en la atmósfera producto del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) como fuentes primarias de energía, está conduciendo a un calentamiento global que puede tener consecuencias muy serias para la biosfera en el planeta.

Para la especie humana, la presencia de luz visible permite organizar la mayoría de las actividades de la sociedad durante el período diurno y cualquier otra necesidad de luz se cubre con fuentes artificiales que producen la radiación necesaria (alumbrar ambientes internos y nocturnos). La especie humana también ha utilizado fuentes de luz visible y ultravioleta para efectuar reacciones químicas inducidas por la luz (reacciones fotoquímicas, fotólisis, fotolitografía, fotocopiadoras, impresoras láser, impresión de microcircuitos).

#### e. INFRARROJO (CERCANO, MEDIO, TÉRMICO)

El infrarrojo (IR) es radiación electromagnética de una longitud de onda mayor que la luz visible, pero menor que microondas. El nombre indica que está “por debajo” del rojo, que es el color visible de mayor longitud de onda. La zona de IR del espectro no se puede ver, pero sí se puede detectar. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0°Kelvin que corresponden aproximadamente, a la temperatura de -273.15°C, que equivale al cero absoluto como un punto de partida.

Los infrarrojos son clasificados, de acuerdo a su longitud de onda:

INFRARROJO		LONGITUD DE ONDA
INFRARROJO TÉRMICO	Infrarrojo Cercano	De 800 nm a 2500 nm
	Infrarrojo Medio	De 2.5 μm a 50 μm
	Infrarrojo Lejano	De 50 μm a 1000 μm

Tabla II.04 Clasificación del Infrarrojo por su longitud de onda

En general, la longitud de onda donde un cuerpo emite el máximo de radiación es inversamente proporcional a la temperatura de éste (Ley de Wien). De esta forma la mayoría de los objetos a temperaturas cotidianas tienen su máximo de emisión en el infrarrojo. Los seres vivos, en especial los mamíferos, emiten una gran proporción de radiación en la parte del espectro infrarrojo, debido a su calor corporal. La potencia emitida en forma de calor por un cuerpo humano, se puede obtener a partir de la superficie de su piel (unos dos metros cuadrados) y su temperatura corporal (unos 37°C, es decir 310 K) y resulta ser alrededor de 100 vatios (Ley de Stefan-Boltzmann).

Esto está íntimamente relacionado con la llamada “sensación térmica” según la cual podemos sentir frío o calor independientemente de la temperatura ambiental, en función de la radiación infrarroja que recibimos, si en cambio hay viento, la capa de aire en contacto con nuestra piel puede ser reemplazada por aire a otra temperatura, lo que también altera el equilibrio térmico y modifica la sensación térmica.

**CUERPO NEGRO:** Es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y toda la energía radiante que incide sobre él. Nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través del cuerpo negro. A pesar de su nombre, el cuerpo negro emite luz y constituye un sistema físico idealizado para el estudio de la emisión de radiación electromagnética.

La Tierra es un emisor en el infrarrojo: la Tierra absorbe la luz UV, visible e infrarrojo cercano que recibimos del Sol y re-emite la mayoría de la energía como infrarrojo medio y lejano hacia la atmósfera. Los gases atmosféricos (principalmente agua, dióxido de carbono, pero también metano, óxido nítrico, clorofluorocarbonos, SF<sub>6</sub>) absorben en el infrarrojo y re-irradian en todas direcciones; esto produce el EFECTO INVERNADERO que hace que aumente la temperatura promedio del planeta.

Se han desarrollado una gran variedad de fuentes emisoras de radiación infrarroja, motivado por la cantidad de nuevas aplicaciones del uso de esta región del espectro electromagnético, especialmente en la tecnología de CONTROLES y TELECOMUNICACIONES.

Estudios en Infrarrojo del Espacio. ASTRONOMIA INFRARROJA es la detección y estudio de radiación infrarroja (energía del calor) emitida por los objetos del Universo. El ojo humano no puede detectar longitudes de onda mayores que 0,75 µm. El Universo envía una enorme cantidad de información en el IR. Con los telescopios en órbita, se puede detectar y estudiar esa radiación. El observatorio IRAS (Infrared Astronomical Satellite) detectó más de 300 000 fuentes de infrarrojo. El observatorio ISO (Infrared Space Observatory) enviado por la Agencia Europea Espacial tiene capacidad para observar de 2,5 a 240 µm. En el 2003 la NASA lanzó el SIRTf (Space Infrared Telescope Facility) en una órbita heliocéntrica, misma mostró una imagen de la Vía Láctea vista en el infrarrojo (que puede traspasar las nubes de polvo cósmico que bloquea la luz visible).

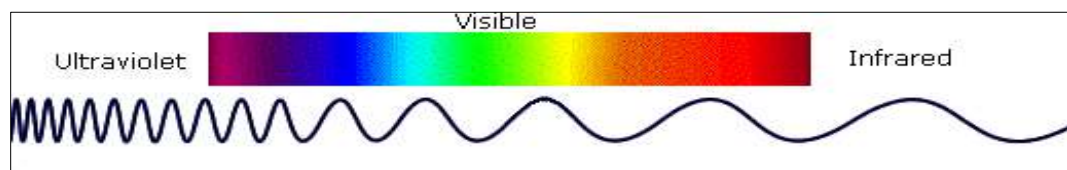


FIG II.20 Espectro Electromagnético a ambos lados de la región visible.

Los infrarrojos térmicos se utilizan en los equipos de visión nocturna cuando la cantidad de luz visible es insuficiente para ver los objetos. La radiación se recibe y después se refleja en una pantalla. Los objetos más calientes se convierten en los más luminosos. Un uso común es el que hacen los mandos a distancia (ó telecomandos) que generalmente utilizan los infrarrojos en vez de ondas de radio ya que no interfieren con otras señales como las

señales de televisión. Los infrarrojos también se utilizan para comunicar a corta distancia los ordenadores con sus periféricos.

Todos los cuerpos emiten y absorben radiación de su entorno. Si el cuerpo está más caliente que su entorno, se enfriará, ya que la rapidez con que emite energía excede la rapidez con que la absorbe. Cuando alcanza el equilibrio térmico, la rapidez de emisión y la de absorción son iguales. Del mismo modo, dos cuerpos que se encuentran en el vacío y a distintas temperaturas, tienden a llegar al equilibrio dinámico a través de la radiación.

**RADIANCIA ESPECTRAL:** Los cuerpos calientes emiten radiación térmica en todo el espectro electromagnético, sobre todo en la zona del infrarrojo. Si se mide la radiancia de un cuerpo para todo el espectro de frecuencias, se obtiene la radiancia espectral del cuerpo. Se trata de la medida más cercana a la observación remota.

## f. MICRO-ONDAS (RADAR, RADIO)

Las microondas son ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado, generalmente entre 300 Mhz y 300 Ghz, que supone un período de oscilación de 3ns ( $3 * 10^{-9}seg$ ) a 3ps ( $3 * 10^{-12}seg$ ) y una  $\lambda$  en el rango de 1m a 1mm. Otras definiciones, por ejemplo las de los estándares IEC (International Electrotechnical Commission) 60050 y IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 100 sitúan su rango de frecuencias entre 1 Ghz y 300 Ghz, es decir  $\lambda$  de entre 30 cm a 1 mm.

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las de UHF, SHF y EHF. Otras bandas de radiofrecuencia incluyen ondas de menor longitud de onda, en el orden de milímetros (ondas milimétricas).

La atmósfera terrestre es muy buena como absorbedor de radiación entre 300 y 3000 GHz, debido a los gases atmosféricos, principalmente el vapor de agua. Las microondas son reflejadas por los metales; útil para las antenas usadas en transmisiones vía microondas y en tubos guía rectangulares usados para guiar las microondas. Pueden PENETRAR MATERIALES no conductores (ropa, papel, cartón, madera, plástico, cerámica. Puede penetrar neblina y nubes, pero no puede penetrar metales o el agua.

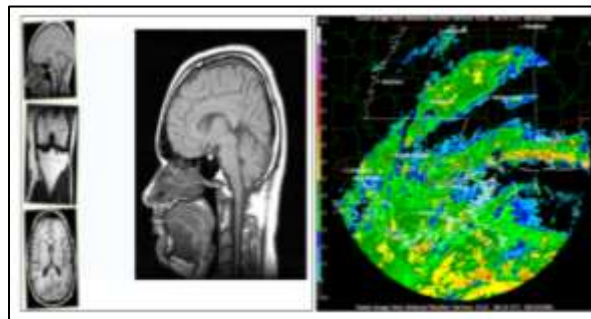


FIG II.21 Radar doppler del huracán Katrina (0:43 UTC, 29AGO2005), Imagenología con resonancia magnética

La región de microondas tiene muchas aplicaciones, en HORNOS, transmisiones de RADIODIFUSION y TELECOMUNICACIONES debido a un ancho de banda grande, como por ejemplo en TELEVISION VIA MICROONDAS, COMUNICACIONES SATELITALES, RADAR PARA TRANSPORTE AEREO y RADAR DOPPLER para seguir HURACANES Y TORNADOS, protocolos inalámbricos (WIRELESS) en comunicaciones e INTERNET, redes en áreas metropolitanas (MAN), televisión de cable e Internet (en cable coaxial); redes de teléfonos celulares; procesamiento de semiconductores (proceso de plasma) y transmisión de energía. En la INDUSTRIA MILITAR se han desarrollado prototipos de armas que



utilicen la tecnología de microondas para la incapacitación momentánea o permanente de diferentes enemigos en un radio limitado.

El Radar (Radio Detection and Ranging, Radio Angle Detection And Ranging), es un sistema usado para detectar y determinar la DISTANCIA DE OBJETOS como aviones o barcos (reflexión del metal) y delinear MAPAS DE LLUVIAS, TORNADOS y HURACANES (reflexión del agua). El transmisor emite fuertes ondas de microondas o radio y el receptor escucha cualquier eco reflejado. La señal es amplificada y analizada para identificar el objeto reflector y estimar su distancia. Para obtener buenas imágenes de radar reflejadas es importante utilizar radiación de longitudes (de unos pocos centímetros) de onda menores que las dimensiones del objeto. La mejor reflexión se obtiene cuando los bordes de las superficie reflectoras son perpendiculares. Las ondas electromagnéticas no se transmiten bien BAJO AGUA, siendo preferible el SONAR (basado en ondas sonoras) para detectar submarinos. El radar es susceptible de interferencia debido a ruido, señales de reflexión, ecos de multitrayectoria, señales de interferencia de la misma frecuencia (GUERRA ELECTRONICA). Se usa mucho hoy en día para la detección de basura espacial.

El radar Doppler envía una señal continua, lo que maximiza la cantidad de energía que retorna del objeto, y la señal de retorno con frecuencia cambiada se filtra de la señal enviada. Los instrumentos modernos utilizan la misma antena para enviar y recibir las señales. El radar detecta PRECIPITACION (lluvia o granizo) por backscattering de las microondas, y por el efecto Doppler se determina la VELOCIDAD DEL VIENTO en tiempo real hacia el detector y alejándose del detector. Permite detectar precipitación a una distancia de 80 millas náuticas o un huracán, nieve o fuerte precipitación hasta 140 millas náuticas.

Radio frecuencia (RF) se refiere a la porción del espectro electromagnético en el cual las ondas electromagnéticas (menores frecuencias y mayores longitudes de onda, de algunos mm a miles de km) son generadas por una corriente alterna (partículas cargadas moviéndose para atrás y para adelante, cambian de dirección o se aceleran) que se introduce en una antena. La atmósfera de la Tierra es transparente a longitudes de onda de unos pocos milímetros hasta 20 metros. Las ondas de radio viajan en línea recta, pero son reflejadas por la ionosfera, permitiendo que las ondas viajen alrededor del mundo.

Por arriba de 300 GHz, la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan grande que la atmósfera es efectivamente opaca a esta radiación; vuelve a ser transparente en la región de infrarrojo y visible.

Aplicaciones en RADIO ASTRONOMIA: La radio astronomía se puede desarrollar en la superficie terrestre ya que la atmósfera es bastante transparente en la región de ondas de radio. Sin embargo los observatorios en el espacio tienen ciertas ventajas. Hay varios radio telescopios en el espacio: Polar, Cluster II, ISEE 1, ISEE 2, GOES 9 y Voyager 1. Una técnica especial en radio astronomía llamada INTERFEROMETRIA, permite utilizar dos o más telescopios que están muy separados para crear imágenes que tienen la misma resolución como si hubiera un gran telescopio tan grande como la distancia entre los telescopios individuales.

Imagenología con Resonancia Magnética (MRI): También llamada Tomografía con Resonancia Magnética (MRT), es un método de crear IMÁGENES del interior de órganos opacos en organismos vivos o DETECTAR AGUA contenida en estructuras geológicas como rocas. Es usada principalmente para demostrar alteraciones patológicas o fisiológicas de tejidos vivos en IMAGENOLOGIA MEDICA.

La alta resolución obtenida en MRI ha permitido múltiples aplicaciones de la técnica a nivel médico, siendo una tecnología no invasiva de mucho futuro en el área médica.

## **E. HERRAMIENTAS GEO\_AEROESPACIALES (SENSORAMIENTO REMOTO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA)**

### **1) SENSORAMIENTO REMOTO**

El sensoramiento remoto o teledetección es una herramienta que engloba una serie de técnicas especializadas para la obtención de información a partir de la observación de los objetos de la superficie terrestre sin entrar en contacto directo con el mismo. Esto se hace a través del procesamiento e interpretación de imágenes satelitales ya sean multiespectrales, hiperespectrales, ópticas, de radar, ortofotos o cualquier otra que se provea a partir de un sensor.

La adquisición de imágenes de forma remota se logra a través de la detección de las perturbaciones electromagnéticas que provoca un objeto en relación a su entorno, ya sean en forma de reflexión de la energía solar recibida o de un haz energético artificial que impacta la superficie del objeto o bien por su propia emisión. Este proceso de teledetección está caracterizado básicamente por la emisión de radiaciones electromagnéticas desde una fuente, la interacción de la radiación con la superficie terrestre, la interacción de la radiación con la atmósfera, la recepción, almacenamiento temporal de los códigos que miden el valor de las ondas reflejadas, el envío y procesamiento de los datos con procesos computacionales. También con fines cartográficos en diferentes áreas multitemáticas, que generan información geoespacial, que podrá ser utilizada en la detección de problemas, soluciones, y como una herramienta poderosa en el proceso de toma de decisiones. (Ver <http://mibexltda.com/sensoramiento-remoto/>).

La calidad de la información obtenida por sensores remotos es siempre muy fiable. Si bien, a través de las firmas multiespectrales se puede llegar a distinguir, luego de un amplio proceso de entrenamiento, una amplia variedad de clases y formas en la superficie terrestre. En este sentido, es necesario destacar el uso del sensoramiento remoto para enfrentar procesos de la superficie terrestre en relación a sus emergencias.

La tecnología de sensores remotos se remonta a las primeras fotografías obtenidas desde el aire. La fotografía aérea está disponible desde 1858 en una experiencia hecha por Nadar. Sin embargo, la baja calidad y lo riesgoso de su interpretación hizo que este procedimiento no se materializase efectivamente hasta la Primera Guerra Mundial, hecho que dio lugar a la aparición de los primeros intérpretes de información aérea.

En forma paralela al desarrollo de máquinas fotográficas y de medios aéreos de navegación nació la posibilidad de obtener información sobre lo que ocurría en la tierra desde una perspectiva menos directa para el ojo humano aunque con más información relevante para la toma de decisiones. En ese sentido, esta información tuvo un origen primordialmente militar y las guerras, reales o latentes, han sido grandes impulsoras del desarrollo de esta tecnología. Técnicamente, las primeras fotografías militares sobre el frente enemigo se iniciaron a través de la utilización de globos de observación y luego esta responsabilidad recayó en consiguientes desarrollos aeronáuticos desde las guerras coloniales de principios de la década de 1910, la primera y segunda guerras mundiales y todo el período de la guerra fría hasta nuestros días.

El desarrollo en la década de los cincuenta de la tecnología aeroespacial incrementó las posibilidades de obtención de información geográfica a través no sólo de la fotografía sino también a través del uso de nuevas tecnologías: sensores de rayos infrarrojos y de ondas de radar. Las primeras experiencias en lo que daría lugar a la fotografía espacial pueden ser remontadas a pioneros alemanes como Ludwig Rahrmann (1895) y Alfred Maul (1910). Ambos investigadores sostenían el concepto de adosar cámaras fotográficas especiales a cohetes,

con los cuales obtenían fotografías aéreas aún antes o en los primeros inicios de la aeronavegación.

Con el lanzamiento de los primeros satélites meteorológicos se empieza a tomar conciencia de la capacidad de estos instrumentos de navegación para capturar información de la Tierra. El posterior programa de desarrollo espacial, que derivaría en la primera llegada del hombre a la Luna, y las nuevas tecnologías militares que hacían cada vez más riesgoso el papel de la fotografía aérea militar tradicional, daría pie y sustento al desarrollo de tecnologías cada vez más complejas para los sensores remotos de detección, con mayor utilización del espectro de banda electromagnético. Los programas Gemini y Apollo deben ser citados como pioneros a este respecto. Las imágenes desde el espacio para uso civil provienen principalmente de los programas Landsat (EE.UU.) en los 70' y SPOT (Francia) en los 80'. Los programas anteriores a éstos obtenían fotos desde ángulos oblicuos de la Tierra, mientras que estos programas hicieron hincapié en la obtención de fotografías en ángulo recto, lo que brinda menor distorsión y mejor interpretación de las imágenes. (Ver MPRA Paper N.12827, Munich Personal RePEc Archive, A Summary on Fundamentals of Remote-Sensing and Applications, Juan MC Larrosa, Universidad Nacional del Sur, 2000).

## **2) SIG (SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO)**

Dentro del mundo de la geoinformación, en nuestro país la Ingeniería Geográfica es una de las más importantes por su contenido, aprovechamiento socioeconómico y su valor geopolítico; ella describe los elementos en función de sus atributos, sus características descriptivas y sus relaciones espacio-temporales. Para el manejo de esta geoinformación se requiere de programas e instrumentos especializados tales como los (GIS o SIG). El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica comienza en los años 60, sin embargo hasta principios de los años 80 se mantuvieron como campo de investigación, aunque a partir de esa época hasta nuestros días, ha pasado del total desconocimiento a la práctica cotidiana en el mundo de la ciencia y de los negocios, usándose para resolver problemas diversos.

### **a. DEFINICION DE UN SIG/GIS (SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO)**

Es un conjunto organizado de equipo, paquetes de programa, datos geográficos y personal, diseñado para, capturar, almacenar, manejar, analizar y desplegar diferentes formas de información geográficamente referenciada a través de las siguientes operaciones:

- Digitalización de Mapas base
- Almacenamiento y gestión de bases de datos
- Despliegue espacial de datos
- Análisis espacial de datos
- Visualización de datos georeferenciados en mapas temáticos sintéticos de alta calidad, gráficos, tablas o cuadros.

Existen muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial.

A continuación se menciona algunos de los conceptos de SIG (Sistemas de Información Geográfica):

- Un SIG es una Base de Datos Computarizados que contiene información espacial (CEBRIAN Y MARK, 1986).
- Los SIG son el paso adelante más importante desde la invención del mapa en cuanto a la utilización de datos espaciales (CHORLEY, 1987).

- Un SIG se concibe como “Un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concreto” (RODRIGUEZ PASCUAL, 1993).
- Los SIG son sistemas integrados, los cuales se desarrollan en muchas áreas incluyendo los campos de agricultura, botánica, computación, economía, matemáticas, fotogrametría, topografía, etc (McCLOV KEITH, 1995).

## b. OPERACIONES Y FUNCIONES DE UN SIG

### a) INGRESO DE DATOS

Se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital.

### b) ALMACENAMIENTO DE DATOS

Se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación y diseño de atributos.

### c) MANIPULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de datos de operaciones (operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos actuales, y operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario). El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobre posición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispares, de una gran variedad de fuentes.

### d) PRODUCCIÓN DE DATOS

Se refiere a la exhibición o presentación de datos empleando formatos comúnmente utilizados incluyendo mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para mayor análisis.

## c. COMPONENTES DE UN SIG

Los componentes básicos de un SIG son:



FIG II.22 Componentes de un SIG (Hardware, Software, Información, Métodos y Personas)

**a) HARDWARE**

Los SIG corren un amplio rango de tipos de computadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.

**b) SOFTWARE**

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica; los componentes principales del software de un SIG son:

- Sistema de Manejo de base de datos
- Una interfase gráfica de usuarios para el fácil acceso a las herramientas
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos

**c) INFORMACIÓN**

El componente más importante para un SIG es la información. Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma más acertada posible.

**d) PERSONAL**

Las tecnologías SIG son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema.

**e) MÉTODOS**

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización.

**d. DATOS DE UN SIG**

Es importante diferenciar los distintos tipos de variables (nominales, ordinales, de intervalo y relacionales) que pueden ser almacenadas en cualquier sistema de información.

**a) VARIABLES NOMINALES**

Son aquellas que son descritas por un nombre, sin ningún orden específico. Ejm Categorías de uso de suelo, tipos de vegetación, tipos de suelo, etc.

**b) VARIABLES ORDINALES**

Son las listas de clases discretas, pero con un cierto orden. Ejm Tipos de carreteras (1, 2, 3 orden) o niveles de educación (primaria, secundaria, etc)

**c) VARIABLES DE INTERVALO**

Tienen una secuencia natural, pero además de las distancias entre los valores tienen un significado. Ejm Temperatura medida en °C, la distancia medida entre 10°C y 20°C, es la misma que la distancia entre 20°C y 30°C.

**d) VARIABLES RELACIONALES**

Tienen las mismas características de las variables de intervalo pero además, tienen un cero natural o un punto común de partida. Ejm el punto de congelación del agua tiene un cero arbitrario (0 °C), temperatura mensual, ingreso per capita, etc.

## e. MODELO Y ESTRUCTURA DE DATOS EN UN SIG

La primera cuestión en el desarrollo de un SIG, entendido como base de datos, es como representar de manera digital la información geográfica (BOSQUE SENDRA, 2002).

Un dato geográfico en un SIG tiene dos componentes:

### a) ESPACIAL

- GEOMETRÍA  
Posición absoluta de cada objeto respecto a unos ejes de coordenadas X,Y
- TOPOLOGÍA  
Relaciones entre objetos

### b) TEMÁTICO

Variables ligadas a cada objeto. En general, en un dato geográfico se pueden diferenciar dos aspectos conceptuales, el espacial (geometría más topología) y el temático.

Un SIG debe ser capaz de representar digitalmente ambos. Existen varias posibilidades para organizar este doble base de datos (espacial y temático). En primer lugar, el modelo de SIG denominado híbrido, que utiliza dos bases de datos diferentes, una para cada uno de los dos elementos fundamentales y por lo tanto está constituido por la base de datos espacial y la base de datos temática. En segundo lugar, la otra posibilidad de organizaciones incluir ambos tipos de datos en una única base de datos mixta, que reúna tanto las características espaciales como las temáticas. En la actualidad, el modelo híbrido tiene más éxito y difusión entre los programas SIG comerciales. El modelo integrado es más lento su funcionamiento o requiere ordenadores más potentes.

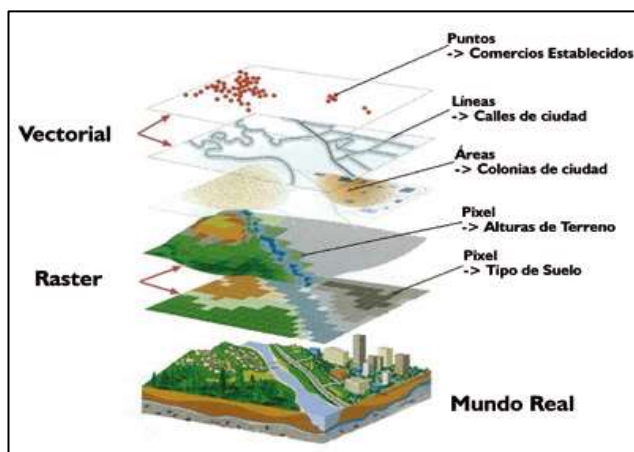


FIG II.23 Estructura de datos (RASTER Y VECTOR) con base en el mundo real

En función del modelo de datos implementado en cada sistema, podemos distinguir tres estructuras del SIG, VECTORIALES, RASTER y DATOS ORIENTADOS A OBJETOS.

### - ESTRUCTURA DE DATOS RASTER

Una de las más simples estructuras de datos es el RASTER u organización celular de datos espaciales. En RASTER, la información es generada para cada celda de un arreglo de celdas (frecuentemente regular) en el espacio. Las figuras geométricas que

cubren una superficie plana (como la estructura cuadrangular del raster) se llaman teselados o mosaicos (tessellations). TESELAR: Teselar un plano es recubrirlo con un patrón de figuras planas, de modo que no se superpongan, ni quede espacio entre ellas.

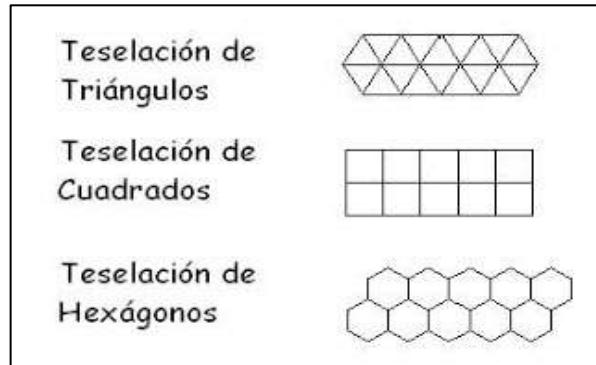


FIG II.24 Taselados de un plano (cuadrados, triángulos y hexágonos)

Los triángulos y hexágonos son otros dos tipos de taselados de un plano como bases de estructuras de bases de datos espaciales.

Existen muchos intereses en estructura hexagonal porque los hexágonos vecinos son equidistantes, lo que no sucede con una cuadrangular (BURT, 1980). Sin embargo, el uso de estructuras de datos triangulares o hexagonales origina problemas significativos. Primero, las celdas no pueden ser repetidamente subdivididas en celdas más pequeñas de igual forma que las originales, como es el caso de las celdas cuadrangulares. Un tercer inconveniente es que el sistema de numeración para un sistema hexagonal es más complejo que el de un sistema cuadrangular. La dimensión horizontal de un raster a lo largo de las filas del arreglo, es orientada de izquierda a derecha por conveniencia, siguiendo la práctica convencional en procesamiento de imágenes. Las posiciones en la dirección vertical alineadas con las columnas de arreglo son comúnmente enumeradas comenzando por el borde superior. Por consiguiente, el origen de un RASTER es la esquina superior izquierda.

Dos limitaciones importantes existen sin embargo en la estructura RASTER. La primera, debido a la estructura misma de las celdas es complicado definir una ubicación específica o exacta (la determinación de una ubicación en el espacio está limitada al tamaño de la celda o pixel). Por consiguiente existe un límite a la especificidad geográfica. La segunda limitación se refiere a la dificultad de definir celdas contiguas o adjuntas, materializadas como vecindarios espaciales.

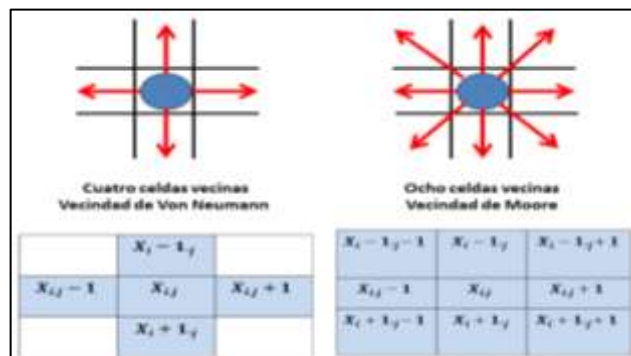


FIG II.25 Vecindarios Espaciales (Principio Básico de los Automatas Celulares)

Si consideramos la celda central de los vecindarios espaciales, las celdas arriba y abajo están a una unidad de distancia de la celda central, mientras que las celdas en la diagonal están aproximadamente a 1.41 (raíz cuadrada de 2) unidades de distancia del centro. Si consideramos un vecindario de 4 celdas, todas las celdas son equidistantes de sus vecinos, así las celdas vecinas están compartiendo un borde. Si incluimos los elementos en la diagonal, estamos en un vecindario de 8 celdas y ahora las vecinas comparten, en unos casos, un borde y en otros, un vértice (vertex). Como todas las celdas en estos 2 casos tienen vecinos de la misma forma y tamaño decimos que tenemos similitud espacial de vecindad (TOBLER, 1979).

Dos importantes interpretaciones teóricas del valor de la celda hay que discutir en la estructura RASTER. El valor de la celda puede representar un único valor medido en el centro de esa celda o puede representar un promedio, media, mediana, máximo, mínimo, suma, etc, de los vecinos más cercanos.

El tamaño de una celda en un set de datos puede confundirse con la unidad mínima de mapeo (el elemento más pequeño a ser representado). Sin embargo, el tamaño de la celda de un RASTER y la unidad mínima de mapeo no son lo mismo. Escoger una apropiada mínima unidad de mapeo para un estudio es una decisión muy importante que tomar en la fase de diseño del proyecto. Una conveniente regla de pulgar, basada en la teoría de muestreo (SAMPLING THEORY) es usar un tamaño de celda la mitad de largo (o un cuarto de área ya que las celdas son bidimensionales) del elemento más pequeño que se desea mapear. Una sugerencia más conservadora es usar un tamaño de celda un tercio o un cuarto del tamaño del largo del elemento más pequeño que se desea mapear.

Ejemplos de formatos RASTER: ESRI GRIDS, TIF, JPG, BMP, IMG, SUN

## - **ESTRUCTURA DE DATOS EN VECTOR**

El modelo VECTOR está basado en la localización de puntos cuyas ubicaciones en el espacio son conocidas con cierta precisión. Muchos sistemas de computación y sistemas de diseño asistido por computadora (CAD. COMPUTER AIDED DESIGN) usan modelos vector como organización interna de datos, usando primitivos como puntos, líneas y círculos. Para datos espaciales, en la mayoría de SIG los datos de coordenadas están incluidos y almacenados como una combinación de puntos, líneas y polígonos (MALES, 1977, PEUCKER AND CHRISMAN,1975). La relación matemática entre puntos, líneas y polígonos se denomina TOPOLOGIA.

El modelo VECTOR es usualmente usado para representar elementos en el espacio; es decir pueden existir vacíos de información entre objetos. De igual forma representa variables socioeconómicas dentro de las áreas administrativas previamente definidas. Elementos naturales como ríos, lagos, bosques, también pueden ser representados por este medio.

Ejemplos de formatos VECTOR: Coberturas Arc-Info, Shapefiles, DGN, DWG, DXF, DLG, TIGER.

## - **ESTRUCTURA ARCO-NODO**

En esta estructura, los objetos en la base de datos son estructurados jerárquicamente. En este sistema, los puntos son los elementos básicos. Los arcos son segmentos de líneas individuales definidos por una serie de pares de coordenadas X Y. Los nodos son las finalizaciones de los arcos y forman las intersecciones entre arcos. Polígonos son áreas totalmente encerradas entre arcos.



Así los nodos son compartidos tanto por arcos como por polígonos contiguos (PEUCKER Y CHRISMAN, 1975).

La estructura arco-nodo nos permite codificar la geometría de los datos sin redundancia. Los puntos son almacenados una sola vez y son rehusados tantas veces como fuese necesario.

#### - **ESTRUCTURA RELACIONAL**

Otra forma de organización arco-nodo es algunas veces denominada estructura relacional de datos. En la última estructura, los valores de los atributos de los datos eran almacenados juntamente con la información topológica. En una estructura de datos relacional, los atributos son almacenados y mantenidos separadamente. Esta estrategia ha sido muy popular en los SIG comerciales (ArcINFO, ArcVIEW, ArcGIS, etc). Los atributos son almacenados en bases de datos relacionales (Tablas Info, tablas DBF). Estas tablas son simples: una fila en la tabla representa a un solo elemento, y las columnas representan los diferentes campos o atributos. Un identificador único relaciona los datos espaciales con los datos alfanuméricos. Una de las tablas relacionales mantiene la información sobre los atributos de los puntos o nodos en una base de datos espacial.

#### - **ESTRUCTURA DE DATOS ORIENTADO A OBJETOS**

La estructura OBJETO se basa en la presuposición que las entidades en el mundo real que está siendo modelado pueden ser agrupados dentro de las clases de objetos. Los Objetos del Mundo Real (OMR) son abstraídos como objetos con comportamiento y estado. Comportamiento se refiere a como el objeto reacciona a ciertas reglas de decisión. En base a estas reglas el objeto se comporta de cierta manera que influyen en su estado final. Estado se refiere a las condiciones iniciales del objeto antes y después de aplicar a las reglas de decisión (abierto o cerrado, prendido o apagado, en movimiento o apagado). Cada objeto tiene un único identificador. La clase a la que cada objeto pertenece, define que valores ese objeto puede tener. Por ejemplo: Un “edificio” puede tener “dirección”, “número de pisos”, y “ubicación espacial”. Los objetos pueden tener conexiones con otros objetos. El conjunto de conexiones entre objetos se denomina estructura.

Un SIG orientado a objetos puede proveer tipos de especialidades como geometrías, raster, tablas, polígonos, puntos, líneas. Un objeto puede tener una estructura raster o vector, las dos o ninguna de las dos. El modelamiento por objetos puede proveer una integración natural entre las estructuras RASTER y VECTOR. Además no existe una distinción entre geometría y atributo. La geometría es un atributo más del objeto modelado. Por consiguiente hay un cambio conceptual en la forma de modelaje. El modelamiento es centrado en los objetos mas no en la geometría. Por lo tanto un objeto puede tener varias geometrías (WOODSFORD, 2003).

Se ha demostrado que la tecnología objeto trae beneficios substanciales en un gran número de áreas de aplicación de SIG, por ejemplo:

- ✓ Manejo de grandes bases de datos continuas
- ✓ Topología
- ✓ Integridad de base de datos
- ✓ Implementación de reglas de decisión y comportamiento
- ✓ Generalización de datos espaciales y bases de datos libres de escalas
- ✓ Integración entre RASTER y VECTOR

Ejemplo de una estructura de datos tipo OBJETO: Geodatabase (ESRI, INTERGRAPH, etc)

### **c) COMPARACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA VECTOR Y RASTER:**

#### **- VENTAJAS DEL MODELO VECTOR**

- ✓ Los objetos espaciales son representados basándose en coordenadas precisas X y Y, por consiguiente las mediciones de áreas, perímetros y distancias, y la representación gráfica es más exacta y precisa
- ✓ La estructura es más compacta y menos redundante, y dependiendo del área de estudio y el detalle, puede demandar menos espacio de almacenamiento
- ✓ A más de las propiedades geométricas, las relaciones topológicas entre objetos puede ser explícitamente codificada y almacenada
- ✓ Soporta una gran variedad de análisis complejos basados en topología y bien implementados para representar y modelar elementos lineares y redes como direcciones, sistemas hidrológicos, flujos de transporte, análisis de mercado, oleoductos, trazados viales, etc
- ✓ El uso de relaciones topológicas facilita la revisión de errores en la base de datos
- ✓ Facilita la sobreposición visual de capas de información

#### **- LIMITACIONES DEL MODELO VECTOR**

- ✓ Compleja estructura de datos, y extensos períodos de tiempo para adquirir e ingresar datos
- ✓ Requiere intensa labor computacional y presenta complicaciones en operaciones espaciales para hacer sobreimposiciones de mapas y análisis de vecindad
- ✓ No es adecuada para mostrar cambios graduales entre unidades adyacentes
- ✓ No es adecuada para representar superficies continuas como relieve, pendientes, aspecto
- ✓ Es incompatible con datos colectados por sensores remotos

#### **- VENTAJAS DE LA ESTRUCTURA RASTER**

- ✓ Simple y directa estructura de datos en formas de matriz en dos dimensiones
- ✓ Soporta no solamente objetos discretos pero también continuos (superficies continuas)
- ✓ Computacionalmente es más eficiente para ciertos tipos de análisis espacial: algebra de mapas, modelamiento de superficies y simulaciones
- ✓ Es compatible con datos colectados por sensores remotos y datos fotogramétricos
- ✓ Compatible con dispositivos gráficos de entrada y salida de alta velocidad

#### **- LIMITACIONES DE LA ESTRUCTURA RASTER**

- ✓ No es posible representar explícitamente relaciones topológicas por lo tanto no es posible realizar análisis de redes
- ✓ Existe redundancia de datos en áreas homogéneas por lo tanto abarca un gran volumen de datos
- ✓ Limitada precisión en la ubicación de elementos y en el cálculo de áreas y distancias
- ✓ La representación de objetos es menos estética ya que los bordes tienden a ser en forma de gradas o bloques, en vez de líneas suavizadas.

## f. PROYECCIONES Y SISTEMAS DE COORDENADAS

### a) PROYECCIONES

La forma de la Tierra es aproximadamente esférica sin embargo tiene una forma particular denominada Geoide.

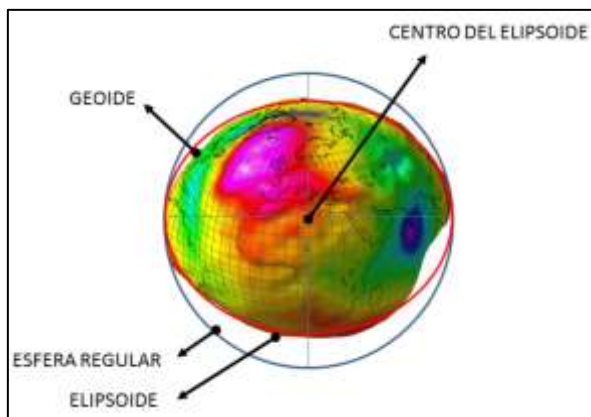


FIG II.26 GEOIDE (la forma particular de la superficie de la Tierra)

El modelo matemático del Geoide se denomina Elipsoide. Un elipsoide tiene un eje mayor, un eje menor y una excentricidad. Existen diferentes elipsoides para la Tierra que se ajustan de mejor o peor manera a la forma del Geoide de acuerdo a la ubicación del área de estudio. Los mapas no son más que proyecciones del elipsoide en una superficie plana.

Existe un gran número de proyecciones cartográficas. La forma más común de ubicar puntos sobre la Tierra es el sistema geográfico o sistema de "longitud – latitud", en el cual los puntos son especificados en términos de la desviación angular norte o sur de la línea ecuatorial (para derivar la latitud) y la desviación angular a lo largo de la circunferencia de la Tierra en la línea ecuatorial (generalmente medida respecto al meridiano de Greenwich, en Inglaterra, para derivar la longitud). Sin embargo la medición de áreas y distancias en un sistema angular tiene muchas limitaciones en cuanto a la precisión y exactitud de las medidas por lo tanto es necesario convertir estos valores angulares a un sistema de coordenadas planas o cartesianas. Las proyecciones cartográficas son de este último tipo y están categorizadas de distintas formas. El primer grupo de proyecciones está basado en el modelo geométrico de la proyección.

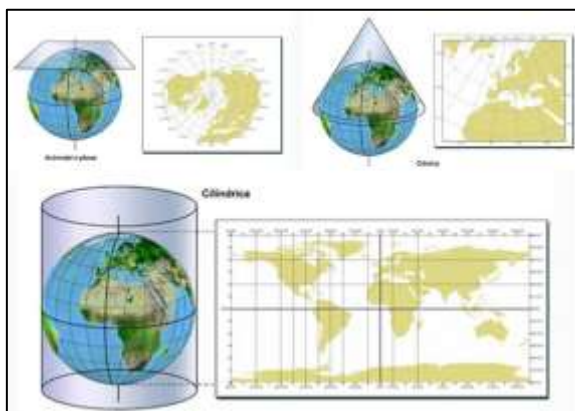


FIG II.27 PROYECCIÓN AZIMUTAL, PROYECCIÓN CONICA Y PROYECCIÓN CILÍNDRICA (UTM)

En este grupo están las proyecciones AZIMUTALES (mapa construido ubicando un plano tangente al punto de la superficie de la Tierra. Navegación Aérea y transmisión de radio), CÓNICAS (basadas en la colocación de un cono sobre la Tierra, orientado de tal forma que la intersección del cono y la Tierra forma uno o dos círculos pequeños, representa grandes porciones de la Tierra) y CILÍNDRICAS (basadas en la colocación de un cilindro alrededor de la Tierra, tangente al elipsoide). La proyección UTM es la proyección plana más conocida y es una proyección cilíndrica. En este sistema, la proyección es secante a la superficie de la Tierra, para balancear variaciones de escala. El sistema UTM divide a la superficie de la Tierra en 60 zonas de 6 grados de longitud de ancho. Cada zona es numerada y centro de cada zona se denomina Meridiano Central. Conforme uno se aleja del meridiano central se incrementa la distorsión. Los bordes de las zonas presentan las deformaciones más altas, por tanto usar una sola zona para un área que cubra más de una zona es un inconveniente cuando se necesitan hacer mediciones de áreas y distancias en forma precisa. Las localizaciones en la Tierra son descritas en forma de Norte y Este, medidas en metros desde el origen de la zona UTM correspondiente. Si el punto se encuentra en el hemisferio norte entonces el origen en el eje Norte-Sur (línea Ecuatorial) toma un valor de "0" y el eje Este-Oeste (meridiano central) toma un valor de "500.000". Si el punto se encuentra en hemisferio sur, el origen en el eje Norte-Sur toma un valor de "10'000.000" y el eje Este-Oeste mantiene el valor de "500.000". Por esta razón el origen del eje Norte-Sur se denomina Falso Norte.

## b) SISTEMAS DE COORDENADAS TERRESTRES

Cualquier objeto geográfico solamente podrá ser localizado si podemos describirlo en relación a otro objeto, conociendo su posición o determinando su localización en una red coherente de coordenadas. Los sistemas de coordenadas terrestres se dividen en:

### - COORDENADAS CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS

Tiene su origen en el geocentro (centro de masas de la Tierra). Los tres ejes son ortogonales entre sí y forman un sistema conocido como "SISTEMA DERECHO", o ley de la mano derecha. (HOAR,1982). A menudo se usa para definir posición, ya que son derivadas del satélite (GPS) y son muy útiles en los cambios del sistema geodésico de referencia. Las coordenadas derivadas de este sistema son (X,Y,Z).

### - SISTEMAS DE COORDENADAS GEODÉSICAS (ELIPSOIDALES O CURVILÍNEAS)

Constituye las coordenadas básicas en los sistemas geodésicos clásicos. Son preferibles para aplicaciones prácticas como navegación, cartografía e ingeniería. El origen del sistema es el centro geométrico del elipsoide. Las coordenadas derivadas de este sistema son latitud( $\Phi$ ), longitud ( $\lambda$ ) y altura elipsoidal (h).

- ✓ SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSOIDALES GLOBALES: A partir de 1987, Global Positioning System (GPS) ha usado World Geodetic System 1984 (WGS-84) como sistema de coordenadas elipsoidales referenciales o globales.
- ✓ SISTEMAS DE COORDENADAS ELIPSOIDALES LOCALES: Se conoce que los cálculos geodésicos y cartográficos se realizan sobre la superficie de un elipsoide de revolución; así, para la zona en la que se encuentra el Ecuador, se usa el elipsoide Internacional de Hayford, adoptado por PSAD-56 (Provisional South American Datum 1956), cuyo punto de enlace es Canoa-Venezuela.
- ✓ SISTEMA HORIZONTAL LOCAL DE COORDENADAS (TANGENCIAL): Se utiliza para las observaciones sobre la superficie de la Tierra, con el uso de instrumentos ópticos electrónicos. El origen del sistema es el punto de observación (TOPOCENTRO).

- ✓ **COORDENADAS PLANAS (PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS:** la única manera de modelar la orientación, forma y tamaño relativo a la Tierra, es aplicando sistemas de proyección basados en algoritmos matemáticos y/o gráficos que permitan representarlos en un plano, minimizando errores y deformaciones que se producen durante el proceso. La proyección cartográfica es el estudio de las distorsiones producidas al desarrollarse un volumen (esfera o elipsoide) a un plano, determinando una correspondencia matemática biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y sus transformadas en el plano con el objeto de minimizarlas. Existen varios sistemas de proyección cartográfica, tales como, EN FUNCION DE LA SUPERFICIE SOBRE LA QUE SE PROYECTA (Cilíndrica, Cónica y Azimutal), EN FUNCION DE LA POSICIÓN DE LA SUPERFICIE SOBRE LA QUE SE PROYECTA CON RESPECTO AL EJE DE LA TIERRA (Normal, Transversa, Oblicua, Polar y Ecuatorial), EN FUNCION DE LAS DEFORMACIONES (Conforme, Equivalente, Equiárea, Equidistante, Afiláctica), EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN DEL CENTRO DE PROYECCIÓN (Gnomónica o Perspectiva, Estereográfica, Escenográfica, Ortográfica) y EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN DEL PUNTO DE VISTA (polar, meridiana, zenital y azimutal).

#### **g. SISTEMAS, SUPERFICIES Y MARCOS DE REFERENCIA**

La Astronomía y la Geodesia requieren de un conjunto de referencias coherentes. Este conjunto está representado por los Sistema de Referencia CELESTE y TERRESTRE.

Un SISTEMA DE REFERENCIA es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que permiten definir, en cualquier momento, la orientación y ubicación de tres ejes coordenados (X,Y,Z). (DREWES, 2002).

Es muy importante en la definición de los sistemas de referencia el concepto de orientación de la Tierra, ya que es la relación entre ambos tipos de sistemas. La orientación de la Tierra se define como la variación en términos de rotación entre un Sistema Celeste y uno Terrestre, es decir un sistema geocéntrico que rota con la Tierra y uno inercial o cuasi-inercial también geocéntrico que no rota. La rotación entre estos dos sistemas se puede realizar a través de tres ángulos (ángulos de EULER), pero clásicamente se ha estudiado esta variación considerando separadamente el movimiento del eje de rotación en el espacio, y la variación en la rotación de la Tierra. Esto da lugar a cinco Parámetros de Orientación de la Tierra (EOP) y que son:

- Tiempo Universal (variación de tiempo en la duración del día, ya que la Tierra no gira uniformemente)
- Las variaciones en el Polo Celeste
- El eje de rotación en el espacio (NUTACIÓN y PRECESIÓN)
- Coordenadas del Polo Terrestre (X,Y)
- El eje de rotación de la Tierra

##### **a) SISTEMA GEOCÉNTRICO DE REFERENCIA:**

Si el origen de coordenadas del sistema (X,Y,Z) coincide con el centro de masas terrestre éste se define como Sistema Geocéntrico de Referencia o Sistema Coordenado Geocéntrico

##### **b) SISTEMA GEODÉSICO LOCAL:**

Si el origen de coordenadas del sistema (X,Y,Z) está desplazado del geocentro se conoce como Sistema Geodésico Local. Este es el caso del sistema PSAD-56 utilizado por nuestro país.

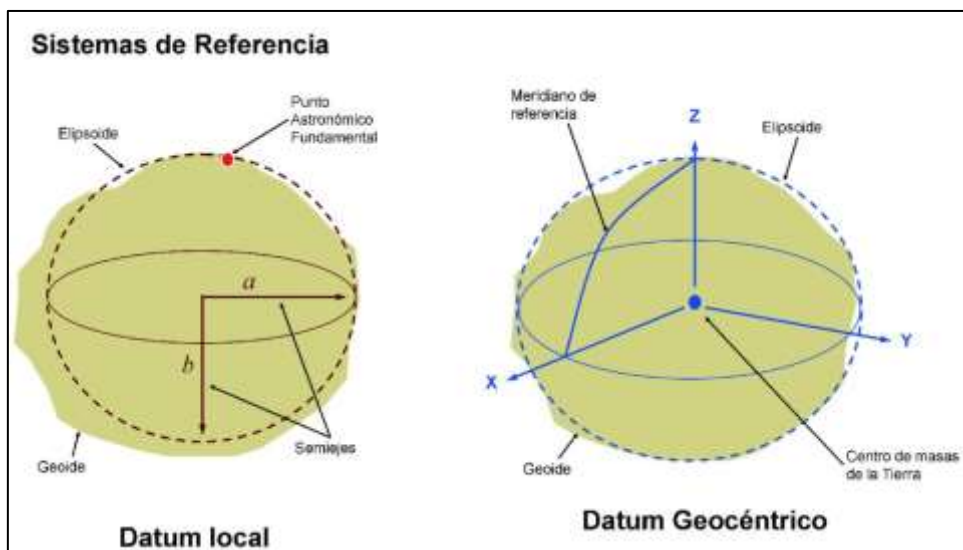


FIG II.28 Representación de los parámetros del Sistema Geocéntrico Local y un Global

c) **MARCO DE REFERENCIA:** Es la realización práctica o materialización de los conceptos teóricos introducidos en el sistema de referencia. Tal materialización se da a través de la determinación de puntos fiduciales (de alta precisión). Un sistema de referencia no tiene aplicación práctica, si no es mediante la utilización de un marco de referencia, el cual proporciona puntos de control que permiten mantener actualizado el sistema de referencia. Las observaciones de la constelación de los satélites GPS contribuyen a la realización del marco de referencia terrestre y a la monitorización de la rotación de la Tierra.

- **INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE SYSTEM (ITRS):** Es el Sistema Internacional de Referencia Terrestre del Servicio Internacional de Rotación Terrestre (IERS) establecido para la determinación de la rotación de la Tierra en el sistema de referencia celeste. Es un sistema geocéntrico, donde el centro de masas terrestre incluyen la atmósfera y los océanos. La escala está dada localmente en el marco terrestre según la teoría gravitacional de relatividad.
- **INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE FRAME (ITRF):** El ITRF es la materialización (Marco Internacional de Referencia Terrestre) del ITRS por un número de estaciones en la superficie terrestre (aproximadamente 300) con coordenadas dadas para una época fija y sus variaciones en el tiempo (velocidades). El ITRF se produce por la combinación de las soluciones de las técnicas geodésicas espaciales, Very Long Baseline Interferometry (VLBI), Satellite Laser Ranging (SLR), Lunar Laser Ranging (LLR), Global Positioning System (GPS), Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS), calculadas individualmente por diferentes instituciones. El ITRF sirve para la determinación de las órbitas precisas de los satélites GPS por el Servicio Internacional GPS (IGS). (DREWES, 2014). Hoy en día en el Ecuador se materializa con una red de estaciones de monitoreo continuo, en el número de 32 totalmente densificadas e integradas al sistema de referencia para las Américas SIRGAS.

Hay dos niveles fundamentales de sistemas de referencia:

- **SISTEMA DE REFERENCIA CELESTE (SRC) O SISTEMA INERCIAL CONVENCIONAL (CIS):** El Celestial Reference System (CRS) o Conventional Inercial System (CIS), se denomina Inercial si se encuentra en reposo o se mueve

con velocidad constante con respecto al resto del Universo (Primera Ley de Newton). Son sistemas cuasi inerciales respecto a los cuales referimos las posiciones de los objetos celestes, por ejm cuásares, púlsares, estrellas, etc. la dirección del eje de rotación terrestre permanece aproximadamente constante y permite definir el sistema de referencia. El origen se encuentra en el centro de masas de la Tierra, por lo tanto no se pueden interferir por eso se han usado como referencia auxiliar para guiado.

- **SISTEMA TERRESTRE CONVENCIONAL:** Los Conventional Terrestrial System (CTS), son sistemas ligados a la Tierra y por tanto giran conjuntamente con la Tierra y se trasladan. Es decir son sistemas acelerados y por tanto no inerciales. El origen es el centro de masas de Tierra.

Algunos de los más importantes Sistemas de Referencia Terrestre son:

- ✓ **SIRGAS:** La necesidad de realizar un Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, hizo que a partir del año 1993, se establezcan los objetivos de definir un sistema de referencia para las Américas, establecer y mantener una red de referencia, y establecer un datum geocéntrico. Se definió en Paraguay 1994, que el marco de referencia debía materializarse con una red de estaciones GPS de alta precisión. En 1997 el IAG reunido en Río de Janeiro, acordó que cada país sudamericano debe realizar su respectiva red nacional enlazada al SIRGAS, determinándose que en Ecuador se implantarían tres vértices (Galápagos, Latacunga y Zamora Chinchipe) y que a partir de esto se comience a densificar. Hoy en día se cuenta con 32 EMC (Estaciones de Monitoreo Continuo) y todas están referidas a SIRGAS, quien facilita, la demarcación fronteriza, la implementación de proyectos transnacionales, el intercambio de información georeferenciada, el desarrollo e implementación de las Infraestructuras de Datos Espaciales con compatibilidad mundial.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	SIRGAS
Semieje Mayor	a	6'378.137,0 m
Semieje Menor	b	6'356.752,314140347 m
Achatamiento	f	1/298,257222101
Producto de la Constante Gravitacional y la Masa de la Tierra	GM	$3'986.005 * 10^8 \frac{m^3}{s^2}$
Velocidad Angular de la Tierra	$\omega$	$7'292.115 * 10^{-11} \frac{rad}{s}$
Gravedad Normal en Ecuador	Ye	978033,0 mGal

Tabla II.05 Constantes que definen SIRGAS

SIRGAS es una densificación de los ITRF por lo cual su elipsis de referencia es el mismo que en el caso de los ITRF, es decir GRS80. Actualmente la solución de SIRGAS es la SIR1 1P01 que representa el marco de Sudamérica en ITRF2008, época de referencia 2005.0.

- ✓ **WGS-84:** El World Geodesic System 1984 (WGS-84) es un Sistema Geodésico desarrollado por el DoD (Departamento de la Defensa de los EEUU) desde 1960 con el objetivo de entregar posicionamiento (ubicación) y navegación en cualquier parte del mundo, a partir de informaciones espaciales. En la época de creación del sistema tenía una precisión del orden de 1 a 2 metros. El WGS-84 tuvo su primera materialización en 1987, basada en 10 estaciones distribuidas globalmente, y su refinamiento fue hecho en 1994 con 32 estaciones. El WGS-84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra.

Las constantes que definen al WGS-84 son representadas de la siguiente manera:

PARÁMETRO	SÍMBOLO	WGS-84
Semieje Mayor	a	6'378.137,0 m
Semieje Menor	b	6'356.752,3142 m
Achatamiento	f	1/298,257223563
Producto de la Constante Gravitacional y la Masa de la Tierra	GM	$3,986004418 * 10^{14} \frac{m^3}{s^2}$
Velocidad Angular de la Tierra	$\omega$	$7,292115 * 10^{-5} \frac{rad}{s}$
Gravedad Normal en Ecuador	Ye	978033,0 mGal

Tabla II.06 Constantes que definen al WGS-84

- ✓ **PZ-90:** Parametry Zemli 1990. Este sistema substituye al SGS-85 (Sistema Geodésico Soviético 1985), usado por GLONASS hasta 1993.
- ✓ **EUREFXX:** Sistema de Referencia (EUREFxx), para Europa, definido en 1987

**d) DATUMS:** Se conoce que países individualmente o en grupos, han escogido diferentes elipsoides de referencia para enlazar a ellos su Cartografía con la menor distorsión posible. Este escogitamiento se lo hace en base al tamaño y la forma del elipsoide, así como de su posición respecto al geocentro (centro de masas) y toman el nombre de datums geodésicos. Dentro del posicionamiento satelitario, a estos datums geodésicos se los denomina datums del satélite o mundiales, y aquí surge la necesidad de diferenciarlos de los locales.

Un datum define el sistema de referencia que describe el tamaño y forma de la Tierra. En otras palabras describe la posición del Geoide con respecto al Elipsoide. Cientos de datums diferentes han sido usados para enmarcar las descripciones de posición desde los primeros intentos para estimar el tamaño de la Tierra por Aristóteles. Verdaderos datums geodésicos fueron usados solamente después de 1700 cuando las mediciones y observaciones de la Tierra mostraron que el modelo matemático de la Tierra se aproximaba más a un elipsoide que a un esferoide.

Los datums más usados para el Ecuador han sido el Provisional South American Datum 1956 (PSAD56/La Canoa Venezuela), con referencia vertical en la Estación Mareográfica de la Libertad, provincia del Guayas, con el Elipsoide Internacional de 1924. El South American Datum 1969 (SAD69) también ha sido usado para el Ecuador con el elipsoide GRS67.

Sin embargo estos datums están siendo trasladados a sistemas geocéntricos (con la ayuda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que pueden ser utilizados a nivel mundial como el GRS80 o el WGS84. Actualmente se dispone de una RED ECUATORIANA DE MONITOREO CONTINUO el mismo ha adoptado SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).

- **DATUMS DEL SATÉLITE, GEOCÉNTRICOS O MUNDIALES**

Los datums usados por el satélite, son elipsoides mundiales que pueden no llegar a ajustarse muy bien a la tierra en un lugar, pero es el de "menor ajuste" para la totalidad de la tierra; es así que estos datums, al contrario de los datums locales, están referidos al centro de masa o geocentro.

- **DATUMS LOCALES**

Los mapas se trazan, y las posiciones se definen con respecto a un datum de referencia por ejm EEUU usa el North American Datum, Japón el Tokio Datum,



Europa el European Datum, etc. Por lo tanto se puede deducir que la definición y uso de un datum geodésico o local está sujeto a conveniencia, pero se debe considerar el tamaño y forma del elipsoide, que la vertical al geode y la normal coincidan (desviación de la vertical sea cero) y la ondulación geoidal sea cero.

- e) **SUPERFICIES DE REFERENCIA / ALTURAS:** Para construir un proceso geográfico, de acuerdo a sus objetivos o a los elementos existentes se usan superficies de referencia, mismas al momento se disponen en un número de 4, de acuerdo al siguiente detalle:

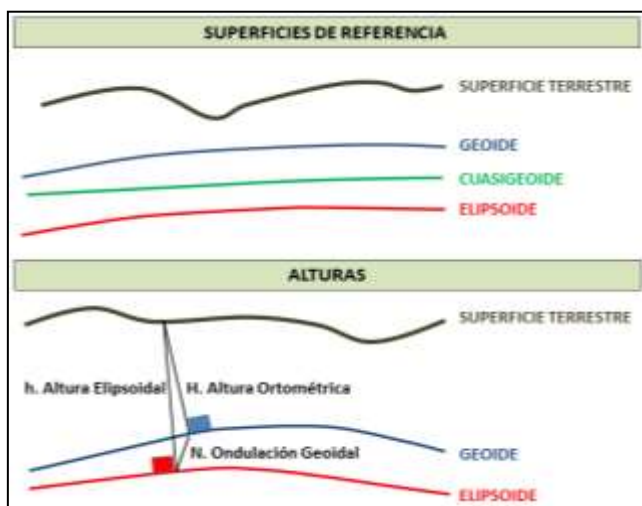


FIG II.29 Superficies de Referencia y Sistemas de Altura

- **GEOIDE:** Superficie equipotencial (potencial de la gravedad constante) que más se aproxima al nivel medio de los mares, libre de perturbaciones y que representa la superficie de la Tierra. Generalmente se escoge como superficie equipotencial a la que corresponde al nivel medio de los mares, debido a que esta superficie es la más aproximada a la realidad física. El geode es la superficie de referencia para las observaciones astronómicas y para la nivelación.
- **CUASIGEOIDE:** Es una superficie de referencia definida en el campo de gravedad normal, la misma que origina un sistema de alturas normales sin ninguna hipótesis. El cuasigeoide es una superficie no equipotencial, muy cercana al geode. Su determinación no requiere de hipótesis geofísicas, se basa en el modelamiento matemático del campo de gravedad normal (BLITZKOW, 1998).
- **ELIPSOIDE:** Debido a la forma irregular del geode que no permite una comprensión fácil de posición horizontal de puntos, nace la necesidad de tener una superficie de referencia de forma regular (elipsoide biaxial). El elipsoide es una figura geométrica tomada como superficie de referencia sobre la cual se realizan cálculos de posición, distancias, direcciones, etc. Esta superficie matemática se forma cuando la superficie es rotada alrededor de su eje menor, y se convierte en la figura más próxima al geode. Se usa en geodesia para los levantamientos geodésicos, puntos de control y levantamiento de cartografía.
- **ALTURAS:** Las alturas de un punto sobre la superficie terrestre es la distancia existente, sobre la línea vertical, entre éste y una superficie de referencia (datum vertical). Su determinación se lo hace a través de un procedimiento de nivelación. Dentro de este marco se distinguen alturas de tipo geométrico (niveladas (obtenidas

bajo medición geométrica con métodos ópticos) y elipsoidales (llamada geodésica, es la distancia vertical entre el elipsoide y la superficie de la tierra )) y alturas de tipo físico o científicas (dinámicas (se calcula al dividir los números geopotenciales por un valor constante de la gravedad), normales (se calcula al dividir los números geopotenciales por el valor medio de la gravedad normal entre la superficie de referencia llamada cuasigeoide de Molodensky y el punto en la superficie terrestre) y ortométricas (es la distancia entre el geoido y la superficie terrestre)).

## **F. SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL (Doctrina C4ISR) – CENTRO DE OPERACIONES GEO\_AEROSPACIALES (Módulo EMERGENCIAS) – SISTEMAS DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS C4E (Comando Control Computadoras Comunicaciones Emergencias).**

### **1) DOCTRINA C4ISR**

En el Ecuador existe una tendencia general a la reducción del tamaño de las fuerzas de apoyo a las operaciones y gestión de riesgos, a las que, sin embargo, se les requiere mantener, o aumentar su capacidad, para superar los retos a los que han de hacer frente. Es necesario reducir el área de apoyo (sistema logístico “Just in Time”), disminuir el inventario, dar mayor rapidez a las operaciones, y aumentar la capacidad de maniobra, a través de la eficiencia, capacidad de respuesta, mejora en la supervivencia y mayor rapidez en el cumplimiento de los objetivos).

La única forma de hacer frente a todas estas necesidades es incrementando un concepto que englobe los sistemas de C4ISR (Mando, Control, Comunicaciones, Informática, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento), ya que disponer de la información adecuada, en el momento adecuado y en el formato adecuado y que se transmite a los destinatarios adecuados, es esencial en el proceso de toma de decisiones actual. Las capacidades C4ISR ofrecen mejoras en gran número de aspectos en las operaciones de seguridad y defensa, como la conciencia situacional en todos los niveles (información sobre el emplazamiento y el estado de la situación), comunicaciones a todo nivel, logística, personal, identificación y adquisición de objetivos, inteligencia, etc. C4ISR se ha convertido en los últimos años en una de las piedras angulares del campo de batalla moderno por su efecto como multiplicador de la fuerza que asegura una cooperación eficiente entre los tres Ejércitos (tierra, aire, mar), incluso de nacionalidades diferentes, optimizando el uso de recursos militares. Su objetivo es, obtener superioridad en la información, esto es, “la ventaja relativa de un oponente sobre otro en el mando y el control de su fuerza. La superioridad o el dominio de la información se consigue mediante la formación de líderes para la toma de decisiones rápidas y acertadas utilizando los medios superiores de información técnica que se les proporcionan, y también mediante los esfuerzos para debilitar y negar esas mismas capacidades en el oponente, protegiendo la capacidad propia”. Llegados a este punto debe advertirse que el valor de la información no se genera hasta el final de la última milla, y es aquí donde los sistemas C4ISR adquieren toda su razón de ser. (Ver [www.gmv.com](http://www.gmv.com) C4ISR SYSTEMS Technology to Command and Control, Fernando del Pozo, Ex director del Estado Mayor Internacional de la OTAN).

Tradicionalmente, las capacidades C4ISR dependían de métodos inadecuados para la adquisición, la gestión y la difusión de información. Durante la última década, el incremento del ritmo operativo ha venido forzando a los responsables de la toma de decisiones a recurrir a soluciones particulares y de último momento. A falta de la solución global deseada, el camino seguido hasta el momento para unificar los diversos sistemas heterogéneos ha sido la producción de interfaces para que los sistemas heredados, de naturaleza y origen diversos, puedan hablar entre sí. Así pues, los esfuerzos que actualmente se realizan en el área de C4ISR están dirigidos a proporcionar una solución fiable y homogénea para la mejora de las capacidades operativas, haciendo uso intensivo de los recursos que ofrecen hoy las tecnologías de la información (TICs).

No obstante, en los últimos años, y reproduciendo la evolución experimentada en el sector civil, los sistemas militares están avanzando hacia redes federadas interconectadas, en las que diferentes grupos de servicios, se exportan a los usuarios de acuerdo con el concepto de Arquitectura Orientada al Servicio / Service Oriented Architecture (SoA). El objetivo final es que las fuerzas militares puedan estar interconectadas desde el sensor hasta el tirador, y viceversa, siguiendo el paradigma de Network Enabled Capability (NEC). Esta capacidad es fundamental para asegurar el debido compromiso, en respuesta a todo el espectro de misiones previstas para el futuro (desde las misiones de paz y otras operaciones no bélicas a la confrontación asimétrica). La finalidad de NEC es vincular sensores, responsables de la toma de decisiones, los sistemas de armas y la capacidad de apoyo para conseguir un efecto militar superior mediante un mejor aprovechamiento de la información disponible. (Ver [www.gmv.com](http://www.gmv.com) C4ISR SYSTEMS Technology to Command and Control, Fernando del Pozo, EMI de la OTAN).

**ARQUITECTURA ORIENTADA AL SERVICIO / SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE (SoA):** Es un paradigma de arquitectura para diseñar y desarrollar sistemas distribuidos. Las soluciones SOA han sido creadas para satisfacer los objetivos de negocio, las cuales incluyen facilidad y flexibilidad de integración con sistemas legados, alineación directa a los procesos, reduciendo costos de implementación, proporcionando innovación y adaptación ágil ante cambios (reacción temprana). Permite la creación de sistemas de información altamente escalables, lo que facilita la interacción entre diferentes sistemas propios o de terceros. La clave de la arquitectura SOA es “la abstracción de los procesos”, permitiendo con esto, la ejecución, gestión, monitorización y modificación de dichos procesos. Estos procesos no se desarrollan en base a la programación tradicional, sino que se soportan en base a herramientas especializadas que permiten gran flexibilidad para realizar adaptaciones rápidas a las mismas. (Ver Arquit. Orientada a Servicios (SOA), accenture, 2012)

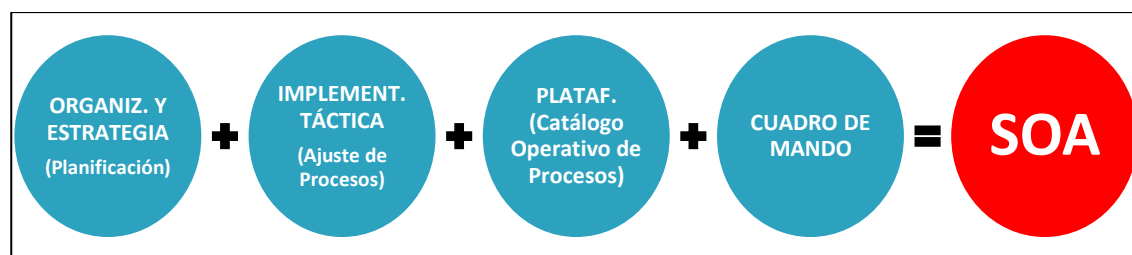


Diagrama II.01 Arquitectura Orientada al Servicio (SoA)

**CAPACIDAD DE RED ACTIVA / NETWORK ENABLED CAPABILITY (NEC):** Es la capacidad generada en vincular sensores, tomadores de decisiones y sistemas, para que la información se traduzca al efecto deseado, de manera veloz y sincronizada.



FIG II.30 Red Interoperable NEC, basada en Sistemas de Mando y Control C4ISR

La consecuencia inmediata de disponer de un número considerable de sistemas y plataformas heterogéneos que ofrecen geoinformación sobre el espacio de acción, es la tendencia a la saturación informativa que, en muchos casos, vuelve prácticamente inútil todo el sistema. La superioridad en la información es, sin duda, uno de los factores fundamentales en el proceso de toma de decisión, pero también es importante que esta información se facilite según el mecanismo denominado Common Relevant Operational Picture (CROP). Como algunos dicen, “si necesitas más de dos clics para obtener la información, estás perdiendo tiempo”. Solo con un diseño cuidadoso y en continua implicación con los usuarios finales se puede cumplir este objetivo satisfactoriamente. Interoperabilidad es, sin duda, una de las palabras clave en cualquier debate que hoy se entable sobre el desarrollo de los sistemas de alerta y respuesta temprana. Se refiere tanto a la interoperabilidad operativa (la que implica a personas, procedimientos, pruebas, certificaciones, formación, etc.) como a la interoperabilidad técnica. Esta última es definida por los Departamentos de Defensa del mundo como “...La condición alcanzada entre sistemas y equipos electrónicos y de comunicaciones cuando se pueden intercambiar información o servicios de forma directa y satisfactoria entre ellos o sus usuarios”. Asimismo, la interoperabilidad debe conseguirse desde el mismo diseño, y no a través de modificaciones realizadas a sistemas ya existentes. Esto es especialmente difícil de conseguir, en el que, con mucha frecuencia debido a restricciones presupuestarias, los proyectos no se inician desde cero y están sujetos a una exigencia previa de integración con sistemas heredados, a menudo relativamente antiguos y no diseñados para su fácil integración con los sistemas de información actuales y futuros y que, sin embargo, son absolutamente esenciales para prestar la funcionalidad requerida. En una época en que la ciberseguridad es un asunto de especial preocupación, los elementos de interoperabilidad pueden causar consecuencias perjudiciales para la seguridad general de las TIC del sistema y, por tanto, habrán de valorarse adecuadamente.

Para contextualizar de mejor manera enumeramos diferentes programas que apoyan a la interoperabilidad:

- **MAJIIC (Multi-sensor Aerospace Joint ISR Interoperability Coalition)** es optimizar la utilidad de los recursos de vigilancia y reconocimiento satelital. Incorpora información de SAR (Synthetic Aperture Radar), GMTI (Ground Moving Target Indicator), vídeo electroóptico, infrarrojo, en movimiento y ESM (Electronic Support Measures); permite compartir tanto datos sin procesar de sensores y datos derivados, como informes de explotación; para que los países, no malgasten esfuerzos.
- **TALOS** es un sistema completo para el control unificado de los apoyos de fuego de Artillería, Morteros y Naval, diseñado para satisfacer los requisitos NEC de las fuerzas terrestres. TALOS puede personalizarse para diferentes niveles y proporciona la automatización de todas las operaciones en el campo de batalla.
- **DSC2S es un sistema C4ISR** para el soldado a pie (que actúe por sí solo o en un grupo) que incorpora plataformas de armas, sensores de inteligencia, evaluación de la misión, aviso de proximidad de amenaza, guía de rutas y consecución de objetivos. DSC2S permite al soldado operar en el campo de batalla digital no solo como plataforma de armas, sino también como célula sensor de inteligencia y de adquisición de objetivos.
- **El sistema LCC2S (Landing Craft Command and Control System)** permite el control, la monitorización y la coordinación de la maniobra de aproximación a la costa de las naves de desembarco en operaciones anfibas. El LCC2S proporciona capacidades de control en tiempo real y asegura la adecuada gestión de todo el flujo de información necesario para las unidades implicadas. Durante la planificación, una vez definida la misión, se asigna un papel específico a cada una de las unidades, estableciendo todos los aspectos relevantes de la operación: rutas, organización de las fuerzas, suministros, comunicaciones, etc.

En resumen, la innovación es un factor fundamental, ya que sin ella no obtendríamos la transformación tecnológica actual, que ha experimentado el campo de batalla. (Ver [www.qmv.com](http://www.qmv.com) C4ISR SYSTEMS Technology to Command and Control, Fernando del Pozo, Ex director del Estado Mayor Internacional de la OTAN).

## **2) CENTRO DE OPERACIONES DE APLICACIONES GEO\_AEROESPACIALES (SEGURIDAD, DEFENSA, DESARROLLO NACIONAL Y EMERGENCIAS)**

El centro de operaciones Geo\_Aeroespacial, es la materialización de la Estructura Espacial del Ecuador planteada, mismo se ha convertido en una necesidad en el área tecnológica estructural en los campos de aplicación del GEOESPACIO y AEROESPACIO, es decir todo lo que vaya vinculado a los proceso de CIENCIAS DE LA TIERRA (TIERRA, MAR, ATMÓSFERA Y ESPACIO), OBSERVACIÓN DE LA TIERRA Y OBSERVACIÓN DEL UNIVERSO. Este centro de investigación, desarrollo, innovación, educación, y procesamiento en beneficio de la toma de decisiones, estará centralizado y materializado en el MDN (Ministerio de Defensa Nacional), apoyado por el CCFFA y demás instituciones referidas en la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana).

La idea nace con la urgencia de unificar esfuerzos y generar un derrotero tecnológico que vaya en beneficio de la toma de decisiones a nivel país.

En los próximos años todos los aparatos aéreos, marítimos, terrestres, sistemas de toma decisiones en todos los campos (producción, tecnológicos, seguridad, salud, educación, vivienda, ambiente, etc), estarán basados en un concepto de espacialización y/o geolocalización, sea en posición o como parte de un vector de movimiento; y todo esto necesita ser unificado, normalizado, controlado e integrado en un solo esquema, objeto de esta presente investigación. En tal virtud, la búsqueda de una solución constituye la primera prioridad en la planificación estratégica del Ecuador, siendo una obligación, tomar la iniciativa a todos los niveles, a fin de evitar futuras inversiones obligatorias y costosas.

Toda la tecnología, investigación, aplicación, desarrollo, regulación e innovación geo y aeroespacial de un país ha sido producto de sus Fuerzas Armadas, o departamentos de defensa, y posterior a este replicado a las otras instancias en beneficio del desarrollo nacional. El objetivo no es usar este tipo de herramientas para acciones bélicas, sino más bien volcar su doctrina en beneficio nacional, buscando un mejor derrotero en aplicaciones de salud, educación, economía, energías alternativas, matriz productiva, electricidad, fuentes de consumo, y sobre todo orientar esfuerzos a procesos de respuesta y alerta temprana a emergencias, definidas como multiamenazas en nuestro país.

Con la creación del Centro de Operaciones GEO\_AEROESPACIALES se pretende:

- Coordinar con todas las Instituciones vinculantes
- Ayudar en la toma de decisiones en tiempo real o casi real
- Mejorar los tiempos de alerta y respuesta temprana
- Creación de un organismo rector, regulador y normador de esta nueva tecnología a nivel nacional, y su correspondiente interconexión a nivel internacional
- Desarrollar tecnología propia de avanzada
- Generar un nuevo recurso en beneficio del país
- Evitar gastos traslapados por la falta de integración
- Direccionar esfuerzos encaminados a optimizar recursos en el desarrollo de nuevas aplicaciones y programas de proyectos

El cumplimiento de los objetivos se logrará a través de un esquema de integración en el que se tiene la necesidad de buscar la cooperación de diferentes organismos e instituciones, tal y como está diagramado en la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana).

Nuestro país dispone al momento de medios y personal capacitado, adicional existe una franca apertura de gente extranjera vinculada al país sea por proyectos, o en situación de prometeos, por lo que en base a un análisis y talleres realizados, se pudo determinar que este centro funcionará con tres macroelementos, de acuerdo al siguiente esquema.

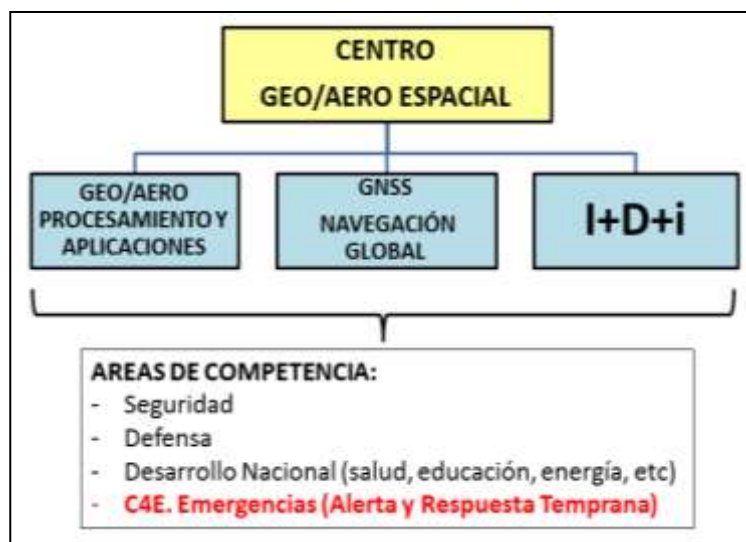


Diagrama II.02 Diagrama Macro del CENTRO DE OPERACIONES GEO\_AEROESPACIAL (Propuesto)

## - GEO/AERO PROCESAMIENTO Y APLICACIONES

Este elemento "GEO\_AEROESPACIAL" es una facilidad tecnológica que permite la formación y especialización de recursos humanos capacitados en el procesamiento de datos desde diferentes ámbitos. Esta área, en coordinación con los otros Institutos, estará orientada a resolver problemas, construir aplicaciones y buscar mejoras a los procesos, que estén relacionados con el uso de herramientas geo\_aeroespaciales (sensores remotos, sistemas de información geográfica, modelamiento, proyección y simulación, etc), a lo largo y ancho de todo el territorio nacional a corto plazo, y a través de un plan estratégico nacional, apoyar a procesos internacionales o de interés nacional fuera del territorio (Antártida, Órbita Geoestacionaria).

Al tratar y analizar la geoinformación generada u obtenida de otras fuentes, se podrán dar solución a problemas en cortos períodos de tiempo, considerando que este esquema estandarizará y normará una correcta utilización de la Infraestructura de Datos Espaciales, integrando y vinculando formatos y medios, evitando con esto perder tiempo en procesos de interfaces, o de no compatibilidad. Al disponer de adecuadas bases de información con actualización permanente, se podrá levantar cartografía fundamental, básica o temática, apoyados en correctos modelos digitales de terreno o mundos virtuales; y sobre todo esto superponer una variedad de geodatos, que permitan la investigación, el análisis, o la determinación de elementos que ayuden al proceso de toma de decisión.

Mencionado elemento enlazará su información con Navegación Global e I+D+i, y los traducirá en sistemas geográficos correctamente especializados. A futuro se podrá contar con un gran Data Center o Centro de Geo/aero\_consulta.

- **GNSS. NAVEGACIÓN GLOBAL**

Este elemento “GNSS. NAVEGACIÓN GLOBAL” es una facilidad tecnológica que permite la formación y especialización de recursos humanos capacitados en el procesamiento de datos provenientes de la Navegación y Posicionamiento. El objetivo final es disponer de elementos geográficos integrados, correctamente espacializados, georeferenciados y ortorectificados de ser el caso. Mismo servirán para plataformar ciencia, tecnología, análisis, identificación o solución de problemas.

- **INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN (I+D+i)**

Este elemento será el responsable de promover la articulación entre las instituciones vinculantes tanto a nivel nacional como internacional, con el objetivo de desarrollar programas y proyectos de investigación, desarrollo o innovación, y actividades científicas en áreas estratégicas que contribuyan al desarrollo del país, asumiendo el desafío de avanzar hacia una sociedad basada en el conocimiento. Todo este contexto dentro de los límites de la competencias de la Estructura Espacial Ecuatoriana. Este centro GEO/AERO\_ESPACIAL una vez estructurado genera áreas de competencias tales como la seguridad, la defensa, el desarrollo nacional y las EMERGENCIAS.

En nuestro estudio específico, se ha montado como prototipo el área de EMERGENCIAS, en donde se planifica y desarrolla el esquema a través de un SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS denominado C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras y Emergencias), y cuyo nombre obedece a una aproximación del protocolo y doctrina, de Mando y Control (C4ISR). Este Sistema de Comando y Control para Emergencias servirá como base para contrarrestar las diferentes multiamenazas, mismo funcionará de manera centralizada, dentro de GEO/AERO\_ESPACIAL, y descentralizada a través de una RED DE SITIOS REMOTOS o AREAS FUERTES (accesibilidad, seguridad, y cobertura de señal).

**3) SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E. Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Emergencias)**

Una vez comprendido el esquema, la funcionalidad y el proceso de los sistemas de mando y control CISR, y al no disponer en el Ecuador de una plataforma utilitaria con esta visión, se diseñará un sistema similar para solventar y apoyar al proceso de toma de decisiones, orientados a las EMERGENCIAS en sistemas de ALERTA Y RESPUESTA TEMPRANA, contribuyendo con esto a dar cumplimiento al PLAN DEL BUEN VIVIR del ESTADO ECUATORIANO. El sistema de mando y control para Emergencias se denominará C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias) y trabajará como plataforma tecnológica base del área GEO/AERO\_ESPACIAL y su correspondiente EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA.

Este sistema de C4E (Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Emergencias), es la integración de la estructura existente de comando y control con la infraestructura de comunicaciones y apoyada por todos los procedimientos operacionales vigentes que una institución puede accionar. Es un conjunto de elementos tales como personal, equipos, instalaciones y procedimientos que tienden a facilitar la planificación, dirección y control de las actividades operativas de la EEE.

Los adelantos tecnológicos con el paso del tiempo han desarrollado sistemas y enlaces con creciente capacidad de movilidad, flexibilidad, penetración, poder de almacenamiento y automatización; estas capacidades han impuesto nuevas exigencias, que se manifiestan principalmente, por la mayor distancia de los sitios remotos (sucursales seguras o áreas fuertes) hacia sus puestos de comando y control, y la mayor cantidad de información a evaluar,

en un tiempo cada vez menor; estas circunstancias nos enfrentan a la necesidad de tomar decisiones correctas y oportunas. (Ver manual de C3I2, Comando Conjunto de las FFAA, GRAE. Paco Moncayo). Todos aquellos requerimientos mencionados, justifican y hacen indispensable contar con un sistema C4E moderno flexible y en tiempo real que facilite los procesos de almacenamiento, procesamiento y difusión del gran volumen de información relacionada a los macro procesos de la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana).

Los principales objetivos de un sistema de mando y control para emergencias (C4E), en apoyo a la EEE son los siguientes:

- Proporcionar información consistente y actualizada sobre una determinada situación
- Optimizar la coordinación entre los diferentes escalones de toma de decisión
- Apoyar la planeamiento operativo
- Permitir la simulación y modelamiento de situaciones
- Permitir el tráfico de mensajes, disposiciones y reportes
- Constituirse en una herramienta para la conducción eficiente
- Integrar procesos que integren herramientas geo/aero\_espaciales

El Comando y control es el núcleo que enlaza a los otros sistemas.

El Comando permite a los líderes, asignarles responsabilidades y misiones, a través de una adecuada libertad de acción.

El Control capacita a los líderes a establecer límites, enfocar esfuerzos y establecer nuevas orientaciones.

Todo este andamiaje es necesario para poder ayudar, en libre coordinación con otras instituciones, al proceso de emergencias en el ámbito de la alerta y respuesta temprana.

## **G. RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O ÁREAS FUERTES)**

### **1) REDES GEODÉSICAS**

Las redes geodésicas son un conjunto de puntos distribuidos en un área geográfica, los cuales tienen exactamente determinada su ubicación (norte, este y altura) en el globo terrestre. La ubicación exacta de estos puntos se logra enlazándolos a la red geodésica mundial. Para la implementación de estas redes se han utilizado a lo largo del tiempo diferentes métodos que han ido evolucionando de acuerdo a la tecnología. De esta forma inicialmente se utilizan procedimientos basados en mediciones de ángulos horizontales y verticales, posteriormente con el conocimiento de la óptica geométrica se construyen instrumentos medidores denominados TEODOLITOS, mismos que serán la base para el desarrollo de los métodos astronómicos y de triangulación. Posteriormente con el advenimiento de los medidores electrónicos de distancias (distanciómetros) permiten el desenvolvimiento de la trilateración y en conjunto se desarrolla el método de poligonación electrónica.

Todos estos medios y métodos contribuyen a un cambio en mayores proporciones tales como el desarrollo de las técnicas de posicionamiento basadas en observaciones de satélites artificiales, donde se sitúan las asociadas con el sistema TRANSIT y NNSS, que usaban el efecto DOPPLER y recientemente los sistemas de navegación global tales como el GPS, GLONASS y GALILEO respectivamente.

La metodología y su articulación servirá de base para establecer la Red de Sitios Remotos (Sucursales seguras o Areas fuertes), así como también servirán para establecer puntos de control en la elaboración de cartografía fundamental.



## 2) CLASIFICACIÓN DE LAS REDES

Al utilizar GPS las redes deben estar referenciadas respecto al datum geocéntrico WGS-84. Sea para pequeñas como para grandes distancias el sistema GPS permite alcanzar grandes precisiones, por esta razón se puede clasificar cuatro clases de redes geodésicas; cabe señalar que en este aspecto no existe un consenso general que se haya adoptado como válido, debido a que este campo es relativamente nuevo por lo que está en etapa de investigación y desarrollo.

Cada una de las diferentes clasificaciones toma en cuenta diferentes parámetros. La presente clasificación se ha elaborado tomando en cuenta el área que cubrirá la red.

### a. CONTINENTALES Y SUBCONTINENTALES

Para redes con distancias entre vértices de 300 y 500 km. En este nivel se encuentran algunas redes tales como el Sistema de Referencia Europeo (EUREF), el sistema de Referencia Geodésico Nacional de la USA (NGRS), el Sistema de Control Activo del Canadá (ACS), o el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS).

### b. NACIONALES

Para redes con distancias entre vértices de 50, 100 km y hasta 300 km, dependiendo del tamaño del país y sus objetivos, así por ejemplo el Sistema de Referencia Alemán (DREF).

### c. PROVINCIALES

Para redes con distancias entre vértices de 20, 30 km y hasta 50 km dependiendo del tamaño de la provincia.

### d. MUNICIPALES Y LOCALES

Para redes en donde se planea realizar trabajos específicos, con distancias entre vértices menores a los 20 km, así por ejemplo la Red Geodésica del Distrito Metropolitano de Quito.

## 3) MÉTODOS UTILIZADOS PARA SU DETERMINACIÓN

### a. TRIANGULACIÓN

Una triangulación consiste en medir los ángulos de una serie de triángulos. El principio de la triangulación se basa en procedimientos simples. Si las distancia de un lado del triángulo y los ángulos extremos del lado son medidos con exactitud, pueden calcularse los otros dos lados y el ángulo restante. En la práctica se miden todos los ángulos de cada triángulo para contar con datos exactos que serán usados en la determinación de la precisión del levantamiento. La distancia y dirección del lado medido junto con la latitud y longitud de un extremo del lado proveen los datos para calcular la latitud y longitud de un extremo del lado proveen los datos para calcular la latitud y longitud del otro extremo y así sucesivamente. El lado medido del triángulo se llama línea base.

Las bases son ligadas a través de triángulos integrados en cuadriláteros que se propagan a partir de cada extremo. La triangulación se extiende sobre grandes áreas conectando y extendiendo series de arcos que se integran en una red o sistema de triangulación.

### b. POLIGONACIÓN

Es el método más simple para extender control. El sistema es similar al de navegación a estima, en el que se miden distancias y direcciones. En una poligonación se inicia el levantamiento en un punto con posición y azimut (dirección) a otro punto conocido, y se miden ángulos y distancias a través de la serie de puntos del levantamiento.

Las mediciones angulares sirven para calcular la dirección de cada línea. Las mediciones de distancias completan la información para determinar la posición de los puntos de la poligonal. Cuando la poligonal termina en otro punto de posición conocida o regresa al punto de partida, se dice que es una poligonal cerrada, de lo contrario, se dice que es una poligonal abierta.

#### 4) TRIÁNGULOS DE DELAUNAY

TIN (Triangulated Irregular Network). Una superficie es una distribución continua de un atributo sobre una región bidimensional. Usualmente una superficie representa la forma del terreno. Pero otros fenómenos espaciales también forman superficies, tales como densidad de población, datos de lluvia, gradientes de presión atmosférica, etc. El TIN es una forma eficiente y precisa de representar superficies.

Si queremos representar drenajes, cantos y picos para realizar análisis de superficie tales como hidrografía o estudios de visualización, debemos integrar estas entidades como parte de una representación continua de una superficie. Hay dos formas posibles de representación de superficies, RASTER Y TIN. RASTER es una grilla regular con valor z medido o interpolado, TIN es un conjunto de puntos ubicados en forma irregular que forman una red de triángulos con una valor z para cada nodo.

<b>SUPERFICIES (RASTER)</b>
Valores Z medidos sobre grilla regular
Resolución (ancho y alto de la celda) determina la precisión
Más usados porque la mayoría de los datos de elevación están en forma de DEM
Soportan un conjunto importante de funcionalidades (costo mínimo, dispersión, proximidad, coincidencia espacial)
DESVENTAJA: No representan bien las discontinuidades en la superficie, y no permite la localización precisa, perdiendo a veces picos debido a lo regular de la grilla
Son apropiados para aplicaciones de mapeo de baja escala donde no se requiere precisión, ni es necesario representar con exactitud elementos de la superficie
Despliegue y modelado de superficies a baja escala, modelado de dispersión de contaminantes, determinación de cuencas y represas, análisis hidrológico de zonas de inundación.
<b>SUPERFICIES (TIN)</b>
Representación como caras triangulares contiguas que no se superponen
Permite estimar cualquier valor de la superficie en cualquier lugar, mediante interpolación polinómica de la elevación en los triángulos
Preserva la ubicación precisa y forma de los elementos de la superficie (lagos_conjunto cerrado de triángulos, puentes_conjunto de triángulos conectados, picos de montaña_nodo de un triángulo)
Soportan análisis espacial tal como, cálculo de elevación, pendiente, aspecto, mapa de sombras, cálculo de volumen, perfiles
DESVENTAJA: No siempre están disponibles debido a la cantidad de datos que necesita para poder ser implementado
Apropiados para aplicaciones de mapeo a gran escala, donde es importante la precisión en la ubicación y forma de los elementos y la superficie
Cálculo volumétrico para el diseño de carreteras, estudios de drenaje para desarrollo territorial, generación de curvas de nivel de alta precisión, visión en perspectiva de edificios sobre el terreno

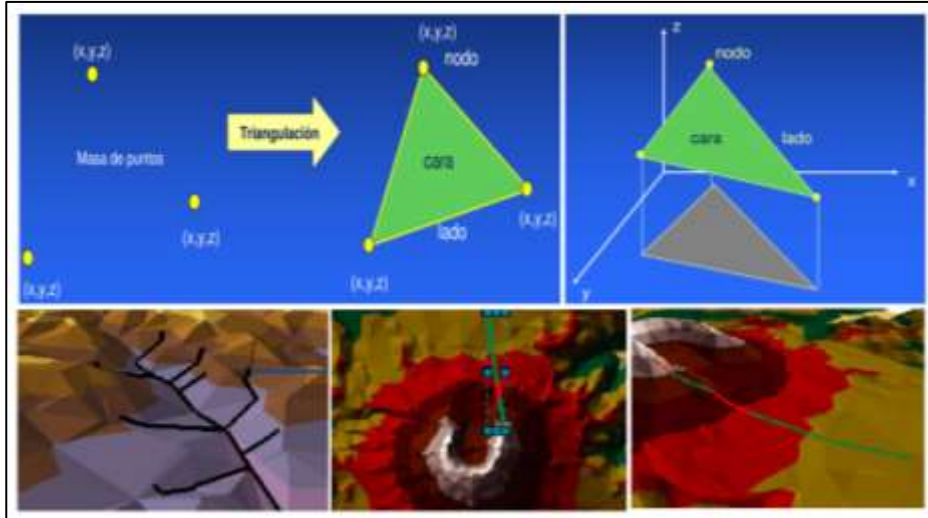


FIG II.31 Creación de un TIN, cada cara de un TIN es parte de un plano 3D, no se interceptan

Se pueden aplicar muchos algoritmos para lograr la triangulación a partir de puntos. Sin embargo para efectos de diagramar la RED DE SITIOS REMOTOS usaremos el **ALGORITMO DELAUNAY DE TRIANGULOS**.

La idea básica es crear triángulos que colectivamente son los más parecidos a equiláteros (fuerza de figura). Mantiene la interpolación de la elevación en nuevos puntos lo más cercano los puntos conocidos. Se realiza a partir de puntos, líneas y polígonos o áreas (primero triangulación a partir de los puntos, segundo líneas se interceptan con la triangulación anterior y se crean nuevos nodos cuando estas líneas corten a las caras, tercero se interceptan las áreas, lo cual puede cortar caras o recortarlas. Al final de algoritmo se almacenan los nodos para cada cara, y para cada cara las caras vecinas (topología), similar a la topología planar con la diferencia de que los nodos tienen elevación y los polígonos deben ser triángulos.

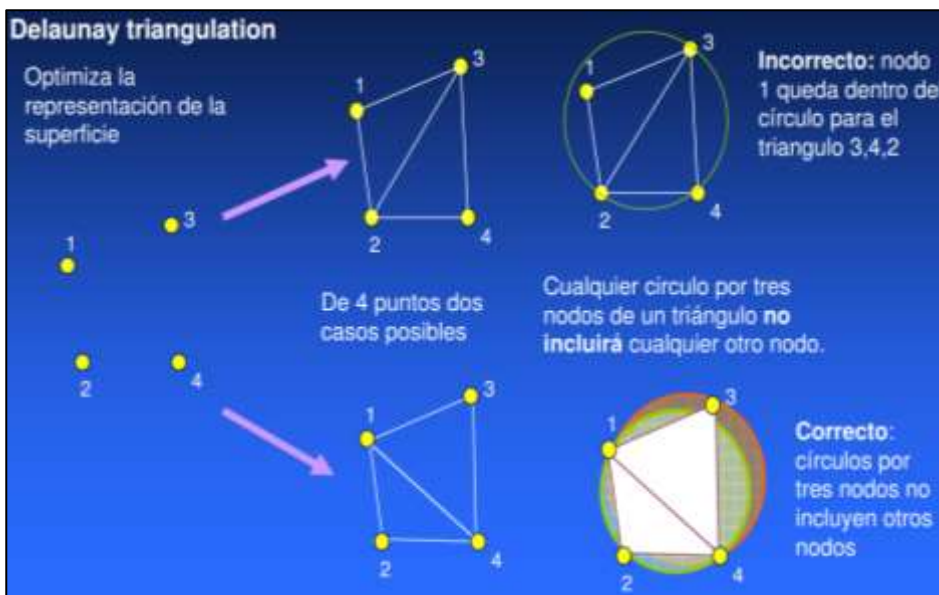


FIG II.32 Algoritmo DELAUNAY de triángulos.

El método de la DELAUNAY tiene ciertas distinciones como (USER GUIDE TNT PRODUCTS 1997):

- Los triángulos construidos son tan pequeños y equiláteros como sea posible
- Esta red de triángulos debe cumplir con la condición, de que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo
- Sensitivamente la precisión calculada que puede ocurrir cuando los triángulos están elongados prácticamente es mínima
- La triangulación de Delaunay crea caras tal que todos los puntos dentro de su cara están tan cerca como sea posible de un nodo
- La selección de puntos para un triángulo es un proceso arbitrario y los resultados son únicos. Esta propiedad se considera verdadera mientras todos los puntos y vértices de un vector son usados

## 5) POLÍGONOS DE VORONOI

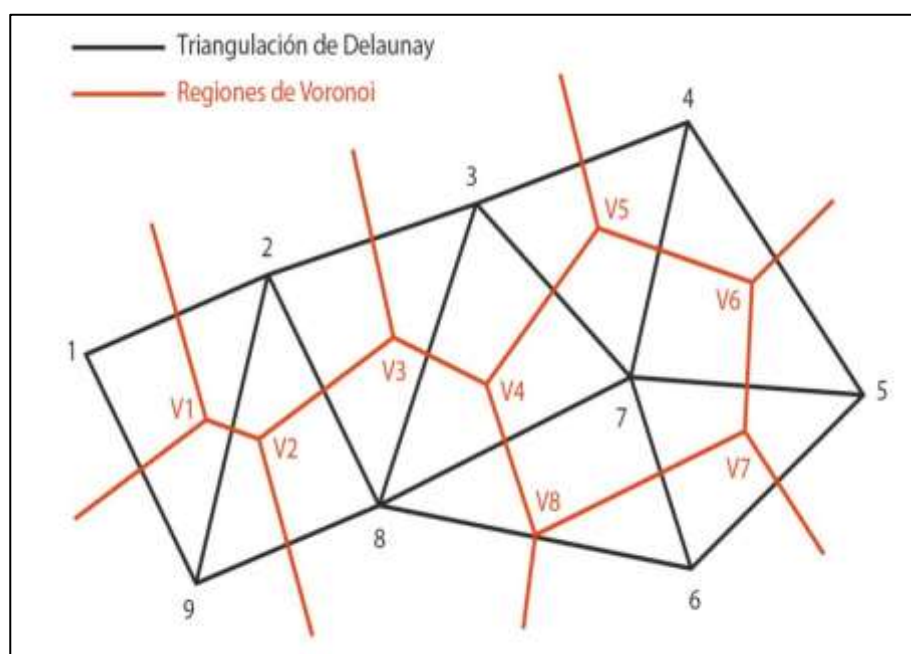


FIG II.33 Regiones o Polígonos de VORONOI a partir de los Triángulos de DALAUNAY

Estos polígonos también conocidos como Thiessen (Tesselación) permiten definir el área de influencia que se encuentra alrededor de un conjunto de puntos. En un inicio este criterio se solía utilizar para interpolar datos meteorológicos, pero actualmente se utiliza también con cualquier tipo de datos o con cualquier tipo de muestras.

Los mencionados polígonos se generan al unir las MEDIATRICES levantadas en cada uno de los lados de los triángulos de la red (Triángulos de Delaunay), generando un nuevo polígono que encierra todos los puntos más cercanos al punto que da origen al polígono (BOSQUE SENDRA, 1992).

Los polígonos de Voronoi en la Red de Sitios Remotos (Sucursales seguras o áreas fuertes) permitirán establecer hacia que estación deberá referirse la multiamenaza o emergencia, y dentro de que polígono se debe ejecutar el plan para el análisis, obtención de datos, asistencia médica o técnica, distribución logística, recreación o educación en un desastre, albergues, zonas de evacuación, entre otras.

## H. EL MODELO CARTOGRÁFICO

Un modelo cartográfico es un conjunto de operaciones ordenadas e interrelacionadas de mapas que actúan en datos crudos, así como en datos intermedios o derivados para estimular un proceso de toma de decisión (TOMLIN 1990, DEMERS 1997).

Un modelo cartográfico tiene las siguientes características:

- Es una secuencia lógica de operaciones analíticas expresadas en forma de diagramas de flujo
- Generalmente codificada en macros (lenguaje de comandos)
- Los procesos mostrados son cíclicos

Tomlin (1990) introdujo el concepto de ALGEBRA DE MAPAS para la manipulación de mapas en formas de capas de información espacial. Algebra de mapas incluye una serie de funciones para realizar operaciones comunes en un solo mapa o en una serie de mapas.

### 1) APLICACIONES EN SIG

Las aplicaciones en SIG del modelo cartográfico pueden dividirse en dos grandes grupos:

#### a. APLICACIONES DESCRIPTIVAS

Son descripciones simples en base a mapas de un espacio y sus características. Por ejemplo mapa de uso actual y cobertura del suelo; mapa de suelos, mapa geomorfológico

El modelo DESCRIPTIVO, describe o explica. Ilustra condiciones existentes de fenómenos preseleccionados presentando los resultados en una forma que permita al usuario, de un vistazo, identificar que elementos están ubicados en locaciones específicas y como están asociados.

#### b. APLICACIONES PRESCRIPTIVAS O PREDICTIVAS

Son aplicaciones que generalmente se basan en la combinación de diferentes tipos de información. Estas aplicaciones están orientadas por una teoría para predecir o deducir un resultado. Por ejemplo modelo de erosión del suelo, modelo de susceptibilidad de pendientes, modelo de vegetación, etc.

El modelo PREDICTIVO prescribe la mejor práctica o predice la mejor solución. Permite al usuario determinar qué factores son importantes para el funcionamiento del área de estudio. También permite al usuario determinar cómo estos factores están asociados entre sí espacialmente.

### 2) INTRODUCCIÓN A MANIPULACIONES CON ÁLGEBRA DE MAPAS

A pesar de su estructura simple, álgebra de mapas es una forma robusta de modelaje espacial. Alguna de sus formas es empleada en muchos paquetes de SIG como GRASS, ERDAS, ArcVIEW Spatial Analyst, ArcGIS Spatial Analyst o ArcINFO GRID.

#### a. OPERADORES

Las características funcionales de un SIG basado en el lenguaje de modelamiento mediante ALGEBRA DE MAPAS son los mismos operadores con los que operamos la mayoría de dominios de modelamiento.

Los operadores pueden clasificarse en diferentes grupos: aritméticos (+, -, \*, /, mod), relacionales (<, >, ==, >=), bitwise (>>, <<), booleanos (boolean) (&&), combinatorios (and, or), lógicos (in, dic, over), acumulativos (+, \*=, -=) y de asignación (=).

## b. FUNCIONES ESPACIALES

Las funciones espaciales son operaciones de SIG de alto orden construidas de uno o más operadores simples de los anteriormente mencionados y designados para proveer un vehículo para la implementación del modelo. Las funciones están agrupadas en: locales, focales, de bloque, zonales y globales. No todo SIG contiene estas funciones, pero la mayoría de SIGs tienen capacidad de manipulación de raster, con lenguajes macro.

## c. FUNCIONES LOCALES

Son aquellas operaciones que se aplican píxel comparando cada celda individual de la matriz con su correspondiente celda en una segunda y sucesivas matrices. Los valores de la celda no se ven afectados por sus vecinos píxeles.

Los operadores potenciales comúnmente aplicados dentro de las funciones locales pueden ser agrupados en seis categorías:

- \* Aritméticas (+, -, /, \*)
- \* Trigonométricas (sin, cos, tan, etc)
- \* Exponenciales y Logarítmicas (exp, exp10, log, log10, sqrt, etc)
- \* Reclasificación (reclass (renumber))
- \* Selección (select, selectcircle)
- \* Estadísticas (min, mean, majority, sum, max, etc)
- \* Otras (abs, random, ceil, etc)

## d. OPERACIONES DE VECINDAD

Análisis de vecindad toma en cuenta los valores digitales dentro de una distancia definida para asignar un valor a una celda determinada. Estas operaciones también se denominan operaciones focales y pueden determinar un mínimo, máximo, densidad, promedio, suma, etc, en base al análisis de los valores digitales de los píxeles vecinos a una celda determinada.

## e. FUNCIONES EN BLOQUE

Las operaciones en bloque son parte de las operaciones de vecindad. La diferencia radica en que éstas operan en el raster por bloques y no existe traslapeo de la ventana en movimiento. En otras palabras, cuando la operación en un bloque de tamaño mxn concluye, un nuevo grupo de celdas es analizado sin tomar en cuenta las celdas que fueron analizadas previamente.

## f. FUNCIONES ZONALES

Operaciones zonales son aquellas que se aplican dentro de un límite predefinido. Operaciones zonales pueden incluir el resumir las condiciones dentro de una unidad administrativa, como por ejemplo el porcentaje de tierra agrícola dentro de una provincia.

Las operaciones zonales estadísticas incluyen: máximo, mínimo, suma, rango, promedio, media, mayoría, etc.

Las funciones estadísticas pueden arrojar tablas, histogramas u otros raster. Mediante el uso de SUMMARIZE ZONES en el menú ANÁLISIS se pueden efectuar tablas de resumen con las distintas estadísticas y efectuar histogramas de frecuencias por zonas. Para crear un nuevo raster con las funciones zonales es necesario escribir comandos en lenguaje macro en MAP CALCULATOR.

## **g. FUNCIONES GLOBALES**

Son aquellos que se aplican a todo el set de datos o raster. Evaluaciones de operaciones globales incluyen tanto simples distancias Euclidianas como mediciones de costo distancia. En general, las funciones globales pueden dividirse en:

### **a) FUNCIONES GLOBALES DE DISTANCIA EUCLIDEANA**

Las funciones de distancia Euclideana están diseñadas para calcular mediciones de distancia desde una celda origen a un grupo de celdas. Calcula tanto la distancia (EucDistance) como la dirección (EucDirection) y la colocación (EucAllocation) desde el origen de una celda o de un grupo de celdas a sus vecinos más cercanos.

### **b) FUNCIONES GLOBALES DE DISTANCIA PESADA**

Las funciones de distancia pesada están basadas en el concepto de costo-distancia, acumulados de viaje desde cada celda a un cierto origen. Para efectuar estas operaciones se necesitan dos tipos de superficies: un origen o punto de partida y un raster que representa el costo de moverse por los distintos tipos de superficie. Este costo puede estar dado en tiempo o en dinero.

### **c) FUNCIONES GLOBALES DE SUPERFICIE**

Dentro de estas funciones se encuentran operaciones como pendiente, aspecto, sombra de colina (hillshade), campo de visión (viewshed), etc. Estas funciones se encuentran en el menú ANALYSIS. Los usos más comunes de estas funciones también, son las predicciones de valores en base a puntos con valores conocidos. También encontramos métodos de interpolación de distancia inversa pesada, kriging, spline y superficies de tendencia, entre otros. La distancia inversa pesada examina la distancia lineal entre dos puntos de muestreo y pesa el valor de interpolación con el inverso de su distancia. La idea es que los valores más cercanos tienden a estar espacialmente autocorrelacionados y deberían mostrar valores similares que aquellos que están más lejos. Es un método determinístico que no provee una manera de medir la incertidumbre de la interpolación.

KRIGING está basado en la teoría de la variable regionalizada, que asume que la variabilidad espacial de los vectores estadísticos en una superficie son estadísticamente homogéneos. Cada método de KRIGING usa funciones matemáticas que modelan las variaciones espaciales en el valor Z dentro de una muestra de puntos. Un SEMIVARIOGRAMA es usado para almacenar y evaluar la relación entre distancia entre puntos y la variación de los valores en Z. Hay muchas formas de KRIGING y pueden ser agrupadas en métodos esféricos, circulares, exponenciales, gaussianos y lineares. En los métodos de tendencia de superficie se usan regresiones polinómicas para calzar una superficie de mínimos cuadrados en los puntos de muestreo. El propósito es mostrar cambios generales en Z más no de predecir valores actuales de lugar en lugar. Una ecuación polinómica de primer orden se usaría para una zona relativamente plana. Ordenes mayores a segundo grado para zonas más irregulares.

#### d) FUNCIONES HIDROLÓGICAS

Dentro de estas operaciones se encuentran las operaciones hidrológicas como por ejemplo: flow accumulation, flow direction, watershed. Estas funciones pueden aplicarse usando MAP CALCULATOR.

Todos los procesos antes mencionados se usaron a través del programa ArcGIS 10.1, con la herramienta ArcTOOLBOX

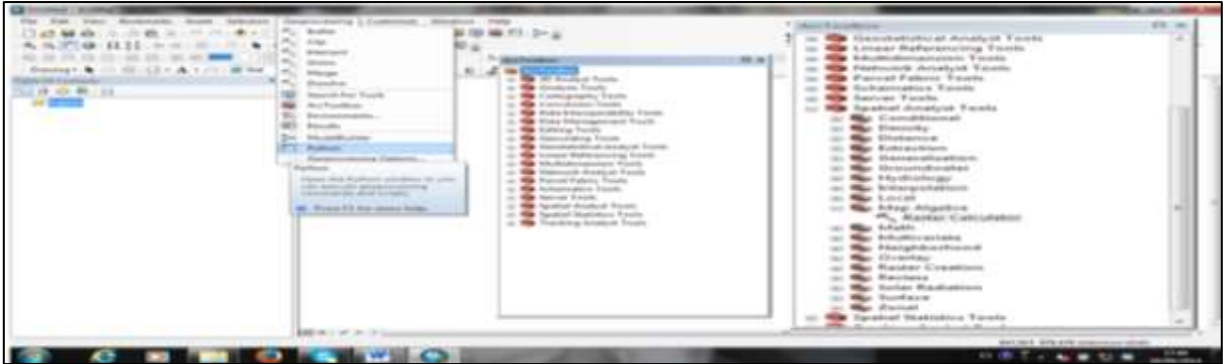


FIG II.34 ArcGIS 10.1 ArcToolbox (MANIPULACIÓN CON ALGEBRA DE MAPAS). Licencia IGM

### 3) PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN

- a. **INTELIGENCIA:** Identificación del problema y definición del mismo. Identificación, análisis y herramientas para la toma de decisiones.
- b. **DISEÑO:** Incorporación de los puntos de vista de las personas involucradas en el problema. Análisis general de la situación. Generación de alternativas de decisión.
- c. **OPCIÓN:** En base a la evaluación de alternativas.
- d. **MONITOREO:** Impacto de las decisiones tomadas

### 4) METODOS CUANTITATIVOS DE PRONÓSTICO



FIG II.35 Métodos Cuantitativos de Pronóstico



**a. REGRESIÓN LINEAL**

Modelo que utiliza el método de los MÍNIMOS CUADRADOS para identificar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes, presentes en un conjunto de observaciones históricas. En la regresión simple, sólo hay una variable independiente; en la regresión múltiple, hay más de una variable independiente. Un modelo de regresión no necesariamente tiene que estar basado en una SERIE DE TIEMPO, pues en estos casi el conocimiento de los valores futuros de la variable independiente (llamada también variable causal) se utiliza para predecir valores futuros de la variable dependiente. La REGRESION LINEAL se utiliza en el pronóstico a largo plazo, pero si se tiene cuidado al seleccionar la cantidad de períodos incluidos en los datos históricos, y este conjunto de datos se proyecta sólo unos cuantos períodos en el futuro, la regresión también puede usarse apropiadamente en pronósticos a corto plazo.

**b. PROMEDIOS MÓVILES**

Modelo de pronóstico del tipo de series de tiempo a corto plazo que pronostica las ventas para el siguiente período. En este modelo, el promedio aritmético de las ventas reales para un determinado número de los períodos pasados más recientes es el pronóstico para el siguiente período.

**c. PROMEDIO MÓVIL PONDERADO**

Modelo parecido al modelo de promedio móvil arriba descrito, excepto que el pronóstico para el siguiente período es un promedio ponderado de las ventas pasadas, en lugar del promedio aritmético.

**d. SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL**

Modelo también de pronóstico de series de tiempo a corto plazo que pronostica las ventas para el siguiente período. En este método, las ventas pronosticadas para el último período se modifican utilizando la información correspondiente al error de pronóstico del último período. Esta modificación del pronóstico del último período se utiliza como pronóstico para el siguiente período.

**e. SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA**

El modelo de suavización exponencial arriba descrito, pero modificado para tomar en consideración datos con una patrón de tendencia. Estos patrones pueden estar presentes en datos a mediano plazo. También se conoce como suavización exponencial doble, ya que se suavizan tanto la estimación del promedio como la estimación del promedio como la estimación de la tendencia utilizando dos constantes de suavización.

**5) MÉTODO DELPHI**

El método DELPHI (orígenes de oráculo de Delfos) es una herramienta poderosa para la toma de decisiones y para apoyar el proceso de modelamiento de las políticas científicas. El método se basa en la interacción iterativa entre un grupo de expertos, a través de la circulación repetitiva de cuestionarios bien estructurados, hasta que sus respuestas converjan en un consenso razonable.

Típicamente, varias preguntas son presentadas a los expertos sobre cada uno de los temas involucrados en la toma de decisión, por ejemplo, importancia relativa de cada tema, obstáculos en la implementación de cierta tecnología, impactos en el ambiente, beneficios ambientales, etc.

Las características del método son:

- Provee un marco participatorio para negociaciones
- Permite la opinión/juicio individual de expertos
- Utiliza retroalimentación anónima e iterativa en rondas
- Incluye resúmenes estadísticos de respuestas en grupo
- Trata de alcanzar entendimiento y convergencia de opiniones

Las herramientas de análisis que usa el método DELPHI son las medidas de dispersión y tendencia central.

#### **a. SELECCIÓN DE CRITERIOS**

En base a la participación de las personas involucradas en el problema de toma de decisión se seleccionan los principales criterios a usarse dentro del proceso.

#### **b. SELECCIÓN DE VARIABLES**

En base a los criterios seleccionados por el grupo de personas involucrado en el proceso. Se seleccionan las variables que mejor representen los criterios seleccionados y puedan ser representadas espacialmente. Estas variables deben ser representadas especialmente. Estas variables deben ser representadas en forma de capas de información geográfica que pueda ser implementada dentro de un SIG. Típicamente estas capas de información sin integradas usando álgebra de mapas, en estructura raster.

#### **c. SELECCIÓN DE PESOS**

Los pesos para cada variable son asignados en forma consensual. El proceso es interactivo hasta que todo el grupo éste de acuerdo en los pesos asignados para cada una de las variables. La suma de pesos de las variables debe totalizar la unidad.

#### **d. TOMA DE DECISIÓN**

En base a la integración de las distintas variables con sus respectivos pesos (usando Álgebra de Mapas) se seleccionan las mejores alternativas las cuales son presentadas en un mapa dentro del SIG. Las alternativas, generalmente, son clasificadas en un rango que varía de "MUY BUENO" (valores cercanos a la unidad) "MUY MALO" (valores cercanos a cero).

### **6) ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Un análisis multicriterio, basado en criterios explícitos para evaluar alternativas, se utiliza siempre que un grupo de personas debe tomar una decisión importante en la que concurren distintos aspectos, complejos o controvertidos, fundamentalmente en las etapas de Selección y Evaluación.

La investigación, está diseñada de manera que permita, a través del trabajo multidisciplinario, el relevamiento de información estratégica desde los diversos actores involucrados en el Diseño de la Estructura Espacial Ecuatoriana (EEE) y su correspondiente Sistema de Mando y Control C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias), densificado a través de su RED DE SITIOS REMOTOS, AREAS FUERTES o SUCURSALES SEGURAS. De este modo, se pretende que la información relevada tenga un multiflujo, capaz de superar, desde el diseño metodológico mismo, la unidireccionalidad de los flujos de información existentes en el funcionamiento del Programa objeto de la investigación. Ello, permite

metodológicamente la incorporación en el análisis y diseño, de las variables y criterios involucradas en el presente esquema.

Es de vital importancia destacar que la metodología a usar en el desarrollo de un modelo cartográfico para el diseño de una red de sitios remotos, todavía no ha sido desarrollado o materializado en una norma internacional, por esta razón basados en el proceso de toma de decisiones, el modelo Delphi, y la construcción de un Red Geodésica, han servido para otorgar el presente MODELO MULTICRITERIO, en el cual se adopta la necesidad de tener accesibilidad, seguridad natural y antrópica, y una cobertura de señal.

## **I. VULNERABILIDAD**

En Desastres naturales la vulnerabilidad se entiende como la susceptibilidad de los sistemas naturales, económicos y sociales al impacto de un peligro de origen natural o inducido por el hombre. La vulnerabilidad siempre estará determinada por el origen y tipo de evento; la geografía de la zona afectada, las características técnico-constructivas de las estructuras existentes, la salud del ecosistema, el grado de preparación para el enfrentamiento de la situación por la población, la comunidad y los gobiernos locales, así como por la capacidad de recuperación en el más breve tiempo posible.

Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir, y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturales o de la sociedad. (Vulnerabilidad, Piers Blaiki, Terry Cannon, Ian Davis y Ben Wisner, primera edición 1996, RED Desastres en América Latina).

### **1) MARCO DE ACCIÓN DE HYOGO 2005-2015**

La Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres se celebró en Kobe, Hyogo (Japón), en el 2005; en ella se aprobó el presente Marco de Acción para 2005-2015. La Conferencia constituyó una oportunidad excepcional para promover un enfoque estratégico y sistémico de reducción de la VULNERABILIDAD a las amenazas/peligros y los riesgos que éstos conllevan. Puso de relieve la necesidad de aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.

#### **a. PRIORIDADES DE ACCIÓN**

A partir de las conclusiones del examen de la Estrategia de Yokohama y basándose en las deliberaciones de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, en particular el resultado previsto y los objetivos estratégicos acordados, la Conferencia adopta las cinco prioridades de acción siguientes (textos seleccionados, Gabriel Platzeck):

- a)** Velar por que la reducción de los riesgos de desastre constituya una prioridad nacional y local dotada de una sólida base institucional de aplicación.
- b)** IDENTIFICAR, EVALUAR Y VIGILAR LOS RIESGOS DE DESASTRE, Y POTENCIAR LA ALERTA TEMPRANA.
  - El punto de partida es conocer las amenazas y los factores físicos, sociales, económicos y ambientales de vulnerabilidad a los desastres a que se enfrentan la mayoría de sociedades, así como a la evolución de las amenazas y los factores de vulnerabilidad a corto y largo plazo, para luego adoptar las medidas oportunas en función de ese conocimiento.

- Elaborar, actualizar y difundir mapas de riesgos e información a las autoridades y la ciudadanía en general. \*Registrar, analizar, compilar y divulgar estadísticas sobre los desastres y pérdidas que ocasionan los mismos.
  - ALERTA TEMPRANA / SISTEMA DE INFORMACIÓN. Crear sistemas de alerta temprana centrados en la población (SIG), que den orientación sobre la forma de actuar en caso de desastres. Asegurarse que estos procesos estén bien integrados en la política y los procesos de decisión gubernamental, y una vez con la red completa en el país, buscar integrarse a un sistema internacional.
  - MENCION AL RECURSO ESPACIAL. Apoyar el mejoramiento de los métodos y capacidades científicas, en la evaluación de riesgos, vigilancia y alerta temprana. Promover la realización de observación de la tierra "in situ" y desde el espacio, las tecnologías espaciales, la teleobservación, los sistemas de información geográfica, el modelado y la predicción de las amenazas, el modelado y pronóstico meteorológico y climático, los instrumentos de comunicación y los estudios de los costos y beneficios de la evaluación de los riesgos y la alerta temprana.
  - UNISDR (The United Nations Office for Disaster Risk Reduction). Actualizar y divulgar una terminología internacional normalizada sobre la reducción del riesgo de desastre. INVESTIGACIÓN. Mejorar los métodos para las evaluaciones de pronóstico de múltiples riesgos, y fortalecer la capacidad técnico-científica en los estudios y modelos de evaluación de los factores de vulnerabilidad ante las amenazas de origen geológico, meteorológico, hidrológico y climático.
  - PLANIFICACIÓN DEL USO DE LA TIERRA. Incluir la evaluación de riesgos de desastre en los planes de urbanismo. Identificación de las zonas disponibles y seguras. Apoyar la revisión de reglamentos y normas para la construcción.
- c) Utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel.
- d) Reducir los factores de riesgos subyacentes
- e) Fortalecer la preparación para casos de desastre a fin de asegurar una respuesta eficaz a todo nivel. \*Cuando se produce un desastre, es posible reducir considerablemente su impacto y las pérdidas que causa, si las autoridades, las personas y las comunidades de las zonas expuestas a las amenazas, están bien preparadas, disponen de los conocimientos y tienen la capacidad para la gestión eficaz de las situaciones de desastre.

Al abordar el tema de reducción de desastres, los Estados, las organizaciones regionales e internacionales y otros agentes interesados, deben tratar por todos los medios de implementar estas cinco prioridades, acorde a sus propias circunstancias y capacidades. En nuestro país los desastres están categorizados como multiamenazas, y cumplimiento con esta implementación se propone la creación del Centro de Comando y Control para Emergencias, denominado C4E.

Para lograr el resultado previsto, la Conferencia resuelve adoptar los siguientes objetivos estratégicos:

- La integración más efectiva, con acento especial en la prevención y mitigación de los desastres, en la preparación para casos de desastre y la reducción de la VULNERABILIDAD.

- La creación y el fortalecimiento de instituciones, mecanismos y medios a todo nivel (sistemas integrados de mando y control), que puedan contribuir de manera sistemática a aumentar la resiliencia ante las amenazas.
- En la fase de reconstrucción, se debe incorporar sistemáticamente criterios de reducción de riesgos y ejecución de programas de preparación para enfrentar situaciones de emergencias, en proceso de alerta y respuesta temprana.

Basados en esta estructuración se realiza un DIAGNÓSTICO DEL PAÍS sobre la situación de riesgos, SENPLADES (Secretaría de Planificación del Estado) incluye el siguiente planteamiento:

El Ecuador, al igual que los países de la Región Andina, presenta un alto grado de VULNERABILIDAD y riesgo ante diversas amenazas naturales. En los últimos 25 años los países de la Región Andina han sido afectados por grandes desastres naturales. En el año 2003 el 33% de pérdidas directas e indirectas (vidas humanas, infraestructura social y productiva) en la región, fue causado por eventos naturales adversos, y la infraestructura más afectada casi siempre, son las vías de comunicación (Ver Estudio realizado por CEPAL. Centro Económico para América Latina y el Caribe). En el caso del Ecuador la (CAF. Corporación Andina de Fomento), determinó que el fenómeno El Niño genera daños equivalentes al 15% del Producto Interno Bruto (PIB). El proceso eruptivo del Volcán Tungurahua en el año 2006 afectó a 117.133 personas y 97.000 hectáreas. En cuanto a infraestructura vial, se registraron 11.000 km<sup>2</sup> de vías de comunicación afectadas, es decir alrededor de 150 millones de dólares en pérdidas. Asimismo, el Centro sobre Epidemiología de Desastres, refieren que las pérdidas son más onerosas en los países en vías de desarrollo, donde un gran desastre puede alcanzar valores equivalentes entre el 10% y el 100% del PIB anual; es decir cuanto más pequeño es el país, más grande es el impacto del evento. Todo esto hace que se llegue a determinar que los en nuestra región los desastres naturales son recurrentes y suelen afectar en gran proporción a la población nacional, con especial atención a sus arterias o vías de comunicación vial, que está ligada directamente al desempeño económico de un país.(ver Agenda Nacional de Seguridad Interna y Externa, Ministerio Coordinador de Seguridad Interna y Externa, Seguridad y Gestión de Riesgos, Secretaría Técnica Ecuador, JM Impresores, proyección 2015).

Siendo el riesgo el resultado entre la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta, es importante reducir estas variables con el fin de arribar a una eficiente gestión del mismo. Los desastres obedecen no a hechos fortuitos y casuales, sino a un incorrecto manejo de estos componentes. Sin embargo la VULNERABILIDAD ha sido muy poco estudiada en nuestro medio, y menos aún manejada, a pesar de ser el componente más favorable de disminuir. Los procesos inadecuados de desarrollo, manifestados mediante una desenfrenada urbanización y la continua degradación ambiental, conllevan a una elevada vulnerabilidad, caracterizada por una incorrecta localización de las actividades antropogénicas. Ejm existen deslizamientos en la Vía Calacalí, inundaciones en Chone, el desastre en la Josefina. Sin embargo, en la propia zona es notorio como los puentes localizados en las faldas occidentales del Volcán han debido ser reconstruidos más de una vez, sin existir una verdadera solución hasta el momento y tampoco una herramienta de acción inmediata que ayude a minimizar estos eventos.

Al existir una base espacial que provea de información actualizada, integrada y consistente, los diversos tipos de amenazas y la vulnerabilidad pueden ser documentados: fenómenos volcánicos, movimientos en masa, inundaciones, se pueden estudiar pudiendo arribar finalmente a la consolidación de un Plan de Prevención, Mitigación y/o Contingencia. Todo esto estará materializado en un centro de mando y control, que para fines de este proyecto lo llamaremos C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias), mismo servirá como una herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones dentro del contexto de alerta y respuesta temprana.

## 2) EL RIESGO Y LA GESTIÓN DE EMERGENCIAS

### a. RIESGO

Es la pérdida esperada (de vidas, personas afectadas y/o interrupción de una actividad económica) debido a una amenaza particular para una localidad particular y un período de tiempo. (UNISDR-Charter Internacional – OFDA LAC)

### b. PELIGROSIDAD O AMENAZA

Factor externo (de riesgo), representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas. (Glosario de Protección Civil, OPAS, 1992)

Amenaza se refiere a los eventos naturales que pueden afectar a diferentes sitios en forma simple o en combinación (zonas costeras, laderas, fallas geológicas, sabanas, selvas tropicales, etc) en diferentes épocas (estación del año, hora del día, en forma recurrente por períodos de distinta duración). La amenaza tiene diferentes grados de intensidad y severidad (huracanes, terremotos, avalanchas, sequías). (At Risk 2da Edición)

Las amenazas o peligros según la EIRD/NNUU, 2004 se clasifican en:

- **AMENAZAS NATURALES:** Entre ellas comprende las amenazas hidrometeorológicas (ciclones-huracanes, inundaciones, olas de frío y calor), geológicas (sismos, erupciones volcánicas, tsunamis), biológicas (plagas, enfermedades epidémicas).
- **AMENAZAS SOCIO-NATURALES:** Entre ellas tenemos a las inundaciones y deslizamientos, resultado de fenómenos naturales e influenciados en su intensidad por procesos de erosión y deterioro de cuencas; inundaciones pluviales en centros urbanos por invasión de cauces y deficientes sistemas de drenaje, así como la erosión costera, cambio climático, desertificación y pérdida de suelo por erosión, entre otras.
- **AMENAZA ANTRÓPICA:** Entre ellas tenemos a la amenaza tecnológica y de carácter social, como contaminación industrial, actividades nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, rotura de presas, accidentes de transporte, industriales o tecnológicos (explosiones, fuegos, derrames), guerras, conflictos sociales entre otras.

### c. VULNERABILIDAD

Factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado (OFDA / LAC). Por vulnerabilidad queremos significar las características de una persona o grupo y su situación, que influyen su capacidad para anticipar, hacer frente a, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural (un evento o proceso natural extremo).

Esto involucra una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida, el sustento, la propiedad y otros recursos de una persona son puestos bajo riesgo por un evento discreto e identificable (o una serie o cascada de dichos eventos) en la naturaleza y en la sociedad.

### d. EXPOSICIÓN, ALERTA, ALARMA

Como “Grado de exposición” según la terminología UNISDR 2009, es la población, los elementos, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas, y que por consiguiente están expuestas a experimentar pérdidas potenciales.

Alerta es el estado declarado con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso.

Alarma es el aviso o señal que se da para que se sigan instrucciones específicas debido a la presencia real o inminente de un evento adverso.

### e. CRISIS

Es una situación o período de tiempo que es extremadamente difícil o peligroso.

### f. DESASTRE

Son alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el ambiente, causadas por un suceso natural o generado por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, y solo se pueden recuperar con ayuda externa.

## 3) GESTIÓN Y MANEJO DE RIESGO (R=H\*V)

El riesgo de desastres es una función compuesta del desastre natural y de la cantidad de gente, caracterizada por sus variables grados de VULNERABILIDAD a esa amenaza específica, que se encuentra en el lugar y en el tiempo de exposición al evento de amenaza. Hay aquí tres elementos (Riesgo referido a desastres, VULNERABILIDAD y amenaza), y cuyas relaciones se esquematizan en una pseudo-ecuación.

$$R_{\text{riesgo}} = H_{\text{amenaza}} * V_{\text{vulnerabilidad}}$$

Con el fin de entender el riesgo en términos de nuestro análisis de vulnerabilidad para situaciones específicas de amenaza, usaremos dos modelos de desastre relacionados.

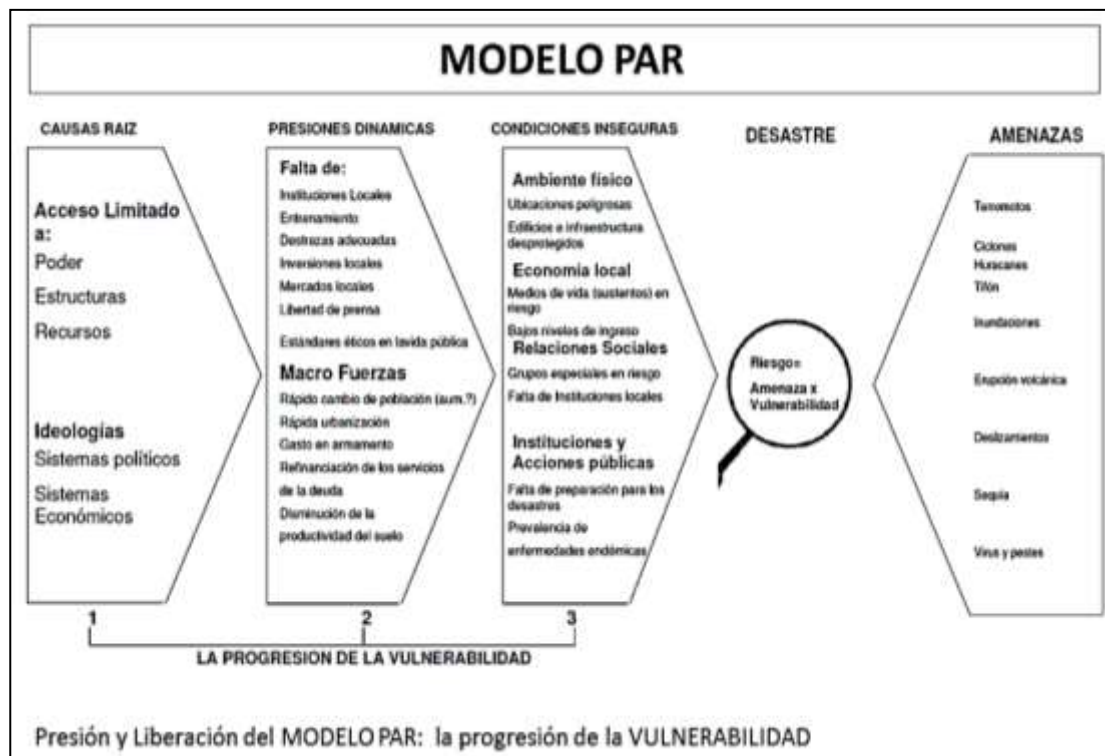


FIG II.36 Presión y Liberación del MODELO PAR: La progresión de la VULNERABILIDAD

Las causas raíz o de fondo, las presiones dinámicas y las condiciones inseguras están sujetas a cambio, y en muchos procesos implícitos están cambiando más rápido que en pasado. Ejm, cambio de técnicas de construcción y materiales, creencias estructurales, crecimiento de la población, son factores importantes que canalizan la vulnerabilidad hacia condiciones inseguras.

Factores que implican poder, acceso geográfico, seguridad natural y antrópica, localización, medios de vida, biología, determinan una situación que aumentan la vulnerabilidad.

Para enfrentar las amenazas existen herramientas tecnológicas tales como imágenes ópticas, geovideo, radar, lidar, imágenes meteorológicas (GOES-NOAA), DEM, SIG, CAD y herramientas de modelado numérico.

#### **a. PROGRESIÓN DE LA VULNERABILIDAD. MODELO DE PRESION Y LIBERACIÓN (MODELO PAR)**

Se introduce como una simple herramienta para mostrar como los desastres se producen cuando las amenazas naturales afectan a gente vulnerable. La Vulnerabilidad de esa gente tiene sus raíces en proceso sociales y causas subyacentes las que pueden finalmente ser bastantes remotas al evento de desastre en sí mismo. La base para la idea del PAR es que un desastre es la intersección de dos fuerzas opuestas: aquellos procesos que generan vulnerabilidad por una parte y el evento de amenaza natural. La idea de liberación se incorpora para conceptualizar la reducción del desastre: para disminuir la presión, la vulnerabilidad debe ser reducida.

El modelo PAR puede sugerir (en su imagen de dos lados separados en el diagrama) que el evento de desastre está aislado y separado de las condiciones que crean la vulnerabilidad.

#### **PROGRESIÓN DE LA VULNERABILIDAD:**

##### **- CAUSAS RAIZ O CAUSAS DE FONDO**

Las más distantes de éstas son causas de fondo, un conjunto de procesos extensos, bien establecidos dentro de una sociedad y la economía mundial. Las causas de fondo más importantes que dan origen a la vulnerabilidad son procesos económicos, demográficos y políticos. Estos procesos afectan la asignación y distribución de recursos entre diferentes grupos de personas. Están conectados con el funcionamiento o no, del Estado y finalmente con el control de la Policía y Fuerzas Armadas. La guerra es un factor en la vulnerabilidad a los desastres.

Las causas de fondo reflejan la distribución del poder en la sociedad. La gente que es económicamente marginal (como los invasores urbanos) que vive en ambientes "marginales" (aislados, áridos o semiáridos, costaneros o ecosistemas forestales) tienden también a ser de importancia marginal para aquellos que tienen poder económico y político.

Esto crea dos fuentes de vulnerabilidad para esos grupos: 1. Su acceso a medios de vida y recursos que son menos seguros y provechosos tiene posibilidades de generar mayores niveles de vulnerabilidad y 2. Tienen probabilidades de ser una baja prioridad para intervenciones del gobierno que trate de mitigar las amenazas.

##### **- PRESIONES DINÁMICAS**

Las presiones dinámicas son procesos y actividades que "traducen" los efectos de las causas de fondo en vulnerabilidad de condiciones inseguras. Las presiones dinámicas



canalizan las causas de fondo hacia formas particulares de inseguridad que tienen que considerarse en relación con los tipos de amenazas que afronta esta gente. Estas presiones se materializan a través del crecimiento rápido de la población, enfermedades epidémicas, urbanización rápida, guerra, deuda externa, ajuste estructural, deforestación, entre otros. Las condiciones básicas de salud y nutrición de la gente se relacionan mucho con su capacidad para sobrevivir a trastornos de su sistema de subsistencia., estas condiciones son importantes para su “resiliencia” frente a un impacto externo.

#### - **CONDICIONES INSEGURAS**

Las condiciones inseguras son las formas específicas en las cuales la vulnerabilidad de una población se expresa en el tiempo y espacio junto con una amenaza. Ejemplo. La población que tiene que vivir en lugares peligrosos, sin posibilidad de hacer construcciones, que carece de protección efectiva por parte del Estado, tiene tomar medios arriesgados de vida y cuenta los mínimos recursos de alimentos o beneficios.

La vulnerabilidad se puede definir con razonable precisión. Las condiciones inseguras han sido el tema de muchas investigaciones detalladas y en gran parte del mundo se han obtenido conocimientos sobre qué sitios podrían fallar en un deslizamiento o que edificios sobrevivirán o se desplomarán en un terremoto, pero un factor fuerte son los sistemas de comunicación vial, quienes alimentan, desarticulan o aíslan a las poblaciones.

LA GUERRA: Infortunadamente tendrá que ser frecuente la mención de la guerra como una condición insegura. Ha habido más de 120 guerras desde el término de la segunda guerra mundial (Van der Wusten 1985). Ellas han tenido desastrosas consecuencias por sí solas para la gente implicada, pero también han influido enormemente a la vulnerabilidad, a procesos climáticos y geológicos extremos. El impacto económico ha sido devastador tanto en guerra externa como en guerra de baja intensidad o contrainsurgencia.

#### **b. MODELO DE ACCESO**

Es un análisis expandido de los factores principales en el modelo PAR que relacionan la vulnerabilidad humana y la exposición a la amenaza física, y se enfoca en el proceso por medio de los cuales los eventos naturales impactan sobre la gente y cuál es su respuesta. Es un análisis ampliado o enfocado sobre como la vulnerabilidad es inicialmente generada por procesos económicos, sociales y políticos y que es lo que ocurre cuando un desastre se despliega. El punto de aplicación de este modelo es la lupa del gráfico. El modelo de ACCESO indica más específicamente y en más detalle como las condiciones necesitan cambiar para reducir la vulnerabilidad y en consecuencia mejorar la protección y la capacidad de recuperación. Complementa el modelo PAR y une los dos costados del diagrama PAR en un detallado modelo de proceso.

En la figura anterior la VULNERABILIDAD que surge de condiciones inseguras se intersecta con una amenaza física (evento activador) para crear un desastre, pero se explica sólo por el análisis de procesos dinámicos y causas de fondo que generan las condiciones inseguras.

#### **4) INTERFEROMETRÍA RADAR**

La interferometría con Radar de Apertura Sintética es una técnica que puede aplicarse en muchas áreas diferentes. Implica utilizar un radar para registrar dos o más imágenes de exactamente la misma área en diferentes puntos temporales. Al comparar las imágenes, es

posible detectar cualquier cambio que pueda haber ocurrido durante ese período particular de tiempo. La interferometría se puede conseguir con un único satélite o usando dos que van uno detrás de otro en la misma órbita.

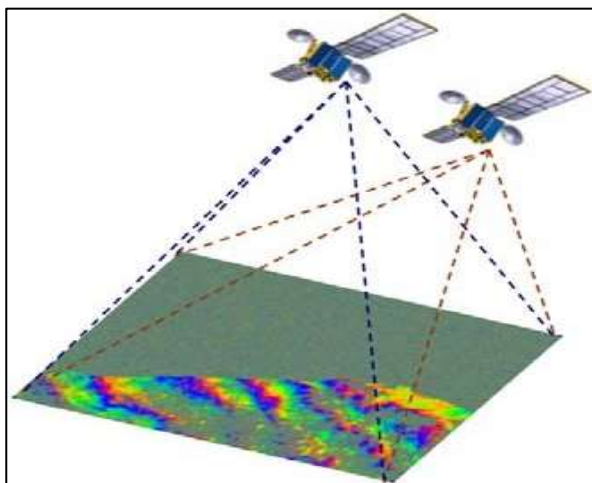


FIG II.37 Esquema de adquisición de imágenes para un par interferométrico

Las técnicas DinSar consisten en la combinación de dos imágenes SAR de la misma zona adquirida desde posiciones ligeramente diferentes. El resultado de esta combinación es una nueva imagen conocida como Interferograma, cuya componente de fase está integrada por los siguientes términos.

$$\Delta\Phi_{Int} = \Phi_{Topo} + \Phi_{Mov} + \Phi_{Atm} + \Phi_{Noise}$$

$\Phi_{Topo}$  = Es el término relacionado con la topografía del terreno

$\Phi_{Mov}$  = Es la componente de fase correspondiente al movimiento del terreno

$\Phi_{Atm}$  = Es la componente ruidosa causada por las diferentes condiciones atmosféricas entre las dos adquisiciones SAR

$\Phi_{Noise}$  = Es el ruido térmico de las medidas

Para obtener la deformación del terreno tendremos que cancelar o minimizar los efectos de las componentes no deseadas, que serán la topografía, los efectos atmosféricos y el ruido térmico. Al trabajar con técnicas DinSAR clásicas el problema principal radica en la presencia de los artefactos atmosféricos, difíciles de eliminar utilizando un solo par interferométrico. Sin embargo, el término relacionado con la topografía del terreno podrá ser cancelado con la ayuda de un Mapa de Elevaciones del Terreno (MET) y los parámetros orbitales de las adquisiciones. De todas formas, tanto la imposibilidad de eliminar la componente atmosférica como las imprecisiones del MET condicionarán en gran medida la precisión obtenida en la medición del movimiento del terreno.

La generación de imágenes mediante técnica de RADAR trabaja en la zona del espectro electromagnético correspondiente a las microondas, comprendida entre aproximadamente  $1,0$  y  $10^{-3}$  cm. Por tanto, las imágenes RADAR tienen una serie de ventajas como pueden ser la capacidad de atravesar las nubes y la lluvia, así como la de tomar registro en la oscuridad. Existen varias técnicas de generación de imágenes mediante RADAR. El método tradicional se conoce como Sistema Radar Real o RAR y por otro lado también existe el Sistema Radar de Apertura Sintética o SAR utilizado por los satélites europeos ERS-1 y ERS-2. El SAR logra una resolución mayor cuanto menor es la longitud de la antena.

Esta técnica también ha permitido tomar mediciones muy exactas de la subsidencia de ciudades, o de los desplazamientos del terreno causados por terremotos. En esta tesis se

usará el Interferograma para poder validar el levantamiento del inventario de movimiento de masa y determinar las franjas entre montaña, pie de monte y llanura aluvial.

**IMÁGENES RADAR:** Una imagen de radar es la relación de la energía de microondas transmitida a la Tierra con la energía reflejada directamente de regreso al sensor. Esta energía reflejada se llama retrodispersión y depende de la topografía local, la rugosidad y las propiedades dieléctricas que están directamente afectadas por los niveles de humedad. Por tratarse de imágenes monobanda es posible visualizarlas únicamente en blanco y negro. Las imágenes de radar proporcionan información valiosa que puede ser utilizada en temas como: geología, agricultura, cobertura del terreno, entre otras.

**ALOS-PALSAR:** El satélite de observación japonés ALOS (Advanced Land Observing Satellite) fue lanzado en 2006 por la Agencia Espacial Japonesa (JAXA). El satélite ALOS está compuesto de 3 sistemas independientes (PRISM, AVNIR-2, PALSAR) que adquieren simultáneamente imágenes ópticas e imágenes de RADAR con diversas resoluciones y coberturas. PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar), sensor activo de microondas en la banda L que ofrece múltiples modos de toma con resoluciones espaciales entre los 7 y 100 m y diferentes modos de polarización vertical y horizontal. Las imágenes capturadas por el sensor información de una misma área con una resolución espacial de 10 metros y con año de actualización al 2012.

**SISTEMA DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA:** El Sistema Radar SAR, se basa fundamentalmente en el efecto Doppler (cuando la fuente emisora de ondas y el observador están en movimiento relativo, el ancho de banda se acorta hacia donde se mueve el emisor y se alarga hacia donde se aleja). Este tipo de imágenes necesita, antes de su generación un preprocesado que corresponde básicamente a la eliminación del ruido (Speckle), y un posterior procesado de la imagen mediante un protocolo previamente establecido.

## 5) CONTEXTUALIZACIÓN Y PROGNOSIS

La frecuencia y diversidad de amenazas naturales, la magnitud de los daños, pérdidas materiales en especial relacionadas con infraestructuras viales y humanas asociadas con estas en los últimos años, ha motivado el planteamiento del desarrollo de este capítulo.

Para iniciar lo indicado fue necesaria la recolección de información digital base georreferenciada disponible, la que fue facilitada por todas las instituciones diagramadas en la Estructura Espacial Ecuatoriano, con especial atención el Instituto Geográfico Militar y el Instituto Espacial Ecuatoriano.

Los procesos geodinámicos internos y externos, en el ámbito nacional y mundial crean situaciones de emergencia cuando estos riesgos alcanzan grandes proporciones, especialmente en los países en vías de desarrollo expuestos a frecuentes acontecimientos de este tipo.

Con los desastres naturales constantes, la conciencia mundial ha crecido en cuanto a los altos costos que estos ocasionan en términos de pérdidas humanas y económicas, así como en impactos ambientales, tanto a escala nacional como regional, sin embargo debe tomarse en cuenta la alta probabilidad de que los desastres naturales sigan afectando a nuestro país.

Nuestro país, por su ubicación geográfica en el planeta Tierra, su geo morfología y constitución geológica, es susceptible de sufrir eventos geodinámicos externos como son los fenómenos de inestabilidad de terrenos (movimientos de remoción en masa) que causan daños a las personas, sus bienes y obras de infraestructura.

En las últimas décadas se ha generado en el territorio ecuatoriano una serie de fenómenos de origen natural de gran magnitud y de gran extensión. Estos eventos fueron en ocasiones catastróficos, es decir, su carácter destructivo causó desequilibrios socioeconómicos y ambientales muy graves que, en algunos casos tuvieron consecuencias a largo plazo.

Adicionalmente, la aparición de una multitud de eventos menores que tuvieron impactos menos devastadores revela a un país cuyo territorio está en su gran mayoría expuesto a peligros naturales. Es también importante considerar a los fenómenos naturales benignos ya que representan amenazas potenciales que podrían de una manera significativa a la población, en particular en un contexto de crecimiento demográfico sostenido.

El Ecuador, país andino, tiene un conjunto de características físicas que condicionan el advenimiento de las amenazas naturales, entre ellas:

- Precipitaciones pluviométricas abundantes y/o con intensidad elevada
- Sucesión de estaciones secas y lluviosas
- Desnivel importante (más de 5000 m y en algunos casos en cortas distancias)
- Vertientes empinadas y de gran extensión
- Formaciones geológicas sensibles a la erosión
- Ubicación ecuatorial a la orilla del océano Pacífico (eje del ENOS o EL NIÑO)
- Planicies fluviales con pendiente débil (cuenca del Guayas)
- Zona de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana (una de las más activas del mundo)

La historia del Ecuador está marcada por eventos catastróficos. Cabe advertir que la realidad puede ser distorsionada en el sentido de que los registros históricos sólo mencionan eventos que tuvieron consecuencias notables sobre los asentamientos humanos. En otros términos, es caso imposible establecer un inventario exhaustivo de los fenómenos pasados.

La magnitud actual y potencial del problema de las carreteras del Ecuador, está relacionada con la fragilidad ecológica, la cual es entendida como la susceptibilidad de los diferentes recursos valorables que coexisten en espacios geográficos determinados, sea de manera individual o integral, y cuyas interacciones destacan la vulnerabilidad a ciertos procesos naturales. Todo esto hace necesario procurar un estado normal de funcionamiento de la vialidad en todo momento, para que haya una comunicación permanente entre poblaciones y por ende un dinamismo económico.

Los daños causados por eventos naturales de cierta severidad en la vialidad, han causado grandes pérdidas económicas en el país, por tal razón es imperativo considerar adecuadamente los eventos naturales que podrían afectar las vías, para protegerlas adecuadamente y así evitar daños de infraestructuras, que se traducen rápidamente en pérdidas económicas.

Los riesgos que afrontan los proyectos y los sistemas viales existentes, de no tomarse medidas suficientes, pueden traer como consecuencias:

- Costos altos en el mantenimiento vial
- Vías susceptibles de inundaciones por falta de prevención
- Alta probabilidad de riesgos por deslizamientos en proyectos viales
- Mayor impacto ambiental por la construcción de infraestructuras viales que traerán como consecuencia el agotamiento de la cubierta boscosa y de su capacidad protectora.
- Desaciertos en la toma de decisiones y la planificación de proyectos viales por la falta de información cartográfica

La vulnerabilidad en esta materia es tan alta que cualquier evento de orden natural, ocasionaría una peligrosa degradación de la calidad de vida. El sistema vial en nuestro país, tiene gran

importancia económica, política y social. Afecta aproximadamente 11.000 km<sup>2</sup> en vías, en cada evento, en el caso de la erupción del Volcán Tungurahua ocasionó 150 millones de dólares en pérdidas, es decir estos daños a las vías repercuten en la infraestructura de transporte, el sector productivo, el sector social y los asentamientos cercanos y lejanos. Por lo tanto, estudios y análisis sobre la vulnerabilidad frente a este tipo de fenómenos deben estar disponibles para mejorar el proceso de toma de decisiones y la planificación en general, es decir, es necesario pasar de la solución de las consecuencias a la prevención de las causas y a la mitigación de los efectos, y es precisamente donde la investigación debe orientarse a la disminución de la vulnerabilidad del sistema de carreteras de los peligros naturales o multiamenazas.

## **6) METODO AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO / ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) THOMAS L. SAATY**

El proceso Analítico Jerárquico es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. En vez de prescribir la decisión “correcta”, el AHP ayuda a los decisores a encontrar la solución que mejor se ajusta a sus necesidades y a su comprensión del problema.

Esta herramienta basada en matemáticas, fue desarrollada por Thomas Saaty y ha sido extensivamente estudiado y refinado, desde esto, provee el marco de referencia racional y comprensivo para estructurar un problema de decisión, para representar y cuantificar sus elementos, para relacionar esos elementos a los objetivos generales, y para evaluar alternativas de solución. El AHP es usado alrededor del mundo en una amplia variedad de situaciones de decisión.

Los procedimientos para usar AHP pueden ser resumidos en:

- Modelar el problema como una jerarquía que contenga el objetivo de la decisión, las alternativas para alcanzarlo, y los criterios para evaluar las alternativas
- Establecer prioridades de los elementos de la jerarquía haciendo una serie de juicios basados en comparaciones por pares de elementos
- Sintetizar los juicios para producir un conjunto de prioridades globales de la jerarquía
- Revisar la consistencia de los juicios
- Llegar a una decisión final basada en los resultantes de este proceso

El AHP convierte las evaluaciones en valores numéricos o prioridades. Un peso numérico o una prioridad es derivada de cada elemento de una jerarquía, permitiendo que elementos diversos y frecuentemente inconmensurables sean comparados unos con otro de forma racional del proceso, las prioridades numéricas son calculadas para cada una de las alternativas de decisión. Estos números representan la habilidad relativa de las alternativas para lograr el objetivo de la decisión, de modo que permita una consideración directa de los diferentes cursos de acción.

## **“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

### **CAPÍTULO III. ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR EN EL PROCESO DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES**

#### **1. ESTADO DE ARTE DE LA EEE (ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR) (Espectro electromagnético y su distribución organizacional)**

Con el paso del tiempo ha sido evidente el impresionante avance tecnológico en el ámbito espacial y sus correspondientes aplicaciones, y esto juega un papel fundamental en la solución de los problemas de la sociedad, lo que ha generado que el país impulse cambios estructurales para crear oportunidades que permitan insertarnos en esta corriente de investigación, desarrollo e innovación.

**MISIÓN:** La EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana), como parte constitutiva del Estado Ecuatoriano, tiene la obligación de colaborar con el desarrollo técnico científico del país, e intervenir en los demás aspectos concernientes a la seguridad, defensa, desarrollo nacional y apoyo a la gestión de riesgos, dentro del área de competencia de las ciencias de la tierra, del espacio y sus complementos, a fin de contribuir con el cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados.

Actualmente en el Ecuador no existe una organización estructural como la planteada, sin embargo se realizan ciertos procesos de manera aislada, cuyas consecuencias se reflejan en la transposición de datos, en la falta de precisión y armonía de geoinformación, en la falta de concatenación de estructuras en un proceso de análisis y en la sobreposición de competencias. Pese a todo esto existen muy buenos trabajos y estudios en las organizaciones, que si logramos integrar la geoinformación, generando las interacciones necesarias realizaríamos un proceso de mejora continua, y de efectividad frente a la toma de decisiones; formando con esto la EEE. Estructura Espacial Ecuatoriana deseada.

#### **2. CONSTRUCCIÓN DE LA EEE. Estructura Espacial Ecuatoriana (Data WareHOUSE / Almacén de Datos: ESQUEMA EN ESTRELLA)**

La Estructura Espacial del Ecuador se fundamenta en un esquema en estrella que centraliza la geoinformación oficial de las Instituciones duales (civil y militar) del Estado, en un concentrador (data warehouse) denominado MDN (Ministerio de Defensa Nacional), con el fin de coordinar, establecer políticas, estandarizar, normar, generar requerimientos técnicos científicos en el ámbito espacial (geoespacial / aeroespacial) y crear acuerdos para trabajar en equipo, evitando con esto transposición de objetivos.

Servirá como una herramienta en el proceso geoespacial de toma de decisiones del MDN, quién hará de vínculo directo a la Presidencia de la República, para los procesos subsiguientes. Esta estructura no deberá funcionar con orden jerárquico para los procesos de toma de decisiones, así como no influirá directamente en las misiones de cada Institución, solo será un organismo conciliador, coordinador y centralizador.

Considerando un data warehouse y su esquema en estrella se construye el nivel base de la ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, considerando la tabla del centro, llamada de hechos (MDN), rodeada de las tablas de dimensiones (IGM, INOCAR, IEE, INAE). Esto hace que exista una relación centralizada y todo fluya a través del MDN, tal y como se presenta en el siguiente diagrama:



Diagrama III.03 Nivel base de la EEE (MDN tabla de hechos) de acuerdo al ESQUEMA EN ESTRELLA PROPUESTO

#### A. MDN. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL

Es un órgano político, estratégico y administrativo, que diseña y emite políticas para la Seguridad, Defensa, Desarrollo Nacional, y administración de sus Fuerzas Armadas. (Ver [www.defensa.gob.ec](http://www.defensa.gob.ec)). Para motivos de este planteamiento tomaremos como ejes fundamentales los siguientes objetivos estratégicos (Ver plan del buen vivir, PNBV 2013-2017, Ecuador):

- Incrementar el nivel de integración del país con la comunidad internacional
- Incrementar el apoyo al desarrollo nacional en los ámbitos de investigación, desarrollo e innovación
- Apoyo comunitario, gestión de riesgos (alerta y respuesta temprana a emergencias) e intereses nacionales
- Incrementar el desarrollo del talento humano, eficiencia operacional y uso eficiente del presupuesto.

#### B. IGM. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR:

Organismo autorizado por el Estado Ecuatoriano que genera, regula la información y bases de datos (cartográficos y geográficos del país), provee soluciones gráficas y de seguridad documentaria, extiende la transferencia no formal a la formal, es decir al campo científico de las ciencias de la tierra y del espacio, que fortalecido con personal calificado, tecnología de vanguardia, procesos de mejoramiento continuo y respeto al medio ambiente, contribuye con el desarrollo nacional. (Ver [www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec)).

El IGM sustenta sus objetivos y atribuciones a través de la LEY DE CARTOGRAFIA NACIONAL (publicada en registro oficial N.643 del 04AGO1978), la parte de seguridad documental a través del ACUERDO MINISTERIAL DE FINANZAS N.159 y 055, y finalmente con decreto N.940 se adscribe al MDN como un Instituto de Investigación, de igual forma lo hace el INOCAR, IEE e INAE, ratificándoles como generadores de geoinformación y servicios especializados, en los ámbitos de seguridad, defensa, desarrollo nacional y cooperación con organismos nacionales e internacionales.

En el marco de la reforma democrática del Estado que busca la reorganización de las instituciones que giran en torno a la función ejecutiva y fundamentalmente al cambio de la matriz productiva, el IGM, ente adscrito al MDN, busca fortalecer sus competencias en las líneas de:

- Ciencias de la Tierra
- Cubrir todos los ámbitos de la Geografía
- Cartografía fundamental, básica, temática y específica
- Geodesia
- Astronomía y ciencias afines
- Navegación Global GNSS
- Observación de la Tierra
- Geomática
- Desarrollo Tecnológico e innovación
- Servicios Especializados
- Seguridad documentaria del país
- Seguridad, Defensa y Desarrollo Nacional

### **C. INOCAR. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA:**

El INOCAR es un organismo que tiene la misión de planificar, dirigir, coordinar y controlar las actividades técnicas y administrativas relacionadas con el Servicio de Hidrografía, Navegación, Oceanografía, Meteorología, Ciencias del Mar, Señalización Náutica, y administración del material especializado con su actividad.

Para el cumplimiento de su misión realiza las siguientes tareas:

- Dirigir, coordinar y controlar todos los trabajos de exploración e investigación oceanográfica, geofísica y de las ciencias del medio ambiente marino.
- Dirigir, coordinar y controlar los levantamientos hidrográficos, fluviales, y oceanográficos para el desarrollo, compilación y elaboración de la Carta Náutica.
- Tener a su cargo la construcción, administración, control y mantenimiento de los faros, boyas y balizas en las costas del país.
- Propender al desenvolvimiento de las ciencias y artes necesarias para la seguridad a la navegación.
- Constituir el organismo oficial técnico y permanente al Estado, a quien representará en todo lo que se relacione a las investigaciones oceanográficas, hidrográficas, de navegación y de ayudas a la navegación.
- Controlar el funcionamiento de los repartos subordinados y Unidades adscritas al INOCAR.

Sus ejes de acción están basados en los siguientes objetivos estratégicos institucionales:

- Incrementar la investigación hidro-oceanográfica en los espacios marítimos, acuáticos jurisdiccionales y fondos marinos
- Incrementar la seguridad a la navegación en los espacios acuáticos navegables.
- Incrementar la obtención de geoinformación
- Incrementar la proyección y participación marítima del Instituto Oceanográfico de la Armada a nivel nacional e internacional.
- Incrementar el desarrollo del talento humano, la eficiencia operacional y el uso eficiente del presupuesto del Instituto Oceanográfico de la Armada.

### **D. IEE. INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO:**

REGISTRO OFICIAL N.759-JUEVES 02AGO2012 (EXTRACTO): Mediante decreto supremo N.2027 publicado en registro oficial N.486 del 19 de diciembre de 1977, se crea el CLIRSEN



(Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos), adscrito al IGM (Instituto Geográfico Militar) cuya misión será realizar el inventario de los recursos naturales a nivel nacional y generar la información que posibilite el uso, manejo y conservación de los mismos.

Ante el avance tecnológico en el campo espacial, se genera la necesidad de transformar el CLIRSEN en IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), el mismo es legalizado por el Sr. Presidente de la República, y cuyos objetivos serán los siguientes:

- La investigación científica del espacio exterior próximo a la Tierra y del espacio ultraterrestre
- La coordinación de programas y proyectos en el área espacial conforme a los Objetivos de Desarrollo Nacional. El desarrollo de tecnología espacial
- El ejercicio de los derechos sobre los segmentos correspondientes de la órbita sincrónica geoestacionaria
- La promoción del uso pacífico del espacio ultraterrestre y otros fines pacíficos
- Investigación aplicada para observación de la Tierra, percepción remota y sistemas de información geográfica
- Gestión de geoinformación temática orientada a la defensa, apoyo al desarrollo e inventario de recursos naturales.

Los programas y proyectos que desarrolle, elabore y formule el IEE. Instituto Espacial Ecuatoriano estarán orientados a cumplir con el objetivo de ocupar la órbita sincrónica geoestacionaria.

#### **E. INAE. INSTITUTO ANTARTICO ECUATORIANO:**

El Ecuador ha dado un importante paso en el tratamiento de la ciencia y de los asuntos antárticos al jerarquizar en un nivel más cercano al de toma de decisiones políticas al antiguo Programa Antártico Ecuatoriano (PROANTEC) creado en AGO1988 y dependiente del Instituto Oceanográfico de la Armada, pues desde Abril del 2004 el Ecuador dispone del Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE), creado mediante Decreto Ejecutivo No. 1610 del 23 de Abril de 2004, publicado en el R. O. 326 del 3 de Mayo del mismo año, como entidad de derecho público, adscrita al Ministerio de Defensa Nacional, con domicilio en la ciudad de Guayaquil, patrimonio y fondos propios, con el objeto de fomentar y mantener la proyección geopolítica del país y la participación permanente en las actividades de investigación científica, en el contexto del Sistema del Tratado Antártico.

El Instituto dispone de un Órgano de Dirección y Políticas constituido por el Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva, los Departamentos Científico, Técnico y Administrativo-Financiero y de un Órgano de Asesoramiento constituido por el Grupo Asesor Científico, conformado por investigadores delegados de varias entidades académicas y de investigación pública y privada.

Funciones y atribuciones del INAE:

- Elaborar la Política Nacional del Ecuador para la Antártida a ser presentada al Ejecutivo para su aprobación.
- Planificar y fomentar las actividades científicas, administrativas, técnicas y logísticas a ser ejecutadas anualmente, observando las regulaciones para la protección del ambiente antártico.
- Representar al Estado Ecuatoriano ante los organismos y foros internacionales del Sistema del Tratado Antártico en colaboración con organismos públicos y privados del país.
- Fomentar el intercambio de información y las relaciones interinstitucionales con organismos similares del país y de otros países.

- Garantizar el funcionamiento de la Estación Pedro Vicente Maldonado y toda estación o facilidad científica que se establezca en el área y dentro de los lineamientos del Sistema Antártico.
- Gestionar asistencia técnica y financiera por intermedio del INECI (Instituto Ecuatoriano de Cooperación Internacional) y otros organismos de cooperación internacional para el desarrollo de los programas científicos y
- Presentar proyectos de reformas a la legislación nacional cuando se requiera, con base a las disposiciones del Tratado Antártico y a la Política Nacional del Ecuador para la Antártida.

Determinado el nivel base de la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) se establece bajo el mismo principio anterior el segundo anillo de operación, abarcando con esto a toda la estructura del país.



Diagrama III.04 EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) completa, data warehouse: esquema en estrella

## F. FUERZAS ARMADAS. CCFFAA:

Institución que cuenta con la máxima credibilidad del pueblo ecuatoriano cuya misión es defender la Soberanía y la Integridad Territorial, apoyar con todo su contingente al desarrollo nacional en todos sus contextos (científico, económico, ambiental, político y social), contribuir con la seguridad pública y del Estado, apoyar en todo proceso de gestión de riesgos, y participar en operaciones de paz y ayuda humanitaria. (Ver [www.ccffaa.mil.ec](http://www.ccffaa.mil.ec)). Está constituido principalmente por la Fuerza Terrestre, Fuerza Naval y Fuerza Aérea.

Adicional, emite el direccionamiento estratégico para las Fuerzas Armadas en el campo de la seguridad integrada, para prevenir accidentes, enfermedades e impactos ambientales negativos en forma permanente, a fin de precautelar los recursos humanos y materiales de FFAA. (Ver [www.ccffaa.mil.ec](http://www.ccffaa.mil.ec)).

## G. ACADEMIA (ESPE. UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS):

La ESPE como parte de la ACADEMIA (red de Universidades) es una institución de educación superior, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio, de derecho público, con domicilio en la ciudad de Quito, se rige por la Constitución Política del Ecuador, La Ley de Educación Superior, su Ley Constitutiva Decreto N. 2029 publicado en el Registro oficial N.487 del 20DIC1977. La ESPE está reconocida por el Sistema Nacional de Educación

Superior y es una de las universidades más fuertes y grandes del Ecuador (Ver [www.espe.edu.ec](http://www.espe.edu.ec)).

La ESPE cuenta con los departamentos de Ciencias de la Tierra y Construcción, Mecánica, Mecatrónica, Sistemas, Civil y Electrónica, mismos constituyen una de las Unidades Estratégicas básicas de la Politécnica, responsable en su campo de conocimiento, de la gestión de la docencia, investigación y extensión. Su misión es apoyar la ejecución de los programas de formación profesional en los niveles: técnico superior, tercer nivel y cuarto nivel o de postgrado e impulsar el desarrollo de programas y proyectos específicos de investigación y extensión, que estén vinculadas con el proceso de Estructura Espacial del Ecuador en su fase de asesoramiento y apoyo.

## **H. MINISTERIOS DEL ESTADO:**

Los Ministerios y Secretarías son cada una de las partes en las que se puede dividir el Gobierno del Ecuador. Para el caso del Ecuador contamos con 19 Ministerios Sectoriales “temáticos”, 8 Ministerios de coordinación “coordinadores”, 11 Secretarías nacionales con rango de Ministerio y 3 Secretarías técnicas sin rango de Ministerio. Es necesario indicar que este proceso no tiene carácter jerárquico, sino de apoyo al proceso.

Para los fines consiguientes de apoyo al proceso de EEE. Estructura Espacial del Ecuador los Ministerios y Secretarías que tienen relación al objetivo planteado son:

- Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración
- Ministerio de Defensa Nacional
- Ministerio de Finanzas
- Ministerio de Educación
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
- Ministerio de Recursos Naturales no Renovables
- Ministerio de Salud Pública
- Ministerio del Ambiente
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
- Ministerio de Telecomunicaciones
- Ministerio de Coordinación de Conocimiento y Talento Humano
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
- Secretaría Nacional de Agua
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
- Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

## **I. OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS Y PRIVADOS:**

Dentro del contexto del Estado Ecuatoriano, y encuadrados en la posible Estructura Espacial Ecuatoriana, es necesario generar un proceso de vinculación con diferentes organismos públicos y privados no contemplados en el marco de toma de decisiones del Estado, tal y como hacen los Ministerios y Secretarías, pero si encuadrados en proceso dentro del contexto de mencionada estructura, es decir organismos que contribuyan a los ejes del Estado (transferencia de conocimiento, transferencia de tecnología y cambio de la matriz productiva).

## **J. IPIs (INSTITUTOS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN):**

De acuerdo a reforma del Código de Economía Social de Conocimiento, indica que es un objetivo nacional el desarrollo con base al conocimiento. La sociedad del conocimiento tiene dos pilares: el sistema de educación y el sistema de ciencia, tecnología e innovación.

El eje principal de los IPIs (Institutos Públicos de Investigación), tiene un enfoque de educación superior, ciencia, tecnología e innovación. Gestiona su aplicación, con especial atención al desarrollo estratégico del país, mismo se materializa a través de la elaboración, ejecución y evaluación de políticas, programas y proyectos.

Al realizar el análisis de los IPIs que contribuirán a la EEE, se establece el siguiente listado:

- INIGEMM. Instituto de Investigación Geológico Minero Metalúrgico
- INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- INP. Instituto Nacional de Pesca
- INIAP. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
- INH. Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical
- INCP. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural
- INER. Instituto Nacional de Energías Renovables

### K. ORGANISMOS INTERNACIONALES:

La investigación científica y tecnológica es costosa y requiere financiamiento que en ocasiones se prolonga por largos periodos. Los fondos de agencias y donantes internacionales pueden complementar a aquellos que pone disponible la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación para realizar investigación en el país. Al momento se cuenta con 50 organismos internacionales en proceso de apoyo.

Una vez establecido el diagrama de la Estructura Espacial Ecuatoriana de manera completa, en función a la misión de cada organización e instituto se establecen las denominadas áreas de acción mismas servirán para determinar el MODELO DE GESTIÓN POR PROCESOS, ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL Y ESTABLECER LOS UMBRALES DE CADA INSTITUTO BASE.

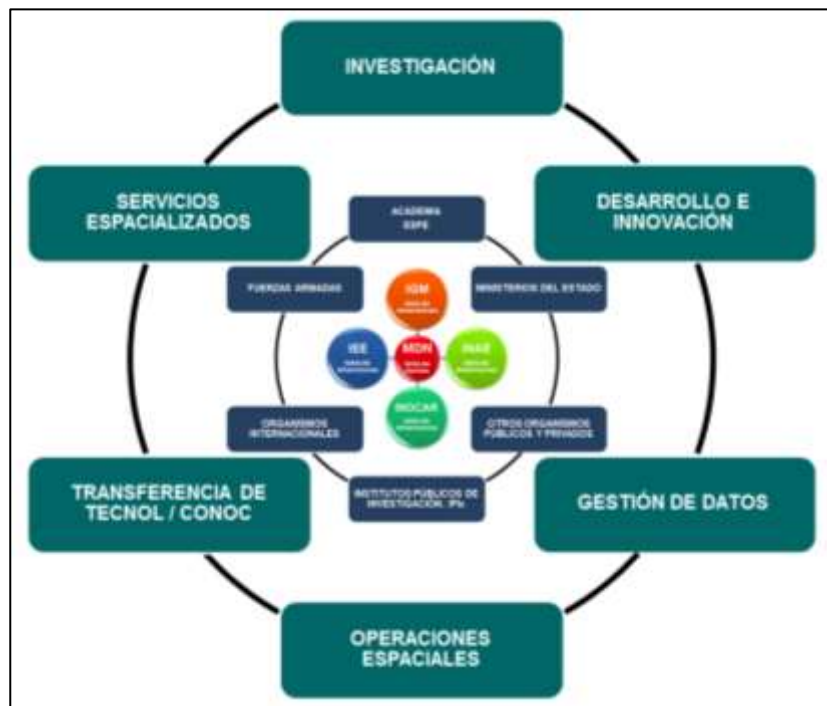


Diagrama III.05 Áreas de acción y competencia de la ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA

### 3. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS

Un Mapa de Procesos de una Organización, es la representación gráfica de los procesos gobernantes, agregadores de valor y habilitantes tanto de apoyo como de asesoría que se identifican en una organización y que demuestran su interrelacionamiento. Es una secuencia de actividades para alcanzar objetivos o resultados. (Ver <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1376/4/T-ESPE-026798-3.pdf>). Para realizar el mapa de Procesos, es necesario identificar y agrupar todos los procesos que integran la organización y clasificarlos de conformidad a su grado de contribución al cumplimiento de la misión. Para esto se utilizará el ciclo universal de Gestión, encuadrado en el Modelo de Excelencia y Normas de Gestión (Premio Malcom Baldrige USA-Ecuador).

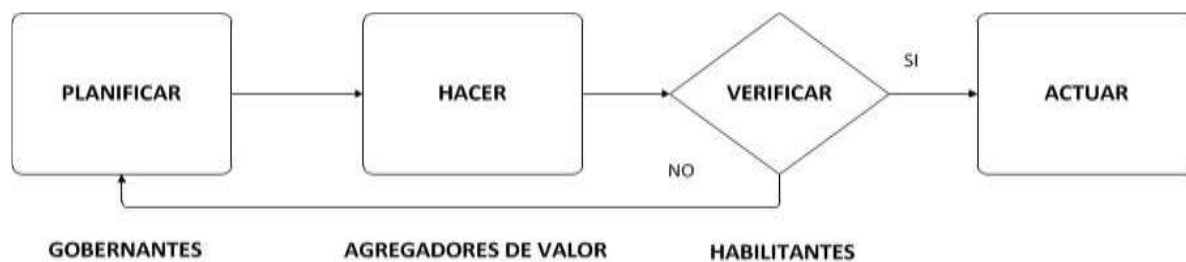


Diagrama III.06 Ciclo Universal de Gestión por Procesos, usando diagramas con estándar ANSI

#### A. PROCESOS GOBERNANTES

También llamados de gobierno, gobernadores, estratégicos, de dirección, de regulación o de gerenciamiento, son los responsables de emitir políticas, directrices y planes estratégicos para el funcionamiento de la institución; proporcionan pautas de acción para los demás procesos y son realizados por la dirección general o en nombre de esta.

#### B. PROCESOS AGREGADORES DE VALOR

También llamados específicos, principales, productivos, claves o sustantivos, de operación, de producción, institucionales, primarios. Son los responsables de generar productos o servicios que responden a la razón de ser de la institución a su misión y objetivos estratégicos, se refieren a los procesos de la cadena de valor realizados mediante actividades esenciales y tienen impacto en el cliente creando valor para éste.

#### C. PROCESOS HABILITANTES

Se clasifican en procesos habilitantes de asesoría y los procesos habilitantes de apoyo, estos últimos conocidos como sustento, de soporte, de staff o administrativos. Son responsables de brindar productos de asesoría y apoyo logístico para generar el portafolio de productos institucionales demandados por los procesos gobernantes, agregadores de valor y por ellos mismos. Los procesos tienen una jerarquía basada en etapas o pasos, macroprocesos, procesos, subprocesos, actividades y tareas. Una vez determinada la jerarquía de procesos, se desarrolla el MAPA DE PROCESOS considerando el área de acción y competencia de la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana). Existen 4 técnicas para modelar procesos (1. Cadena de valor, 2. Modelamiento IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling), 3. Diagrama de Bloques y 4. Flujo Funcional ANSI (American National Standards Institute)).

Para el presente proyecto la técnica de Cadena de Valor se adapta de manera precisa, en razón de que, en una ESTRUCTURA ESPACIAL, por el tamaño de sus competencias en su relacionamiento, se deben diagramar los macroprocesos materializados en un MAPA DE PROCESOS. (Ver ESPE, 2012, Implementación de la Gestión de Procesos, UDI. Unidad de Desarrollo Institucional).



Diagrama III.07 Mapa de procesos de la Estructura Espacial Ecuatoriana (se considera la jerarquía).

Para implementar en la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) un MAPA DE PROCESOS, se debe realizar una transformación a un ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL, donde a través de una representación gráfica, se visualiza la formación departamental, con relaciones jerárquicas y competencias de vigor; lo que permite tener una idea uniforme y sintética, permitiendo con esto presentar elementos de autoridad, los niveles de jerarquía y la relación entre ellos. (Ver ESPE, 2012, Implementación de la Gestión de Procesos, UDI. Unidad de Desarrollo Institucional).

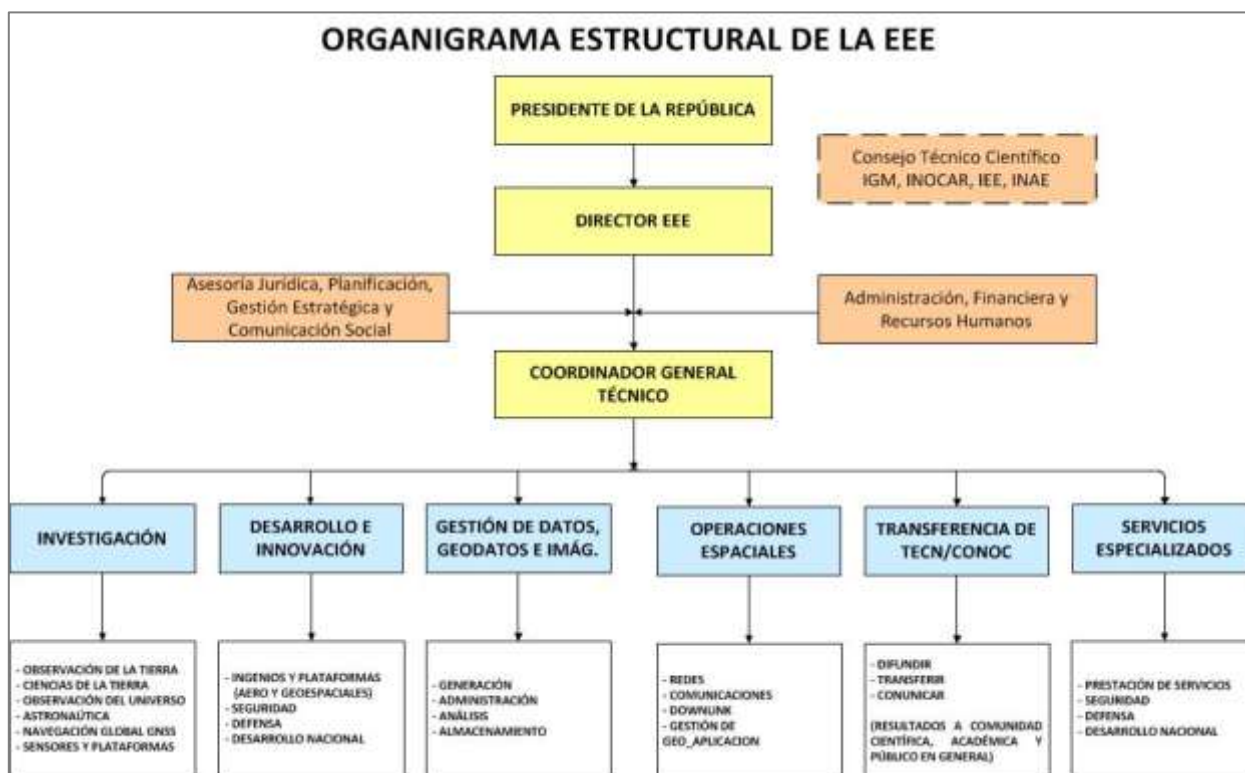


Diagrama III.08 Organigrama Estructural de la EEE. Se diferencia la jerarquía, gobernante, agregador de valor y habilitante

### 4. DELIMITACIÓN DE ÁREAS EN FUNCIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO


ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	Rayos Gamma	Rayos-X	Ultravioleta	Espectro Visible	Infrarrojo	Microondas (radar / radio TV)
<b>TAMAÑO REFERENCIAL</b>	Partículas Sub Atómicas	Átomos y moléculas de agua	Virus	Bacterias	Células	Grosor de papel - campo de fútbol
 <p>1. INVESTIGACIÓN, 2. DESARROLLO E INNOVACIÓN, 3. GESTIÓN DE DATOS, 4. OPERACIONES ESPACIALES, 5. TRANSF.TECNOL / CNTO, 6. SERVICIOS ESPECIALIZADOS</p>	Rayos cósmicos, astronomía de altas energías, materiales radiactivos (bombas), desechos peligrosos, espectroscopia (astrofísica y cosmología), contaminación ambiental, medicina (esterilización de equipo médico), radioterapia, extirpación de bacterias e insectos	Rayos-x (medicina), tecnología de seguridad (detección de objetos), detección de radiactividad, estructura bases amorfas, análisis de patrones (suelos, química, bioquímica, mineralogía, geología, arqueología), análisis radiológico, espectroscopia (astrofísica y cosmología)	Capa de Ozono, solmáforo, telescopio en transbordadores espaciales (exploradores ultravioletas), detección de gas y fuegos, esterilización, trampas ultravioleta, capa de ozono, espectrofotometría	Todo lo visible a la luz, sensores remotos (ópticos), observación de la tierra, seguridad nacional, óptica geométrica, vegetación, estudios de la biosfera, gases efecto invernadero, espectrofotometría	Visión nocturna, observación de la tierra (temperatura), telecomunicaciones, astronomía infrarroja, radianza espectral, vegetación, riesgos, desastres naturales y espectroscopia infrarroja	Sensores remotos (radar), bioimagen, radio frecuencia, sonares, guerra electrónica y comunic., interferometría radar, detección de agua, meteorología, radioastronomía, huracanes, veloc. viento y radioastronomía
	ASTRONOMÍA, MEDICINA, DETECCIÓN DE BOMBAS	ASTRONOMÍA, MEDICINA, GEOLOGÍA, RADIATIVIDAD	ASTRONOMÍA, MEDICINA, LED. LUZ, DETECCIÓN DE GAS Y FUEGOS	ASTRONOMÍA, OBSERVACIÓN DE LA TIERRA, CIENCIAS DE LA TIERRA.	ASTRONOMÍA, OBSERVACIÓN DE LA TIERRA, CIENCIAS DE LA TIERRA, COMUNICACIONES, DETECCIÓN DE MOVIMIENTO Y VISIÓN NOCTURNA	ASTRONOMÍA, OBSERVACIÓN DE LA TIERRA, CIENCIAS DE LA TIERRA, MEDICINA, INDUSTRIA, COMUNICACIONES, RADIO FRECUENCIA
<b>ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO</b>	<b>Rayos Gamma</b>	<b>Rayos-X</b>	<b>Ultravioleta</b>	<b>Espectro Visible</b>	<b>Infrarrojo</b>	<b>Microondas (radar / radio TV)</b>
<b>ORGANISMO RECTOR</b>						
MDN. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL	1	1	1	1	1	1
<b>INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN DE LA DEFENSA</b>						
IGM. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (tierra)	0	1	0	1	1	1
INOCAR. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA (mar)	0	0	0	1	1	1
IEE. INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO (espacio / plataf.)	1	1	1	1	1	1
INAE. INSTITUTO ANTÁRTICO ECUATORIANO (int. nacionales)	0	1	1	1	1	1
<b>ACADEMIA ESPE</b>						
ESPE / OTRAS UNIVERSIDADES	1	1	1	1	1	1
UNIVERSIDADES EXTRANJERAS	1	1	1	1	1	1
<b>MINISTERIOS DEL ESTADO</b>						
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES (rel. internacionales)	1	1	1	1	1	1
MINISTERIO DE FINANZAS (dinero)	1	1	1	1	1	1
MINISTERIO DE EDUCACIÓN (normalización)	1	1	1	1	1	1
MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUAC Y PESCA	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA	1	1	1	1	1	0
MINISTERIO DEL AMBIENTE	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DEL AMBIENTE	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DEL AMBIENTE	0	0	0	1	1	0
MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE	0	0	1	1	1	1
MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE	0	0	0	0	0	1
MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE	0	0	0	1	0	0
MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES	0	0	0	1	1	1
MINISTERIO DE COORD. CNTO Y TALENTO HUMANO (RRHH)	1	1	1	1	1	1
SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO (Planif.)	1	1	1	1	1	1
SECRETARÍA NACIONAL DE AGUA	0	0	0	1	1	1
SECRETARÍA NACIONAL DE AGUA	0	0	0	1	0	0
SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS	0	0	0	1	1	1
SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS	0	0	0	1	1	1
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (RRHH)	1	1	1	1	1	1
<b>OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS Y PRIVADOS</b>						
INSTITUCIONES PÚBLICAS NO VINCULADAS	1	1	1	1	1	1
INSTITUCIONES PRIVADAS NO VINCULADAS	1	1	1	1	1	1
<b>INSTITUTOS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN IPIs</b>						
INGENMA. INST. DE INVEST. GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO	0	1	0	1	1	1
INGENMA. INST. DE INVEST. GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO	0	0	0	0	1	0
INAMHI. INST. NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA	0	0	0	1	1	1
INAMHI. INST. NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA	0	0	0	0	1	1
INAMHI. INST. NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA	0	0	0	1	0	1
INAMHI. INST. NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA	0	0	0	1	1	1
INP. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA	0	0	0	1	1	1
INIAP. INST. NACIONAL AUTÓNOMO DE INVEST. AGROPECUARIA	0	0	0	1	1	1
INH. INST. NACIONAL DE HIGIENE Y MEDICINA TROPICAL	0	1	1	1	1	0
INCP. INST. NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL	0	0	0	1	1	1
INER. INST. NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES	0	0	0	1	1	1
INER. INST. NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES	0	0	0	0	0	1
INER. INST. NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES	0	0	0	1	0	1
<b>ORGANISMOS INTERNACIONALES</b>						
ORGANISMOS INTERNACIONALES DE DE INVESTIGACIÓN	1	1	1	1	1	1
ORGANISMOS INTERNACIONALES DE FORMACIÓN Y PERFECC.	1	1	1	1	1	1
ORGANISMOS INTERNACIONALES DE APOYO	1	1	1	1	1	1
<b>FUERZAS ARMADAS</b>						
EJÉRCITO (FEJT) (tierra)	1	1	1	1	1	1
MARINA (FEFN) (mar)	1	1	1	1	1	1
AVIACIÓN (FAE) (aire)	1	1	1	1	1	1
	IGM. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR					
	INOCAR. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA					
	IEE. INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO					
	INAE. INSTITUTO ANTÁRTICO ECUATORIANO					
	APOYO TRANSVERSAL A LAS ANTERIORES INSTITUCIONES					

Tabla III.07 Delimitación de Áreas en función de las bandas del espectro electromagnético.

Una vez definida, la cadena de valor de la EEE, su organismo matriz (MDN), las Instituciones base (IGM, INOCAR, IEE, INAE) y todas las de apoyo (academia/ESPE, Ministerios del estado, institutos de investigación, otros organismos públicos y privados, organismos internacionales y Fuerzas Armadas); en función a la división del espectro electromagnético (rayos gamma, rayos-x, ultravioleta, espectro visible, infrarrojo, microondas), se realiza una valoración cuyo patrón a seguir es la misión y objetivos de cada Instituto, delimitando con esto la competencia de cada uno.

Este trabajo es parte del proceso de desarrollo del modelo de gestión, y su necesidad es absoluta en razón de que existe en algunos casos, sobreposición de competencias y desarrollos aislados de objetivos, que producen desfases técnicos institucionales y evitan un avance progresivo de una correcta planeación, tal y como lo hacen varios países en sus planes nacionales espaciales.

Todas las investigaciones, proyectos de inversión, de investigación, desarrollo e innovación, bajo este esquema serán llevadas con absoluta coordinación y control, garantizando con esto el cumplimiento de los objetivos, en forma, fondo y tiempo.



**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

#### **CAPÍTULO IV. CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E), Y DESCENTRALIZADO EN UNA RED DE SITIOS REMOTOS (AREAS FUERTES O SUCURSALES SEGURAS).**

### **1. ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN INTEGRAL DE UN SISTEMA DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E. Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias) COMO HERRAMIENTA DE APOYO AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES DE LA EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA / CENTRALIZACIÓN**

#### **A. DOCTRINA DE MANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS**

El propósito es personalizar y adaptar la doctrina de un Centro de Mando y Control tipo C4ISR (Comando Control Comunicaciones Computadoras Inteligencia Seguridad y Reconocimiento), a la realidad y necesidad ecuatoriana C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias); fortaleciendo el eje de la GESTIÓN DE RIESGOS Y AYUDA AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES, como parte integrante de una ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA, cuyo objetivo es normar, controlar, estandarizar, aunar esfuerzos, y ser generadora de ciencia y tecnología, en el contexto de las ciencias de la Tierra y del Espacio, Observación de la Tierra / Universo, y desarrollo tecnológico de Ingenios. Todo esto sustentado en el Plan del buen vivir, apoyando a los ejes fundamentales (Transferencia de Conocimiento, Transferencia de Tecnología y Cambio del Matriz Productiva).

#### **B. ELEMENTOS DEL SISTEMA C4E (Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias)**

##### **1) C2. COMANDO Y CONTROL**

El C2 (Comando y Control) es el ejercicio de la autoridad y dirección, que tiene una persona o un grupo de personas, sobre el empleo lógico y racional de medios y procedimientos que se disponen para planificar, dirigir, coordinar y controlar todo el proceso de GESTION DE RIESGOS denominado EMERGENCIAS.

El punto más importante es que un C2 es totalmente dinámico, porque la información fluye en forma vertical y horizontal, haciendo de esto que la toma de decisiones sea de manera rápida y oportuna. La reducción del tiempo de incertidumbre en una situación de amenaza natural denominado en nuestro país MULTIAMENAZA (Cambios Climáticos, Deslaves, Erupciones Volcánicas, Incendios Forestales, Inundaciones, Sequía, Sismos, Aguajes y Tsunamis) es uno de los objetivos fundamentales del proceso de comando y control.

En la planificación, desde que se recibe la información, hasta que se ejecuta la acción, debe tomarse en cuenta tres tipos de decisiones, de INFORMACIÓN, ORGANIZACIONALES Y OPERACIONALES. (Ver Manual de Sincronización Conjunta de Fuerzas Americanas, EEUU, 2012, DoD).

- **DECISIONES DE INFORMACIÓN:** Dedicada a dar toda la información disponible en apoyo a la toma de decisiones. Muchas veces la información será ambigua, voluminosa, incompleta, conflictiva y con errores, por lo que es necesario siempre contar con anticipación con una línea base de predicción, que pueda en su momento ser validada por el evento a enfrentar.
- **DECISIONES ORGANIZACIONALES:** Dedicada a crear o modificar la estructura. Apoyan la toma de decisiones por medio de la identificación de las organizaciones orientadas a la obtención y estructuración del flujo de información (es decir acceder a toda la información existente y disponible). Estas decisiones desarrollan la habilidad para reaccionar ante situaciones cambiantes y estímulos externos.
- **DECISIONES OPERACIONALES:** Tienen que ver con el curso de acción que se va a adoptar, basado en las decisiones anteriores, sin embargo el curso de acción siempre estará basado en hipótesis ante situaciones de multiamenazas.

La sincronización estará directamente relacionada al Centro de Comando y Control (C4E) y a la Red de Sitios Remotos (nodos o áreas fuertes) distribuidos en todo el país; causando un correcto despliegue de medios, obtención de geoinformación y tiempo corto de respuesta, en la evaluación y toma de decisión al enfrentar una emergencia (multiamenaza). Con esto maximizamos los efectos en beneficio de la población y superamos las capacidades individuales.

**2) (C2+C=C3+C=C4). COMANDO (Toma de decisión), CONTROL (Interconexión de sitios remotos o sucursales seguras), COMUNICACIONES (Comunicaciones y redes informáticas) y COMPUTADORAS (Medios para el procesamiento)**

Para definir el significado de C3 diremos que “C. Comando” significa autoridad. El “C2. Comando y Control” proceso utilizado para planificar, dirigir, coordinar y controlar, medios y acciones. El “C3 y C4. Comando, Control, Comunicaciones y Computadoras” Constituye el flujo de Comando y Control apoyado totalmente en la estructura de Comunicaciones, redes y medios informáticos.

Los sistemas C4 facilitan la ejecución del comando y control y las funciones de apoyo. Para realizar esto, se debe asegurar un intercambio de información rápida y confiable a través de una cadena de toma de decisiones, distribuida en todo el país a través de nodos o sitios remotos. Así los procedimientos de operación y protocolos informáticos deben ser estandarizados de manera que permitan un eficiente intercambio de información y disposiciones. Esta estandarización de procedimientos facilita el intercambio de información y permite a los sistemas operar en forma rápida y segura en un tiempo programado y según los requerimientos de la magnitud del evento natural. La introducción de información automatizada y el equipamiento de sistemas, incrementan la necesidad de la compatibilidad de los equipos y la estandarización de procedimientos. Estos deben ser capaces de intercambiar información entre todos los sitios remotos o nodos de la red, mismo proceso tomará el nombre de INTEROPERABILIDAD.

La capacidad de los sistemas de comando y control se ha visto incrementada con los adelantos tecnológicos en las áreas de comunicaciones e informática, al ofrecer a éstos una serie de nuevas posibilidades de transmisión y recepción de información a altas velocidades con bajas tasas de error, seguimiento del evento en tiempo real, automatización de diversas funciones y procesamiento de grandes volúmenes de información. Las comunicaciones están constituidas por los medios radioeléctricos, personal, procedimientos e infraestructura que permite la transmisión de información (receptor - transmisor), entre los diferentes sitios remotos, sensores y sistemas, con el propósito de contar con la información necesaria para tomar decisiones oportunas y adecuadas.

La finalidad de un sistema de comunicaciones es la de facilitar la conducción, proporcionando al equipo de decisión las informaciones exactas, actualizadas y correctamente interpretadas sobre la situación de la emergencia, de tal forma que éste pueda tomar decisiones adecuadas, asegurando el empleo de los recursos necesarios en el momento preciso y con la intensidad adecuada.

Las comunicaciones (C3) y sus medios de transmisión-recepción (computadoras) (C4) constituyen el sistema nervioso, por ello deberá tenerse presente la relación entre las capacidades y el diseño, a fin de asegurarse su funcionamiento durante la Emergencia. Un aspecto importante a considerar son las distancias geográficas, entre los sitios remotos; mismas aumentan las dificultades en la continuidad y eficiencia de las comunicaciones, pudiendo con esto afectar o entorpecer la continuidad del enlace de la red.

Si bien es cierto el término Computadoras en este sistema está referido a todo aquello que tiene relación con la automatización de procesos realizados en complejos equipos computacionales, no es menos cierto que en la actualidad, esta guarda una estrecha relación con las comunicaciones, al punto que éstas han pasado a depender de su campo de acción. El sistema de mando y control estará formado por una red de área local (RAL) y una red de área extensa (RAE), las cuales pueden recibir información en tiempo real u obtener información de las bases de datos de acuerdo a sus particulares requerimientos (Configuración del Sistema de Computadoras de Comando y Control).

- **RAL (RED DE ÁREA LOCAL):** Permite realizar el procesamiento distribuido dentro del área de decisión, asegurando la integración de las informaciones, procesando datos, proporcionando herramientas de análisis, almacenando información, presentándola en forma geográfica y/o transmitiéndola a los diferentes sitios de decisión, sistemas mayores, vecinos y/o subordinados. (Ver Doctrina C3I2, CCFFAA, 2010)
- **RAE (RED DE ÁREA EXTENSA):** Tienen por finalidad implementar las comunicaciones a larga distancia, dentro del área afectada y fuera de ella, empleando para esto redes distribuidas. (Ver Doctrina C3I2, CCFFAA, 2010).

Una vez establecida la configuración del sistema C4, se determina su arquitectura, misma estará basada en SISTEMAS CERRADOS O PROPIETARIOS (pueden ser integrados con equipos de su misma familia) y SISTEMAS ABIERTOS (permiten integrar diferentes software y equipos). Estos últimos son la base para la INTEROPERABILIDAD de los equipos y redes, por ello se está migrando de los sistemas propietarios hacia estructuras modulares de sistemas abiertos. (Ver Organización de Estándares Internacionales, ISO).



Tabla IV.08 NIVELES DE REFERENCIA. Arquitectura estratificada del modelo de referencia ISA, en el cual se establecen los diferentes niveles.

La definición de sistemas abiertos es realizada por la Organización de Estándares Internacionales (ISO) a través del modelo de referencia de “interconexión de sistemas abiertos” (ISA), en el cual se establecen 7 capas que agrupan funciones similares, a fin de definir niveles de referencia independientes, con interfaces que permiten la comunicación entre ellas, de tal forma de independizar los desarrollos en las diferentes tecnologías de las aplicaciones. (Ver Introducción a las Telecomunicaciones Modernas, Enrique Herrera, Editorial Limusa, 2008)

Las interfaces del modelo de referencia ISA proporcionan el conjunto de reglas que regulan las interconexiones de capas adyacentes a fin de que éstas puedan coordinar un funcionamiento conjunto y transferir datos entre los niveles.

La funcionalidad de cada una de las capas es la siguiente:

- **NIVEL 1. CAPA FÍSICA**  
Transmisión física de las señales digitales
- **NIVEL 2. CAPA ENLACE DE DATOS**  
Asegura la integridad de los datos, formando bloques o paquetes de datos
- **NIVEL 3. CAPA DE RED**  
Permite transferir los datos en forma transparente, seleccionando una dirección a través de la red
- **NIVEL 4. CAPA DE TRANSPORTE**  
Asegura los servicios de transferencia de datos de extremo a extremo
- **NIVEL 5. CAPA DE SESIÓN**  
Responsable por el control de la comunicación entre procesos de aplicación, en cuanto a su inicio, realización y término
- **NIVEL 6. CAPA DE PRESENTACIÓN**  
Interpreta los datos para la capa de aplicación
- **NIVEL 7. CAPA DE APLICACIÓN**  
Determina la naturaleza de la comunicación para satisfacer las necesidades del usuario

**NODOS:** Son elementos físicos que tienen la función de interconectar los diferentes dispositivos inteligentes y recursos informáticos en general dentro de una red, para formar así un sistema distribuido, interconectado, interactivo y compartido. Cada sitio remoto dentro de la red, tendrá un nodo.

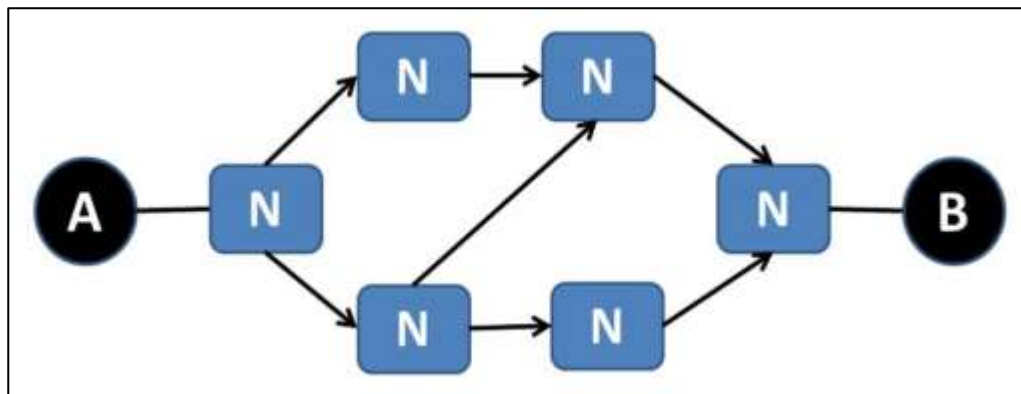


Diagrama IV.09 Nodos en una Red de Comunicaciones Informática. Por cada sitio remoto, un nodo.

El modelo de nodos se define a través del modelo de referencia ISA, donde está representado por las dos primeras capas (físicas y enlace).

La evolución de las comunicaciones en los sistemas informáticos se puede visualizar a través de los conceptos de SISTEMAS CENTRALIZADOS y SISTEMAS DISTRIBUIDOS

- **SISTEMAS CENTRALIZADOS:** Son aquellos en que la capacidad de procesamiento se realiza en un gran computador, al cual los usuarios tienen acceso a través de terminales locales remotos.
- **SISTEMAS DISTRIBUIDOS:** Son una configuración computacional en que la potencia de procesamiento se encuentra distribuida en las diferentes máquinas que componen el sistema

### 3) (C4+E=C4E). Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras y Emergencias (Alerta y Respuesta Temprana)

Emergencia es una situación fuera de control que se presenta por el impacto de un desastre. "Cualquier suceso capaz de afectar el funcionamiento cotidiano de una comunidad, pudiendo generar víctimas o daños materiales, afectando la estructura social y económica de la comunidad involucrada, y que puede ser atendido eficazmente con los recursos propios de los organismos de atención primaria o de emergencias de la localidad". (Ver Protección Civil Venezuela, 2014).

Se definen tres posibles estados de conducción que se producen en la fase de emergencia: PREALERTA, ALERTA Y ALARMA.

- **PREALERTA:** Estado que se establece en los organismos de respuesta ante la información sobre la posible ocurrencia de una emergencia.
- **ALERTA:** Período no anterior a la ocurrencia de un desastre, declarado con el fin de tomar precauciones generales, para evitar la existencia de posibles desgracias.
- **ALARMA:** Señal por medio del cual se informa a la comunidad para que sigan instrucciones específicas de emergencia debido a la presencia real o inminente de una amenaza.

## C. PRINCIPIOS DEL SISTEMA C4E

### 1) GENERALIDADES

El ambiente de las operaciones en una emergencia dentro del contexto de la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana), se caracteriza por un cambio rápido. La infoesfera tiene relación a la rapidez con que crece la red global de información, misma que es accesible desde cualquier parte y en cualquier momento.

Esta infoesfera provee un intercambio de información mundial automatizada que apoya a las decisiones organizacionales tendientes a la rápida intervención de los organismos de socorro.

### 2) PRINCIPIOS DE C4E

Para asegurar el flujo continuo del procesamiento de la información en una emergencia, la central y la red de sitios remotos deben cumplir con los siguientes principios:

- **INTEROPERABILIDAD:** Es la condición lograda entre los sistemas C4E, cuando la información y los servicios pueden ser intercambiados directa y satisfactoriamente entre ellos y sus usuarios. Para asegurar la interoperabilidad de los sistemas C4E, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- ✓ **COMUNIDAD:** Equipos y sistemas comunes, cada uno puede ser operado y mantenido por personal entrenado en los otros equipos sin entrenamiento especializado adicional.
- ✓ **COMPATIBILIDAD:** Capacidad de dos o más ítems o componentes de un equipo que puedan funcionar indistintamente en un sistema o entorno equivalente sin interferencia mutua, es decir que sean afines.
- ✓ **ESTANDARIZACIÓN:** Incluye aspectos de compatibilidad, interoperabilidad y comunidad. Tienes los siguientes objetivos, minimizar el incremento de dispositivos similares a fin de reducir las conexiones entre módulos, permitir la utilización de componentes o repuestos entre los módulos del sistema, y evita la duplicación innecesaria en la búsqueda y desarrollo de nuevas tecnologías.
- ✓ **ENLACE:** Es el contacto o comunicación mantenida entre los elementos que aseguran un entendimiento mutuo, un propósito y una acción.
- **FLEXIBILIDAD:** Es requerida para satisfacer situaciones cambiantes. Los sistemas flexibles permiten a los planificadores integrar más rápidamente todos los niveles de los sistemas C4E.
- **SEGURIDAD:** Involucra la protección técnica (dispositivos, terminales, medios de transmisión, control y manejo). Para lograr una protección integral dentro de un marco de emergencias, se debe incluir la seguridad física de las instalaciones, seguridad personal de los individuos autorizados, procedimientos y técnicas, alta probabilidad de interceptación, procedimientos de control, seguridad de la transmisión y de las comunicaciones, y seguridad de los computadores distribuidos en los diferentes sitios remotos.
- **REACCIÓN RÁPIDA:** Ante una situación de emergencia, el C4E debe responder instantáneamente a la demanda de información en el proceso de toma de decisión. Para esto, el sistema debe ser confiable, redundante y oportuna.
- **MOVILIDAD:** El flujo y procesamiento de la información horizontal y vertical debe ser continuo para apoyar el rápido despliegue y empleo de la defensa civil de ser el caso.
- **DISCIPLINA:** Los sistemas y recursos asociados de un C4E disponible para cualquier proceso de toma de decisiones, deben ser cuidadosamente usados para obtener el mejor beneficio. Esto asegura que no exista congestión.
- **SUPERVIVENCIA:** No es práctico ni económicamente factible hacer que todos los sistemas C4E tengan la misma capacidad de supervivencia, misma es lograda por medio de la aplicación de técnicas, tales como la dispersión, multiplicidad de comunicación y una gran protección para la energía eléctrica y sus instalaciones.
- **SOSTENIBILIDAD:** Apoyo continuo durante todo el proceso de la emergencia. Esto requiere el diseño y empleo económico del C4E, sin sacrificar la capacidad o supervivencia operacional.

### **3) CONSIDERACIONES ESPECIALES**

#### **- CONTROL Y MANEJO DEL SISTEMA C4E**

Los sistemas C4E que apoyan a las redes actuales y futuras operan a altas velocidades, por lo tanto no es nada fuera de lo común, que no haya tiempo o muy poco tiempo para la coordinación a través de los canales de decisión en una emergencia. La autoridad que

tomará la decisión final depende de los enlaces que proporciona la red y la flexibilidad que otorgan los centros nodales o sitios remotos, que deberán estar distribuidos en todo el país, y que tengas características en las áreas de seguridad, accesibilidad y transmisión en las comunicaciones.

El control general de la red debe facilitar el manejo técnico de la configuración y recursos del sistema, el control del rendimiento, el aislamiento de fallas, la seguridad y planificación, tomando en consideración el manejo adecuado del ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Partiendo del concepto que en un sistema de mando y control efectivo deben existir enlaces, procesamiento, pruebas, y todos los elementos que proporcionen flexibilidad y movilidad.

Durante épocas de crisis se debe explotar al máximo las bandas del espectro electromagnético, en apoyo al proceso de toma de decisiones, así como también es necesario realizar procesos de priorización de la información, logrando con esto una mejor reacción en una decisión crítica durante una emergencia. Se debe trabajar sobre esquemas de seguridad de la información y seguridad física, detección de fallas, aislamiento, saltos redundantes, y reacción a incidentes para restaurar la información.

## **D. INTEGRACIÓN DE LAS FUNCIONES DE APOYO AL C4E**

### **1) LOGÍSTICA**

Es el conjunto de actividades relativas a la previsión y provisión de los medios necesarios, para la realización de las acciones impuestas por las estrategias nacionales de seguridad y desarrollo. Tan pronto sean definidas las acciones estratégicas, les compete a los órganos logísticos realizar la apreciación, evaluación de daños y análisis de necesidades. Estos trabajos se desarrollan en una coyuntura dinámica y normalmente se desdoblan en un planeamiento logístico a corto y mediano plazo cuando se trata de enfrentar una hipótesis de crisis, y a largo plazo cuando se trata de un proceso de reconstrucción.

La naturaleza de la emergencia, no altera el sistema del trabajo logístico, tiene el mismo tratamiento respecto a la determinación de necesidades, obtención y distribución de los medios, entonces solo un enfoque sistemático y doctrinario, permitirá que el planeamiento de las actividades logísticas sea ejecutado desde dos puntos de vista: Uno, de CARÁCTER NACIONAL (logística nacional) que trata de prever y proveer los medios para enfrentar una emergencia de escala nacional; y la otra de CARÁCTER PUNTUAL (logística específica) que trata de colocar un núcleo organizado que pueda enfrentar la emergencia a este nivel, es decir opera un sitio remoto, y no la red en conjunto dirigida por la central C4E.

Para atender las acciones estratégicas impuestas por la estrategia nacional en una emergencia de grandes magnitudes, la logística nacional, obtiene medios necesarios dentro de la capacidad del poder nacional. Cuando se impulsa en forma acelerada la utilización de medios adicionales, que la logística nacional no la pueda cubrir, le corresponderá al Gobierno tomar medidas extraordinarias que vengan a solucionar el problema.

### **2) PERSONAL**

La función de personas tiene fundamental importancia dentro de la formulación y aplicación del C4E porque permite un control permanente de la información del recurso humano con que cuentan el centro de mando y control principal y sus correspondientes sitios remotos. La interrelación que la función de personal tiene con las otras funciones es el permanente cruce de información a fin de realizar el trabajo integral de planificación que permita la coordinación de todos los componentes con la información que puedan aportar en apoyo al proceso de toma de decisiones.

## E. ESTRUCTURA GLOBAL DEL SISTEMA C4E

### 1) ANTECEDENTES

El adelanto tecnológico de los últimos tiempos, ha ocasionado que el hardware computacional proporcione una elevada capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos a costos relativamente bajos. El software de desarrollo presenta también excelentes perspectivas de aplicación de alto performance y presentación, igualmente la tecnología en comunicaciones y procesamiento de geodatos, ha tenido una evolución importante. Estas tecnologías facilitan el desarrollo de un sistema C4E que resulta prioritario e indispensable para garantizar el proceso de apoyo a la toma de decisiones. En una EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) se presentan todas las circunstancias que justifican el desarrollo e implementación de un sistema C4E por las siguientes condiciones:

- Presupuesto
- Costo elevado
- Generación de geoinformación
- Tecnología Computacional, redes, comunicaciones y procesamiento disponible
- Elemento humano capacitado

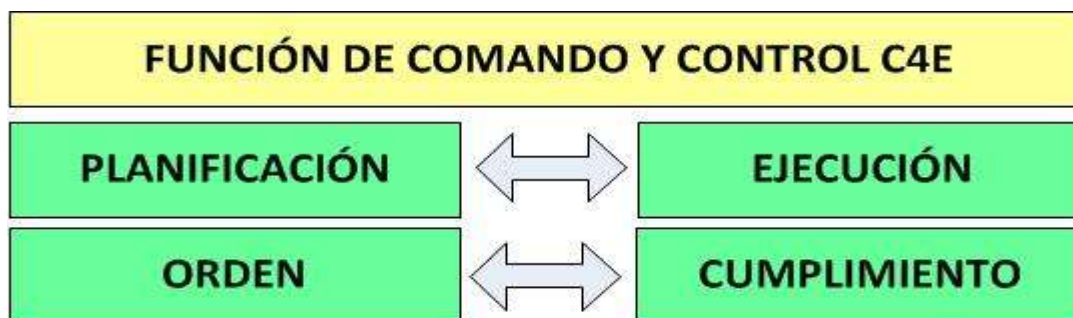


Diagrama IV.010 Función de Comando y Control C4E

El sistema C4E proporcionará a los diferentes niveles de toma de decisión, la información precisa y oportuna (información alfanumérica, estadísticas, cartas de situación, gráfica automatizada en tiempo real, altas resoluciones, modelamiento, simulación, entre otros) proporcionando con esto la posibilidad de comparar lo planificado con lo ejecutado, lo ordenado con lo cumplido y así efectuar los análisis y correctivos necesarios en el proceso de una emergencia. (Función de Comando y Control).

### 2) DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA C4E

Dentro del marco general de la sistematización se puede distinguir dos campos de acción: el ADMINISTRATIVO y el OPERATIVO.

El C4E será un sistema de información compuesto por personal, software, equipos de cómputo, comunicaciones, sensores y procedimientos, cuya finalidad es proporcionar capacidad de geoinformación y comunicaciones, para facilitar la toma de decisiones apropiadas, y controlar su cumplimiento, tanto en la eventualidad e inclusive en la simulación, para propósitos de entrenamiento o planificación.

### 3) ANÁLISIS DE SISTEMA C4E

Una vez determinado que el sistema C4E será automatizado, es decir que interactúa o es controlado por computadores, estará constituido por los siguientes componentes:



- a. **HARDWARE:** Los procesadores, discos, terminales, impresoras, sensores, plataformas, equipos (gps doble frecuencia, scanner superficie, resistivímetros, georadares, drones), planares, etc.
- b. **SOFTWARE:** Sistemas operativos, sistema de bases de datos, lenguajes de programación, procesadores de aplicaciones, sistemas de información geográfica, procesadores de imágenes de satélite, diseño asistido por computadora, interfaces de usuario gráficas, programas de control de telecomunicaciones, todos estos interrelacionados con la aplicación de mando y control.
- c. **PERSONAL:** Los que operan el sistema, los que proveen geoinformación de entrada, y los que utilizan geoinformación de salida. Para cuyo efecto deberá haber un proceso de entrenamiento periódico y rotativo de personal en todas sus categorías, desde los niveles ejecutivos, hasta los de operación y soporte técnico del sistema.
- d. **GEODATOS:** Constituye la geoinformación que ingresa, procesa y sale del sistema.
- e. **PROCEDIMIENTOS / ACCIONES:** Las políticas formales, normas, flujos de información e instrucciones de operación del sistema.

#### 4) NIVELES DE CONDUCCIÓN DE LA EMERGENCIA

El C4E para enfrentar una situación de crisis o emergencia natural (multiamenaza) tendrá la siguiente estructura:



Diagrama IV.011 Niveles de Conducción de la Emergencia (base número de polígonos de Voronoi)

#### 5) ESTRUCTURA DEL SISTEMA C4E

La EEE (Estructura Espacial del Ecuador), tendrá su centro de mando y control C4E, en el MDN (Ministerio de Defensa Nacional), con la información estratégica, operativa, y táctica.

El sistema se estructurará como una cooperación (integración) de células o celdas computacionales, que operando juntas ejecutan la función total o parcial del mismo. Todas las

células del sistema están en capacidad de ejecutar la función requerida localmente e inclusive el rol de otra célula de acuerdo a los requerimientos y capacidad que deberán ser definidos en el diseño detallado del sistema. Esta estructura de células computacionales con autonomía funcional persigue la ventaja de que el sistema C4E podría perder una o más células, y deberá continuar funcionando, puede ser en forma más lenta o menos exacta, pero de ninguna forma ocasionará la caída total del sistema. Además las diferentes células deberán tener la capacidad de adaptarse a los cambios de situación tales como: ubicación geográfica, adición o supresión de sitios remotos y medios, desastres, entre otros.

Otra característica de la estructura del sistema es que deberá operar completamente con un mecanismo de control informático descentralizado, ya que de otra forma en una emergencia o desastre, o una falla propia, de la central de dirección, quedaría todo el sistema fuera de servicio.

Este sistema servirá en forma general para planificar, conducir, dirigir, supervisar, controlar, administrar y simular, cualquier acción vinculada a una emergencia o de acuerdo a la meta que la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana) así lo determine.

La interconexión estará computacionalmente dada de acuerdo a la Estructura Espacial Ecuatoriana, y sus correspondientes áreas de acción; pudiendo ser esta información solo de recepción o transmisión/recepción dependiendo de la situación, que los organismos de toma de decisión así lo planifique.

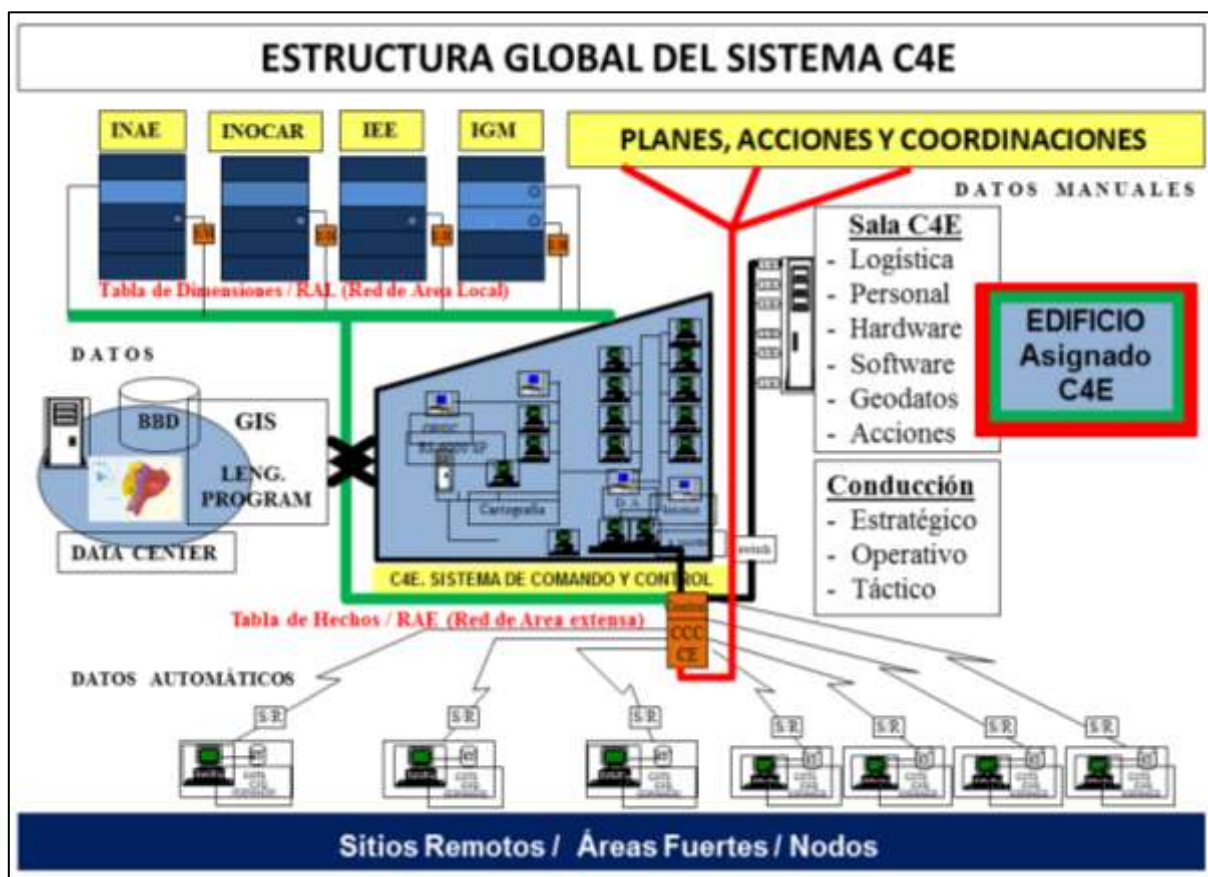


Diagrama IV.04 Estructura Global del Sistema C4E de la EEE

ESTRUCTURA GLOBAL DEL SISTEMA C4E DE LA EEE

(Anexo CAPT.IV.01)

## 6) FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA C4E

De acuerdo a las políticas y directivas emanadas por el nivel gubernamental, a través de la EEE (Estructura Espacial Ecuatoriana), se realizarán los planes de emergencias, y otros en el ámbito GEOESPACIAL, mismo constituirán el “DATA ENTRY” del sistema de comando y control C4E. El C4E mantendrá informado a la EEE de toda la situación del país, mediante la visualización gráfica directa y “BRIEFINGS”. Adicional irá cubriendo un espectro multitemporal del proceso, para poder proyectar futuros eventos; así como a través de PROYECCIÓN Y VINCULACIÓN tratará de trabajar en equipo con una red de países que se encuentren en apoyo directo a indirecto a este tipo de multiamenazas.

La información básica inicial, podrá llegar al sistema mediante sistemas informáticos o electrónicos, redes, fuentes especiales, reportes de rutina, medios de comunicación, misiones específicas, apoyo nacional e internacional; alimentando con esto la gran base de datos concentrada en el C4E y visualizando en el “DISPLAY” de comando y control.

## 2. METODOLOGÍA (MODELO MULTICRITERIO) PARA EL DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE UNA RED DE SITIOS REMOTOS QUE APOYEN A LOS PROCESOS DE ALERTA Y RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS. / DESCENTRALIZACIÓN

Es de vital importancia destacar que la metodología a usar en el desarrollo de un MODELO CARTOGRÁFICO para el diseño de un sistema de comando y control para emergencias C4E, materializado con una Red de Sitios Remotos, Sucursales Seguras o Áreas Fuertes, mismo no ha sido desarrollado o materializado en una norma internacional. Por esta razón y basados en el proceso de Toma de Decisión, modelo Delphi y Redes Geodésicas, se construyó un propio esquema para el modelo cartográfico, al cual se lo denominó MODELO MULTICRITERIO. En este análisis se trabaja con las siguientes especificaciones técnicas:

INFORMATION VECTOR	
Data Type	Shapefile Feature Class
Shapefile	CE_TESIS\RED_FM\MODELO_\SHP
Geometry Type	Polygon
Coordinates have Z values	No
Coordinates have measures	No
Projected Coordinate System	WGS_1984_UTM_Zone_17S
Projection	Transverse Mercator
False Easting	500000,00000000
False Northing	10000000,00000000
Central Meridian	-81,00000000
Scale Factor	0,99960000
Latitude_Of_Origin	0,00000000
Linear Unit	Meter
Geographic Coordinate System	GCS_WGS_1984
Datum	D_WGS_1984
Prime Meridian	Greenwich
Angular Unit	Degree
INFORMATION RASTER	
Columns and Rows	1239,1303
Number of bands	1
Cell Size (X, Y)	500,500
Uncompressed Size	1,54 MB

Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	Unsigned integer
Pixel Depth	8 bit
Nodata Value	3
Colormap	Absent
Piramids	Level: 3, resampling: Nearest Neighbor
Compression	None
Mensuration Capabilities	Basic
Status	Permanent
<b>SPATIAL REFERENCE</b>	
Spatial Reference	WGS_1984_UTM_Zone_17S
Linear Unit	Meter (1,00000000)
Angular Unit	Degree (0,0174532925199433)
False_Easting	500000
False_Northing	10000000
Central Meridian	-81
Scale_factor	0,9996
Latitude_of_Origin	0
Datum	D_WGS_1984

Tabla IV.02 Especificaciones Técnicas para el desarrollo del modelamiento en GIS. (VECTOR Y RASTER)

Los parámetros de modelado y análisis multicriterio están estructurados de la siguiente manera:

### A. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE ACCESIBILIDAD

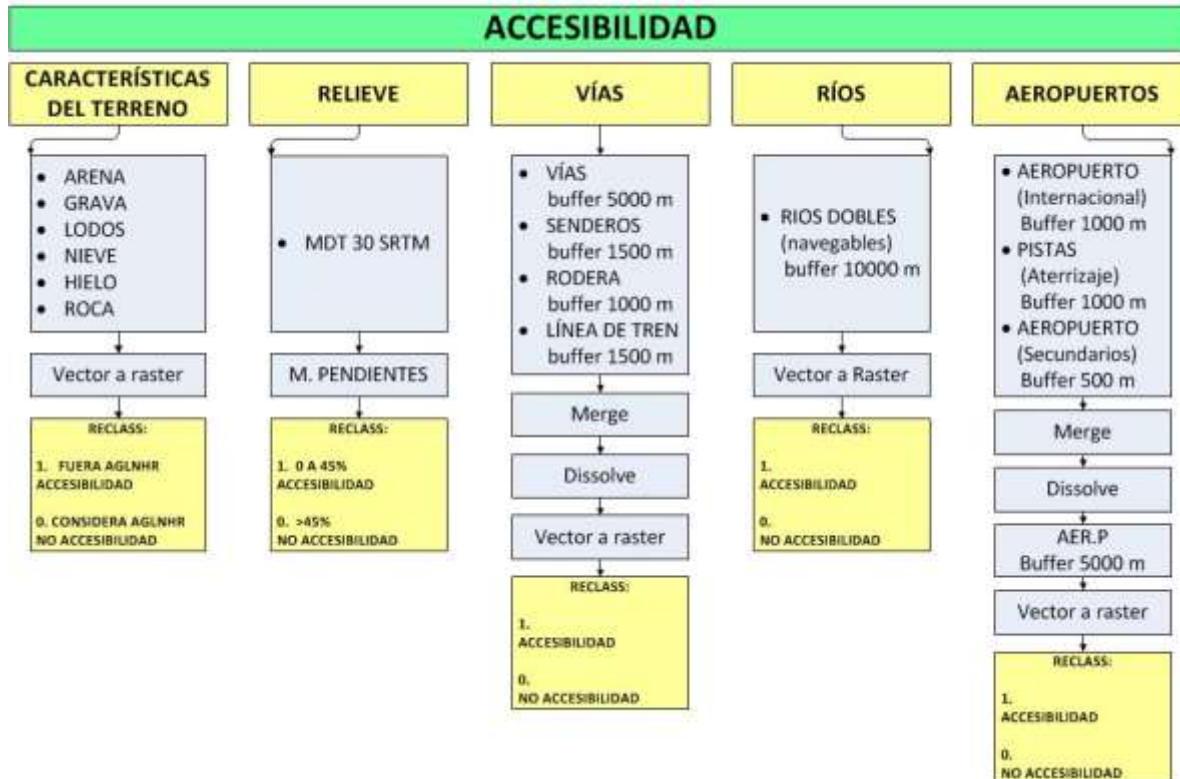


Diagrama IV.05 Modelo de ACCESIBILIDAD desarrollado a partir del MODELO MULTICRITERIO

Un sitio remoto es accesible si las características del terreno, relieve, vías, ríos y aeropuertos, son las más adecuadas para poder trasladarse hacia el mismo, sea por medio aéreo, terrestre o fluvial, considerando inclusive llegar con tramos a pie (no muy extensos) una vez efectuado el desembarque.

## **1) METADATOS DE ACCESIBILIDAD**

### **a. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO** (Anexo CAPT.IV.02)

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

Justificación de selección de material: De acuerdo a análisis geológico del componente de Geodinámica Externa del IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), se determina como una afectación a la transitabilidad el tipo de material siguiente: arena, grava, lodos, nieve, hielo y roca.

### **b. RELIEVE** (Anexo CAPT.IV.03)

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

Justificación: Las pendientes se obtienen a partir del MDT de 30m. La toma de pendientes de >45 % para no accesibilidad está basado en manual de Marchas y Estacionamientos de FFAA.

### **c. VÍAS** (Anexo CAPT.IV.04)

Fuente: IGM – MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

Justificación: En cuanto a vías se realizó una clasificación, en función de su movilidad (vías\_tránsito vehicular, senderos y líneas de tren\_tránsito de asémilas y trenes, y roderas\_tránsito a pie), de acuerdo a la investigación desarrollada por el componente de zonas productivas (esfuerzo del campesino en el Ecuador para sacar producción) se llega a determinar que sus niveles de accesibilidad a las vías están en función de 5000 m, 1500 m y 1000 m respectivamente.

### **d. RÍOS** (Anexo CAPT.IV.05)

Fuente: IGM – INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

Justificación: En cuanto a los ríos, se clasificó entre navegables y no navegables, perfectamente determinados en las bases de datos fundamentales, y al igual que las vías, pero con accesibilidad en embarcaciones, se determina que el grado de penetración hacia la navegación es el doble que en tierra (10000 m).

### **e. AEROPUERTOS** (Anexo CAPT.IV.06)

Fuente: DAC (Dirección de Aviación Civil)

Justificación: En cuanto a aeropuertos la base de datos identifica tres tipos (internacionales, pistas de aterrizaje y secundarios). La Dirección de Aviación Civil caracteriza como área del aeropuerto un radio de 1000 m para los internacionales y pistas, y 500 m para los secundarios.

## 2) ALGEBRA DE MAPAS DE ACCESIBILIDAD

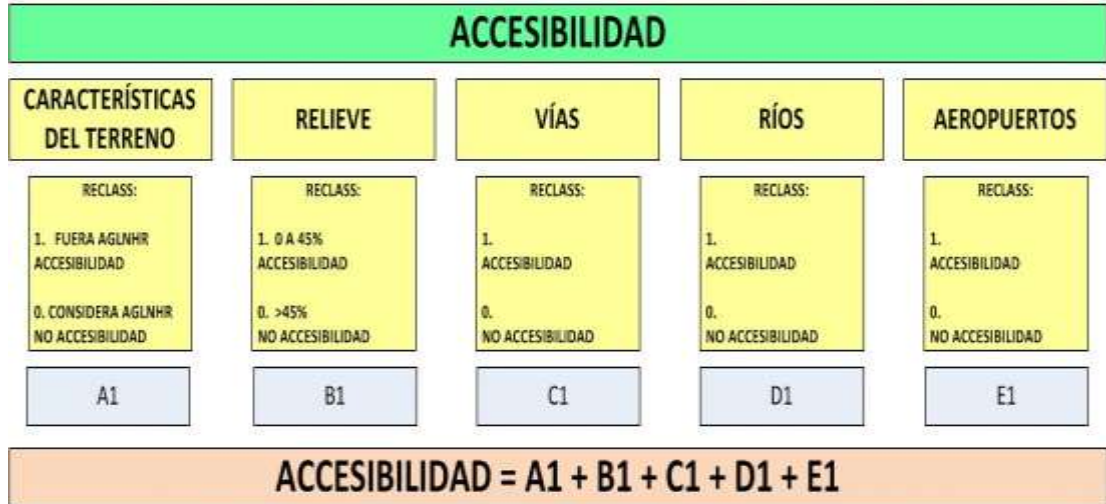


Diagrama IV.06 Ecuación de ACCESIBILIDAD

$$ACCESIBILIDAD = A1 + B1 + C1 + D1 + E1$$

(Anexo CAPT.IV.6)

## B. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE SEGURIDAD

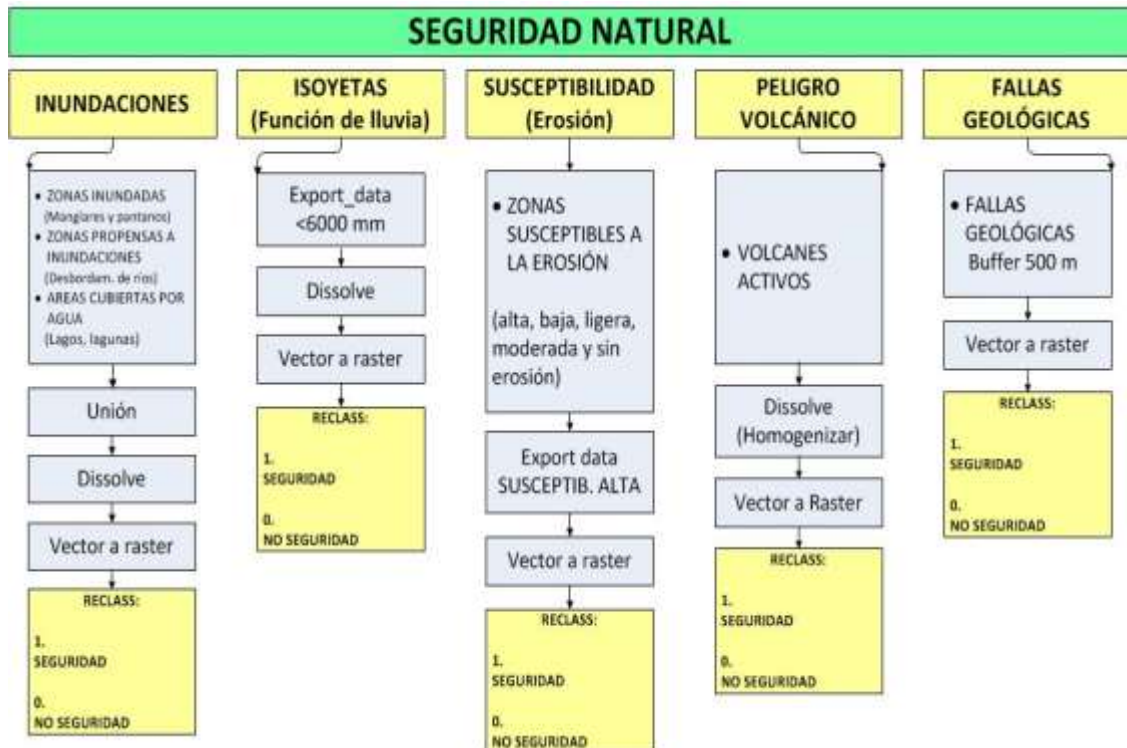


Diagrama IV.07 Modelo de SEGURIDAD NATURAL 1/2 desarrollado a partir del MODELO MULTICRITERIO

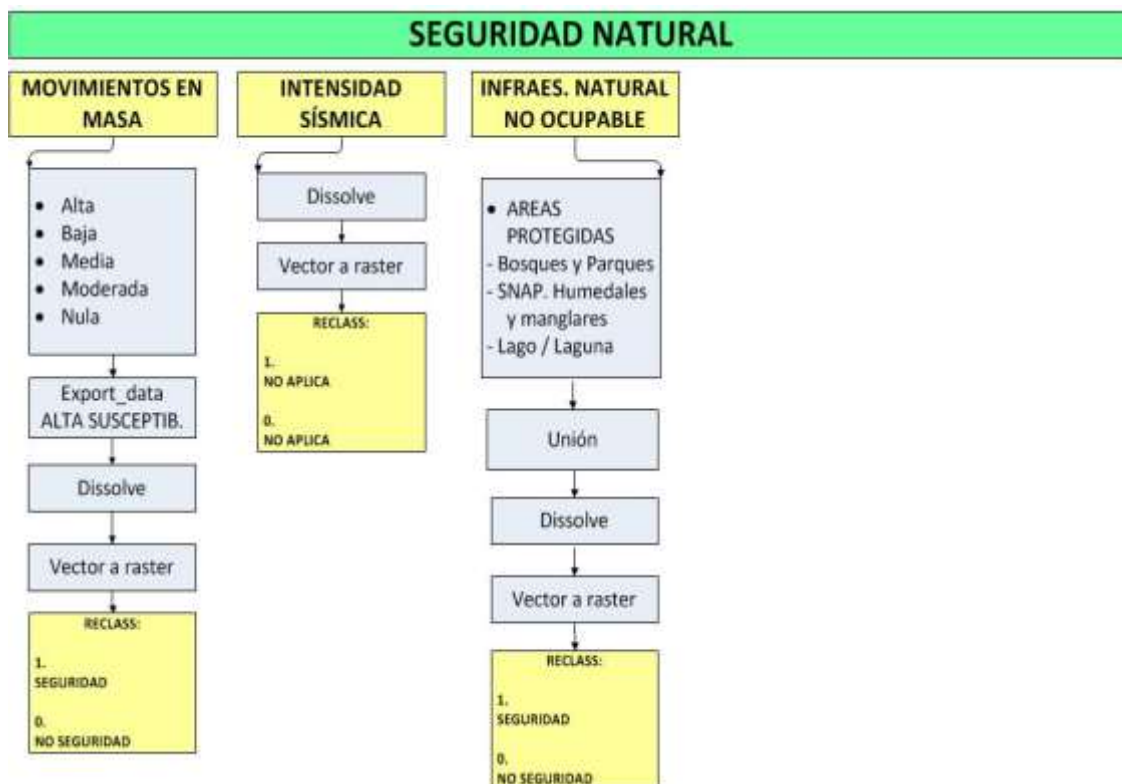


Diagrama IV.08 Modelo de SEGURIDAD NATURAL 2/2 desarrollado a partir del MODELO MULTICRITERIO

Un sitio remoto tiene seguridad natural si dentro de su área de acción, la probabilidad de; (que le ocurra una inundación, tenga altas precipitaciones, desarrolle una alta susceptibilidad a la erosión, que esté dentro del área de influencia de una erupción volcánica, que se encuentre sobre una falla geológica, y que este expuesto a movimientos de masa); sea mínima dentro del contexto país. La consideración sísmica no aplica en este análisis en razón de que en nuestro país la probabilidad de ocurrencia sísmica es media y alta. Así mismo, las áreas con seguridad natural no podrán caer sobre áreas protegidas.

## 1) METADATOS DE SEGURIDAD NATURAL

### a. INUNDACIONES

(Anexo CAPT.IV.07)

Fuente: SGR (Secretaria de la Gestión de Riesgos)

Justificación: En lo que refiere a inundaciones se realiza una unión entre zonas inundadas, zonas propensas a inundaciones y áreas cubiertas por agua, considerando que estas zonas no proporcionan seguridad natural. Esto fue validado por el equipo de geodinámica externa del IEE y la SGR.

### b. ISOYETAS (Función de Lluvia)

(Anexo CAPT.IV.08)

Fuente: INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

Justificación: En el Ecuador existen procesos de precipitación que van desde 0 mm a >7000 mm, distribuidos en todo el país. De acuerdo al INAMHI sería incontenible cuando se tengan precipitaciones que superen los 5999 mm, y por ende, estas áreas no pueden ser consideradas seguras.

**c. SUSCEPTIBILIDAD A EROSIÓN** (Anexo CAPT.IV.09)

Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero y Metalúrgico)

Justificación: De acuerdo al INIGEMM el Ecuador maneja un status de erosión que va en una escala de LIKERT (alta, baja, ligera, moderada y sin erosión), por tal razón la categorización de no segura por su meteorización estará dada por el rango alto. A partir del bajo hacia el sin erosión, es controlable. Esto fue validado por el componente de edafología del proyecto Nacional del IEE.

**d. PELIGRO VOLCÁNICO** (Anexo CAPT.IV.10)

Fuente: IGN (Instituto Geofísico Nacional)

Justificación: En este layer se decidió homogenizar a través de un dissolve de polígonos, para crear uno solo, mismo será considerado como, no seguro.

**e. FALLAS GEOLÓGICAS** (Anexo CAPT.IV.11)

Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero y Metalúrgico)

Justificación: De acuerdo a la norma una falla geológica se la visualiza considerando un radio de influencia de 500 m, y sobre esta área no puede existir ningún tipo de edificación, por su peligrosidad. Es necesario indicar que la cultura de ordenamiento territorial no técnica, ha hecho que por desconocimiento no se cumpla con ciertas consideraciones, sin embargo con motivo de este análisis, esta caracterización fue validada por el equipo de Geodinámica Externa del IEE.

**f. MOVIMIENTOS EN MASA** (Anexo CAPT.IV.12)

Fuente: INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero y Metalúrgico)

Justificación: De acuerdo a la tabla obtenida, se determina en base a su susceptibilidad una división en escala de LIKERT (alta, baja, media, moderada y nula), en tal razón. La insostenibilidad de la seguridad estará determinado en el último quinto, por lo que se considera lo alto como no seguro para este proceso. La validación fue dada por equipo de Geodinámica externa del IEE, en coordinación con INIGEMM.

**g. INTENSIDAD SÍSMICA** (Anexo CAPT.IV.13)

Fuente: IGN (Instituto Geofísico Nacional)

Justificación: Al estar nuestro país cubierto por un alto grado de intensidad sísmica, y no contar con datos de mejor escala, este esquema se lo menciona pero no aplica para la presente evaluación.

**h. INFRAESTRUCTURA NATURAL NO OCUPABLE** (Anexo CAPT.IV.14)

Fuente: MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador)

Justificación: Un elemento importante a considerar en este estudio fue el no perturbar las zonas declaradas como áreas protegidas (bosques, parques, humedales y manglares), se consideró que todas estas áreas generadas y sometidas a una operación de unión, serán consideradas como no seguras.



## 2) ALGEBRA DE MAPAS DE SEGURIDAD NATURAL

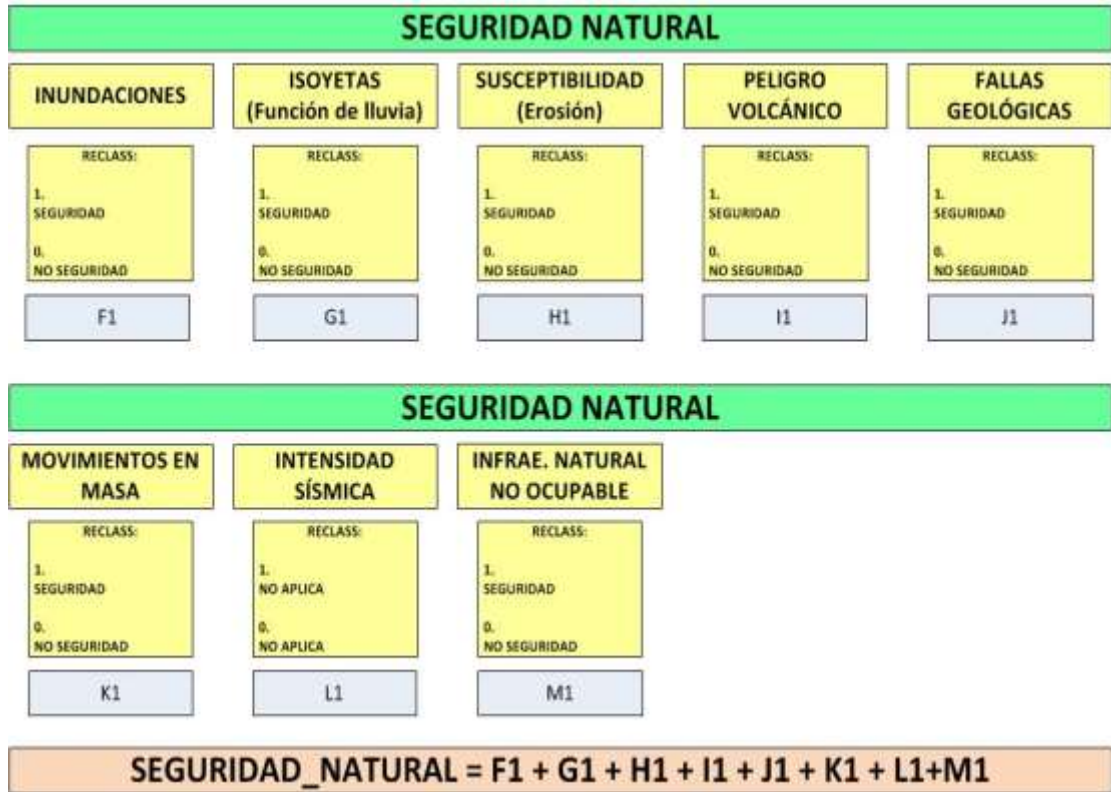


Diagrama IV.09 Ecuación de SEGURIDAD NATURAL



Diagrama IV.10 Modelo de SEGURIDAD ANTRÓPICA desarrollado a partir del MODELO MULTICRITERIO

Un sitio remoto tiene seguridad antrópica si dentro de su área de acción, no es considerada la infraestructura artificial no ocupable (embalses, granjas acuáticas, pozos petroleros, estaciones de bombeo, refineras, estaciones de almacenamiento de derivados, poleoducto, poliducto, tubería de éter de petróleo, minas y canteras); y si es considerado el catastro militar que en nuestro país está distribuido en todo el país.

### 3) METADATOS DE SEGURIDAD ANTRÓPICA

#### a. CATASTRO

(Anexo CAPT.IV.15)

Fuente: COMACO (Comando Conjunto)

Justificación: De acuerdo al COMACO el catastro de las unidades existentes, y su área de seguridad 20000 m en cada localidad, constituye una plataforma de seguridad y apoyo a la población, y mismas son consideradas en la planificación ante una situación de riesgo.

#### b. INFRAESTRUCTURA ARTIFICIAL NO OCUPABLE

##### a) EMBALSES, GRANJAS ACUÁTICAS

(Anexo CAPT.IV.16)

Fuente: MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador)

##### b) PETROLEO (Pozos petroleros, estaciones de bombeo, refineras y almacenamiento de derivados)

(Anexo CAPT.IV.17)

Fuente: MMP (Ministerio de Minas y Petróleos)

##### c) POLEODUCTO (Poleoducto, poliducto, tubería)

(Anexo CAPT.IV.18)

Fuente: MMP (Ministerio de Minas y Petróleos)

##### d) MINAS Y CANTERAS

(Anexo CAPT.IV.19)

Fuente: MMP (Ministerio de Minas y Petróleos)

Justificación a toda la infraestructura artificial no ocupable: Por simple deducción este tipo de infraestructura artificial, no podría ser considerada segura, en razón de que en los embalses y granjas acuáticas, todo está cubierto por agua; en los sistemas petroleros se manipula crudo, materiales nocivos y o explosivos, y las minas y canteras, no proporcionan la seguridad que se pretende dar al presente estudio. De igual forma se estableció un rango de seguridad de un radio de 1000 m a la redonda.

### 4) ALGEBRA DE MAPAS DE SEGURIDAD ANTRÓPICA



Diagrama IV.11 Ecuación de SEGURIDAD ANTRÓPICA

### C. MODELO Y ANÁLISIS MULTICRITERIO DE COBERTURA DE SEÑAL DE COM.

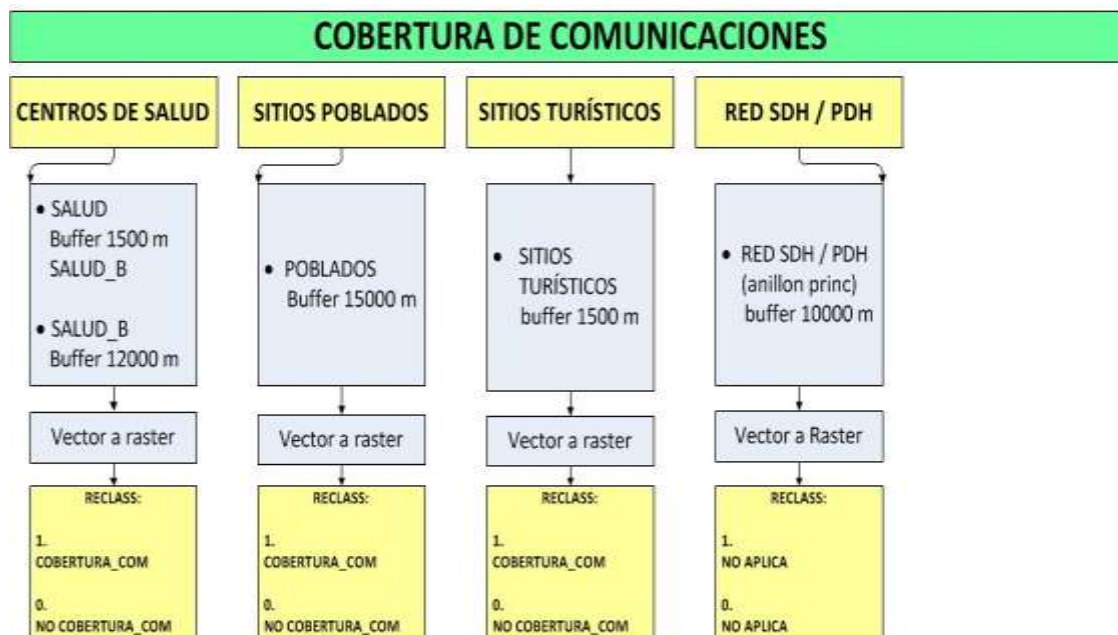


Diagrama IV.12 Modelo de COBERTURA DE COMUNICACIONES desarrollado a partir del MODELO MULTICRITERIO

Un sitio remoto tiene cobertura de señal de comunicaciones, si dentro de su área de acción, posee sistemas de repetición, o atraviesa la red SDH (Synchronous Digital Hierarchy / Jerarquía Digital Sincrónica) y PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy / Jerarquía Digital Plesiócrona) del Ecuador, como un estándar internacional para redes ópticas y de control de Fuerzas Armadas, en el área de telecomunicaciones. Al no contar con un levantamiento geográfico de la red, mismo no existe, se procedió en coordinación con comunicaciones del Comando Conjunto, a inferir una manera indirecta, basándose en que los nodos de comunicaciones, generalmente se establecen en centros de salud, sitios poblados y sitios turísticos. Es decir al ubicar estos tres elementos se deduce la distribución de prioridad de la Red SDH o sus sistemas ramificados.

#### 1) METADATOS DE COBERTURA DE SEÑAL DE COMUNICACIONES

##### a. CENTROS DE SALUD

(Anexo CAPT.IV.20)

Fuente: MSP (Ministerio de Salud Pública)

Justificación: Método indirecto de determinación geográfica de la red SDH y PHD del Ecuador al no existir la información cartográfica de la fuente. Por deducción un centro de salud es un centro de apoyo a cualquier proceso de emergencia, por ende estas áreas con un buffer de 1500 m, considerados como atención inmediata, tendrán un paso obligado del anillo base de comunicaciones formado por SDH y PDH, mismo servirá para canalizar un fuerte enlace en las áreas resultantes de todo este proceso. En razón de que se realiza un proceso de penetración hacia el centroide, es necesario determinar un área de no influencia que va desde los 12000 m (distancia en la cual se requiere repetición, no existe visual al cálculo de Fresnel, determinado por comunicaciones conjuntas) hasta los 1500 m exclusive, en donde no hay cobertura. Es decir lo que este >12000 m si tiene cobertura de señal; de 12000 m hasta los 1500 exclusive, no tiene cobertura de señal y lo que esté <=1500 m si tiene cobertura de señal.

**b. SITIOS POBLADOS**

(Anexo CAPT.IV.21)

Fuente: INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

Justificación: Método indirecto de determinación geográfica de la red SDH y PHD del Ecuador al no existir la información cartográfica de la fuente. La Dirección de Comunicaciones indica que necesariamente el anillo principal de comunicaciones pasa por los centros poblados, y distribuye al sector urbano y rural usando un esquema en estrella en un radio de 15000 m, por ende el polígono de acción estará materializado por estos condicionantes, y será clasificado como una zona de cobertura de señal de comunicaciones.

**c. SITIOS TURÍSTICOS**

(Anexo CAPT.IV.22)

Fuente: MT (Ministerio de Turismo)

Justificación: Método indirecto de determinación geográfica de la red SDH y PHD del Ecuador al no existir la información cartográfica de la fuente. La Dirección de comunicaciones indica que necesariamente el anillo secundario de comunicaciones pasa por los centros turísticos, y distribuye a los caseríos en un radio no mayor de 1500 m, por ende el polígono de acción estará materializado por estos condicionantes, y será clasificado como una zona de cobertura de señal de comunicaciones.

**d. RED SDH (Jerarquía Digital Sincrona – Synchronous Digital Hierarchy) / PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona – Plesiochronous Digital Hierarchy)**

(Anexo CAPT.IV.23)

Fuente: G5.COMACO (Comando Conjunto)

Justificación: Al no existir el layer georreferenciado de la ubicación de la Red SDH (protocolo de transmisión de datos vía fibra óptica – revolución de sistemas de transmisión) y PDH (envía varios canales por medio cable coaxial, radio o microondas – multiplexación por división de tiempo), y estar en un proceso de construcción e implementación, se realiza un proceso indirecto para poder determinar los anillos principales, secundarios, y su respectiva densificación. Una vez terminado este proceso, se realiza una validación a través de técnicos de comunicaciones. Por situaciones de seguridad no se monta en un layer todo el sistema de torres y enlace, pero su determinación indirecta es muy viable.

**2) ALGEBRA DE MAPAS DE COBERTURA DE SEÑAL DE COMUNICACIONES**



Diagrama IV.13 Ecuación de COBERTURA DE COMUNICACIONES

#### D. CONSOLIDADO Y ALGEBRA DE MAPAS

$$\text{ACCESIBILIDAD} = \text{ACCE} = A1 + B1 + C1 + D1 + E1$$

$$\text{SEGURIDAD\_NATURAL} = \text{SEGN} = F1 + G1 + H1 + I1 + J1 + K1 + L1 + M1$$

$$\text{SEGURIDAD\_ANTRÓPICA} = \text{SEGA} = N1 + O1 + P1 + Q1 + R1$$

$$\text{COB\_COMUNICACION} = \text{COBC} = S1 + T1 + U1 + V1$$

$$\text{ACCESIBILIDAD} = \text{ACCE} = A1 + B1 + C1 + D1 + E1$$

$$\text{SEGURIDAD\_TOTAL} = \text{SEGT} = \text{SEGN} + \text{SEGA}$$

$$\text{COB\_COMUNICACION} = \text{COBC} = S1 + T1 + U1 + V1$$

$$\text{AREAS FUERTES} = \text{SITIOS REMOTOS} = \text{SUCURSALES SEGURAS}$$

$$\text{AREAS\_FUERTES} = \text{ACCE "Fuzzy overlay" (SEGN + SEGA) "Fuzzy overlay" COBC}$$

Diagrama IV.14 Ecuación Final de AREAS FUERTES usando "Fuzzy Overlay" (Descentralización)

ACCESIBILIDAD = ACCE	(Anexo CAPT.IV.24)
SEGURIDAD_NATURAL = SEGN	(Anexo CAPT.IV.25)
SEGURIDAD_ANTRÓPICA = SEGA	(Anexo CAPT.IV.26)
COB_COMUNICACIÓN = COBC	(Anexo CAPT.IV.27)
SEGURIDAD_TOTAL = SEGT	(Anexo CAPT.IV.28)
AREAS_FUERTES	(Anexo CAPT.IV.29)

#### E. DESARROLLO DEL ANÁLISIS EN LA HERRAMIENTA MODELUILDER DEL ArcGIS 10.1 (ArcMap – Geoprocessing – ModelBuilder)

Con el objeto de operacionalizar automáticamente el modelo, y poder ir realizando correcciones e iteraciones de calidad, se levanta toda la estructura en ModelBuilder del ArcGIS 10.1. Con esto nos evitamos realizar en cada cambio o estructuración del proceso, una secuencia nueva y un análisis casi manual, perdiendo tiempo y precisión. Con este diagrama automático se pudieron realizar las corridas algebraicas independientes y por grupos, mejorando el sistema de calidad del producto.

Para futuras acciones, pruebas, ingresos, eliminación o mejoras al proceso se tomará de base el ModelBuilder personalizado. (Anexo CAPT.IV.30)

## **F. DE LOS TRIÁNGULOS DE DELAUNAY A LOS POLÍGONOS DE VORONOI**

Una vez obtenidas las áreas fuertes (sucursales seguras o sitios remotos), materializados por polígonos cerrados, el sistema levanta sus centroides, con el objeto de volcar el algoritmo de la generación de Triángulos de DELAUNAY (red de triángulos que cumple la condición de que la circunferencia circunscrita de cada triángulo de la red no debe contener ningún vértice de otro triángulo). Una vez desarrollado el proceso de triangulación de DELAUNAY con todos los circuncentros (mediatrices), se constituye en el grafo dual del diagrama de VORONOI, en donde los circuncentros son los vértices de los segmentos del diagrama, encontrando así una relación directa, en donde cada polígono es un área de acción perteneciente a cada vértice de la triangulación. Con este proceso queda determinado el área de incidencia de cada sitio remoto (sucursal segura o área fuerte) (Anexo CAPT.IV.31)

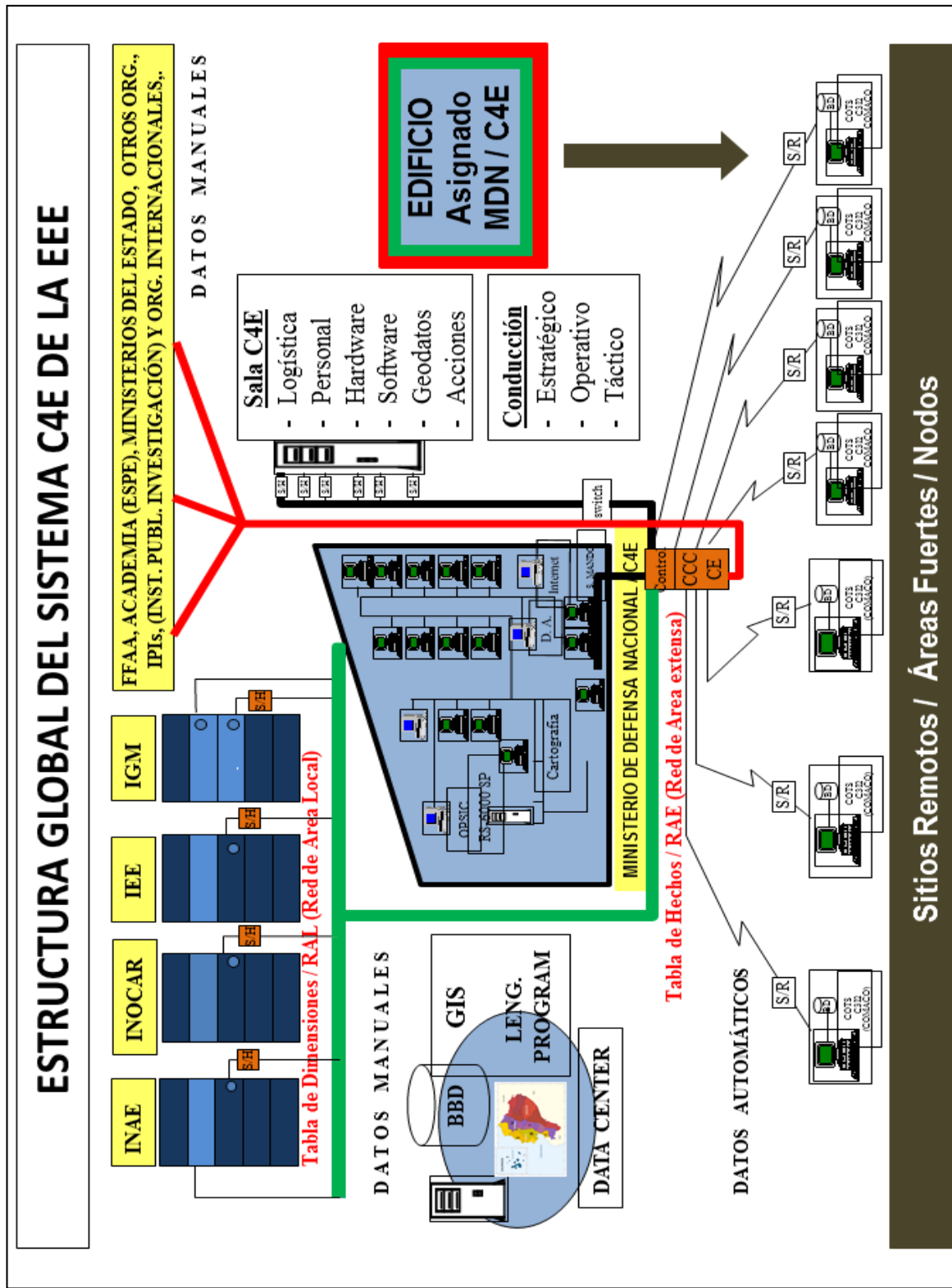
## **G. CARACTERIZACIÓN DE LOS POLÍGONOS, DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES Y ENLACE AL CIRCUITO DE DIVISIÓN POLÍTICA TERRITORIAL (PROVINCIA, CANTÓN, PARROQUIA)**

Una vez determinado el polígono de incidencia de cada área fuerte, es necesario realizar un proceso de numeración de puntos, en donde usando la generación de identificadores, asume el sistema una asignación que va de norte a sur, izquierda a derecha, mismo principio que se usa en el Ecuador en levantamientos catastrales.

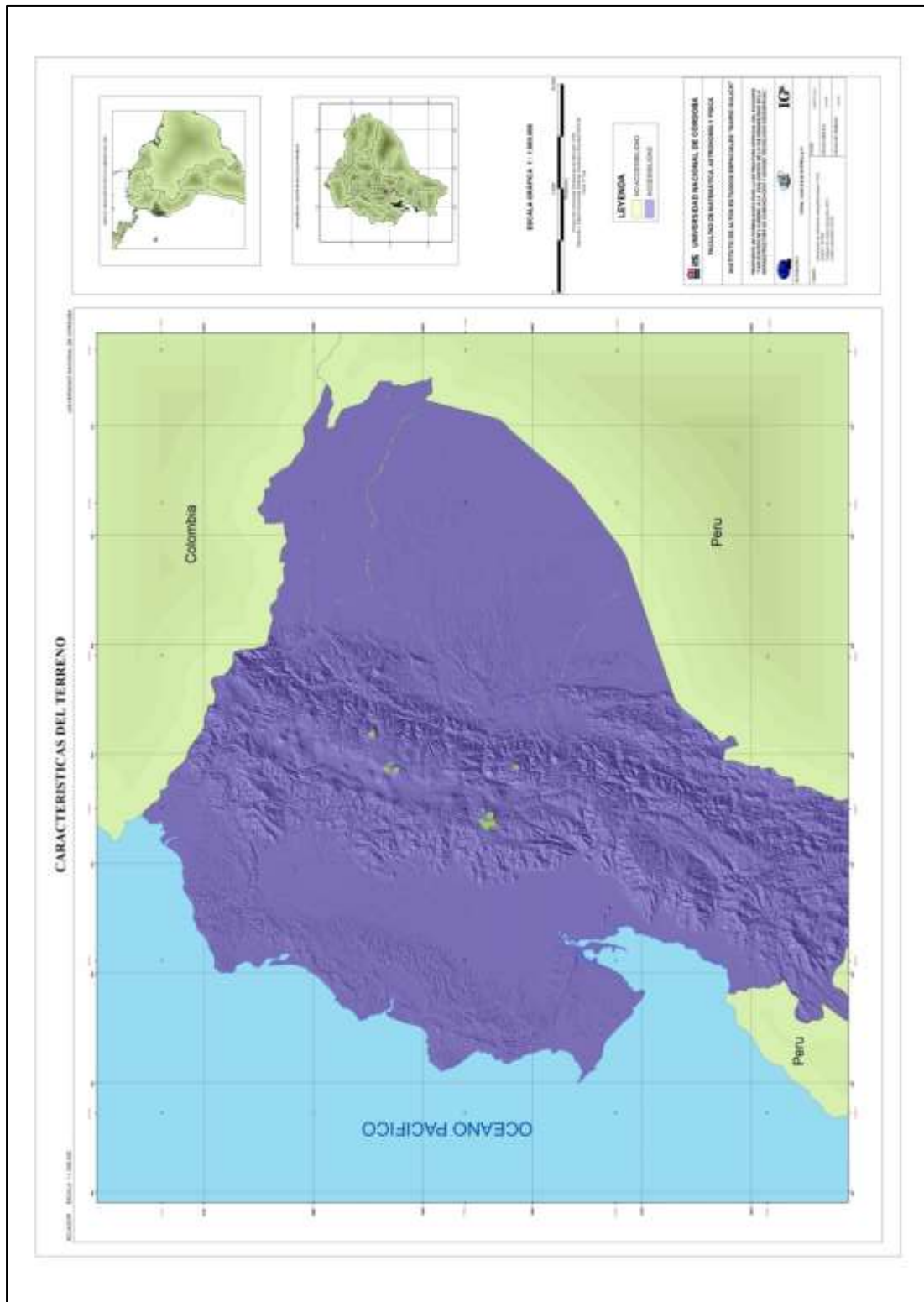
Posterior a esto, se generan los layers de división política del Ecuador, de más a menos (PROVINCIA, CANTON, PARROQUIA), con el objeto de interrelacionar la distribución de polígonos con estas unidades políticas, y poder determinar con exactitud geográfica los SECTORES DE RESPONSABILIDAD de cada sitios remoto. Esto nos servirá para en un futuro poder desplegar sitios de recolección de datos en un proceso de EDAN (evaluación de daños y análisis de necesidades), establecer zonas de evacuación, bancos de pruebas técnico-científicas, atención médica, distribución de salud y educación, zonas de concentración ante amenazas naturales, entre otras. Todo esto estará materializado y controlado a través de, pequeñas sucursales seguras del sistema C4E para emergencias, y el Centro de Aplicaciones GEO\_AEROESPACIALES, es decir se realiza una centralización con C4E y una descentralización en mencionado RED DE SITIOS REMOTOS, permitiendo finalmente tomar el control del país, y poder reaccionar rápidamente ante una multiamenaza o castástrofe natural. (Anexo CAPT.IV.32)

H. ANEXOS AL CAPITULO IV

Anexo CAPT.IV.1: ESTRUCTURA GLOBAL DEL SISTEMA C4E DE LA EEE

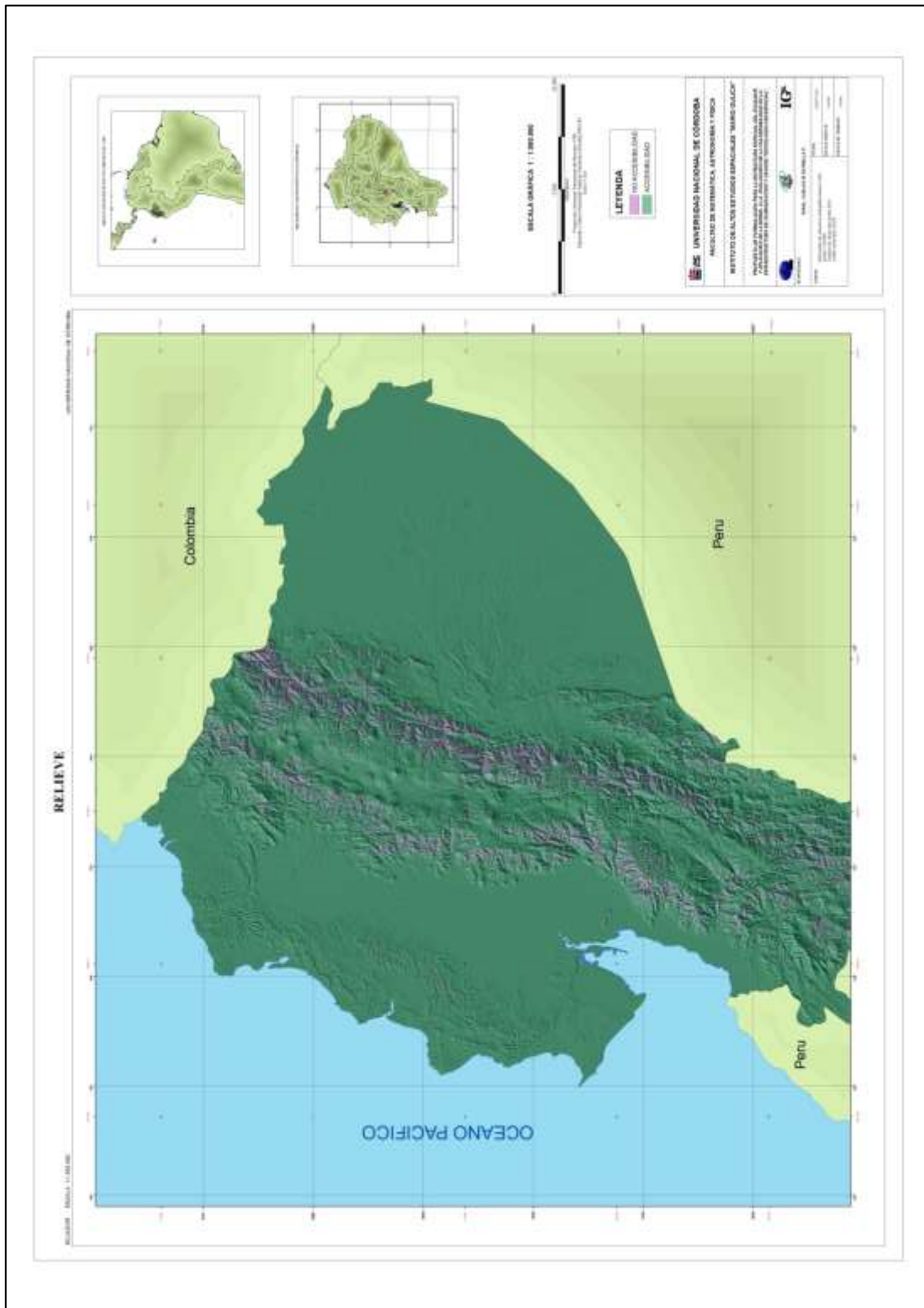


Anexo CAPT.IV.2: CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

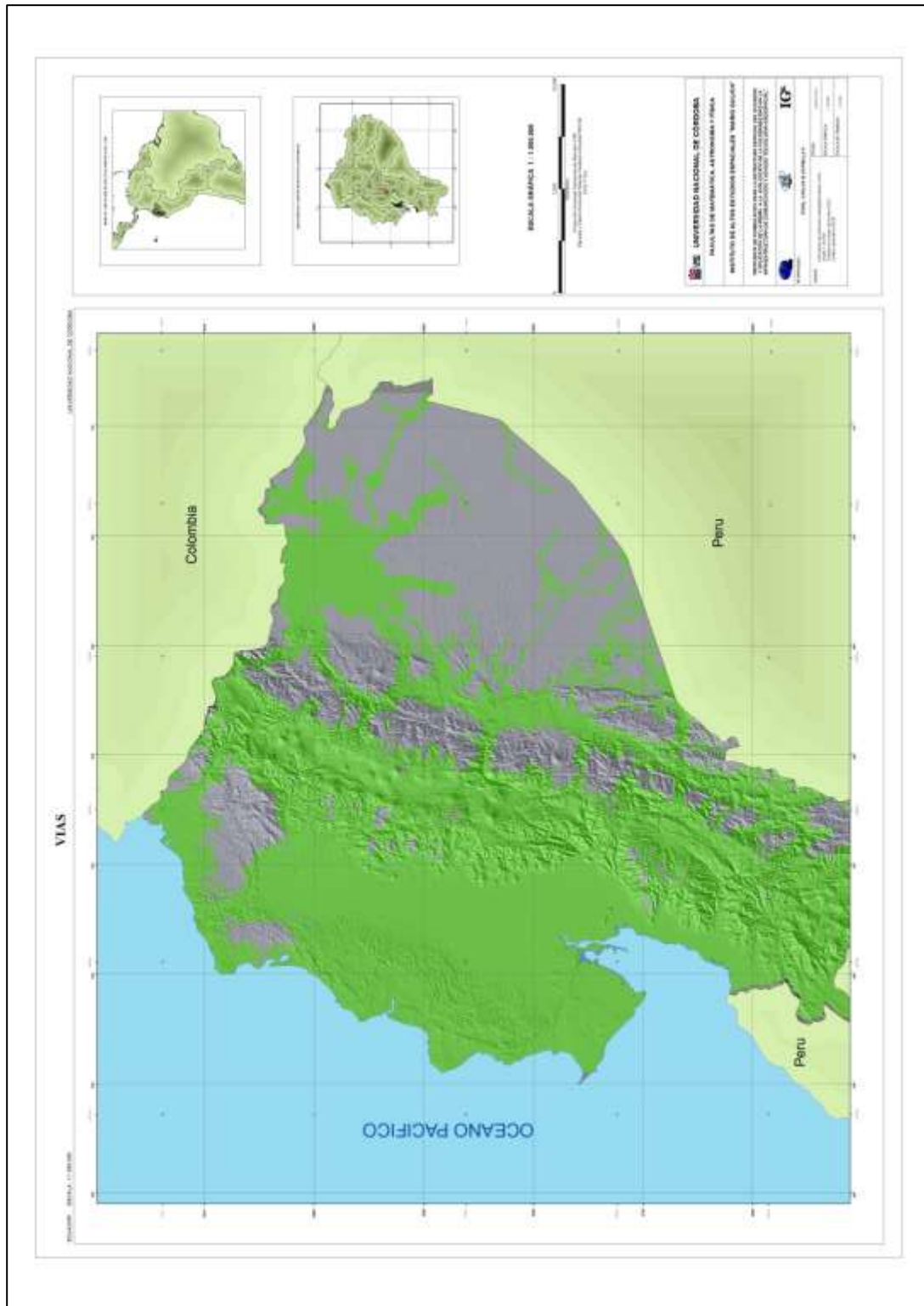




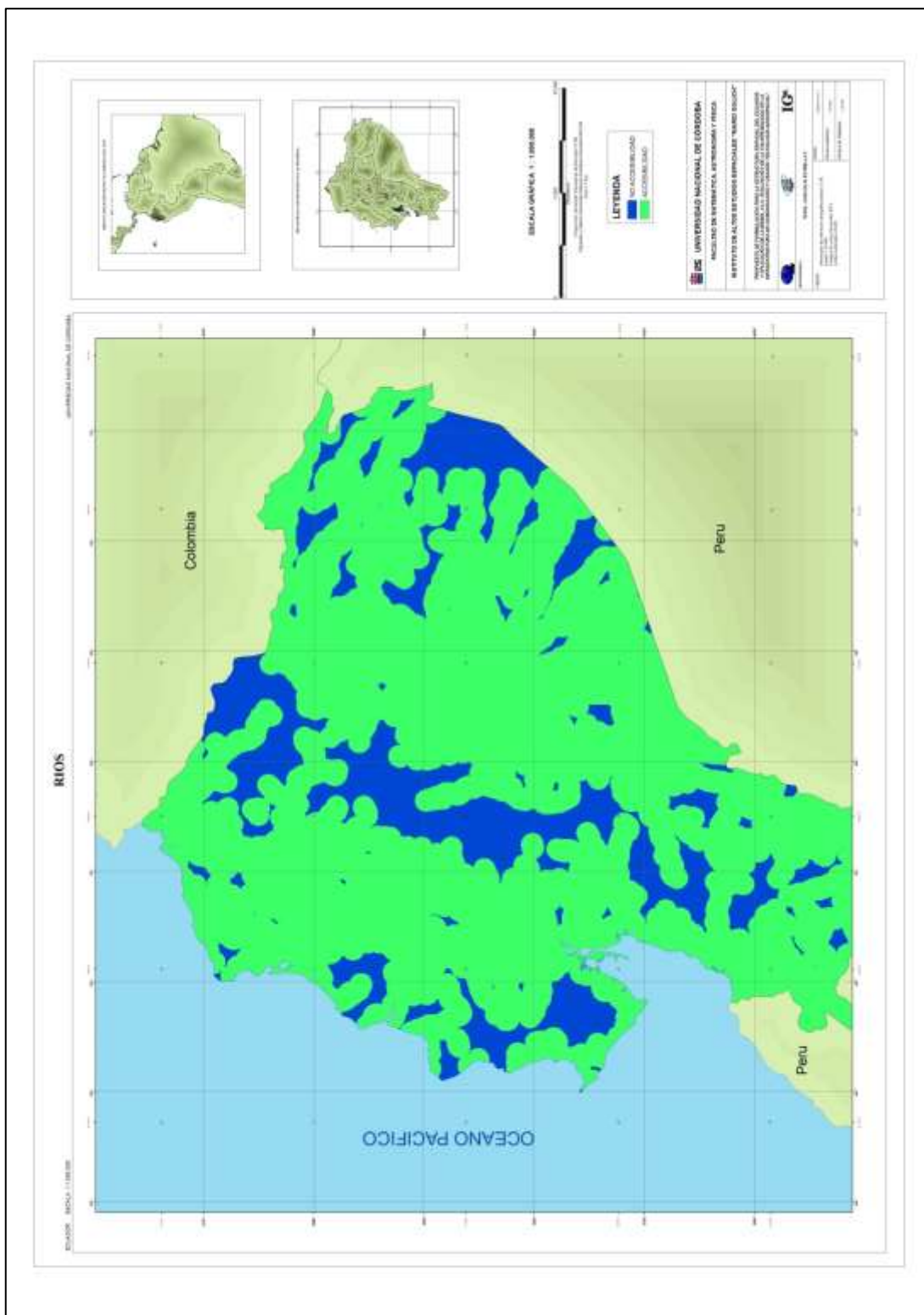
Anexo CAPT.IV.3: RELIEVE



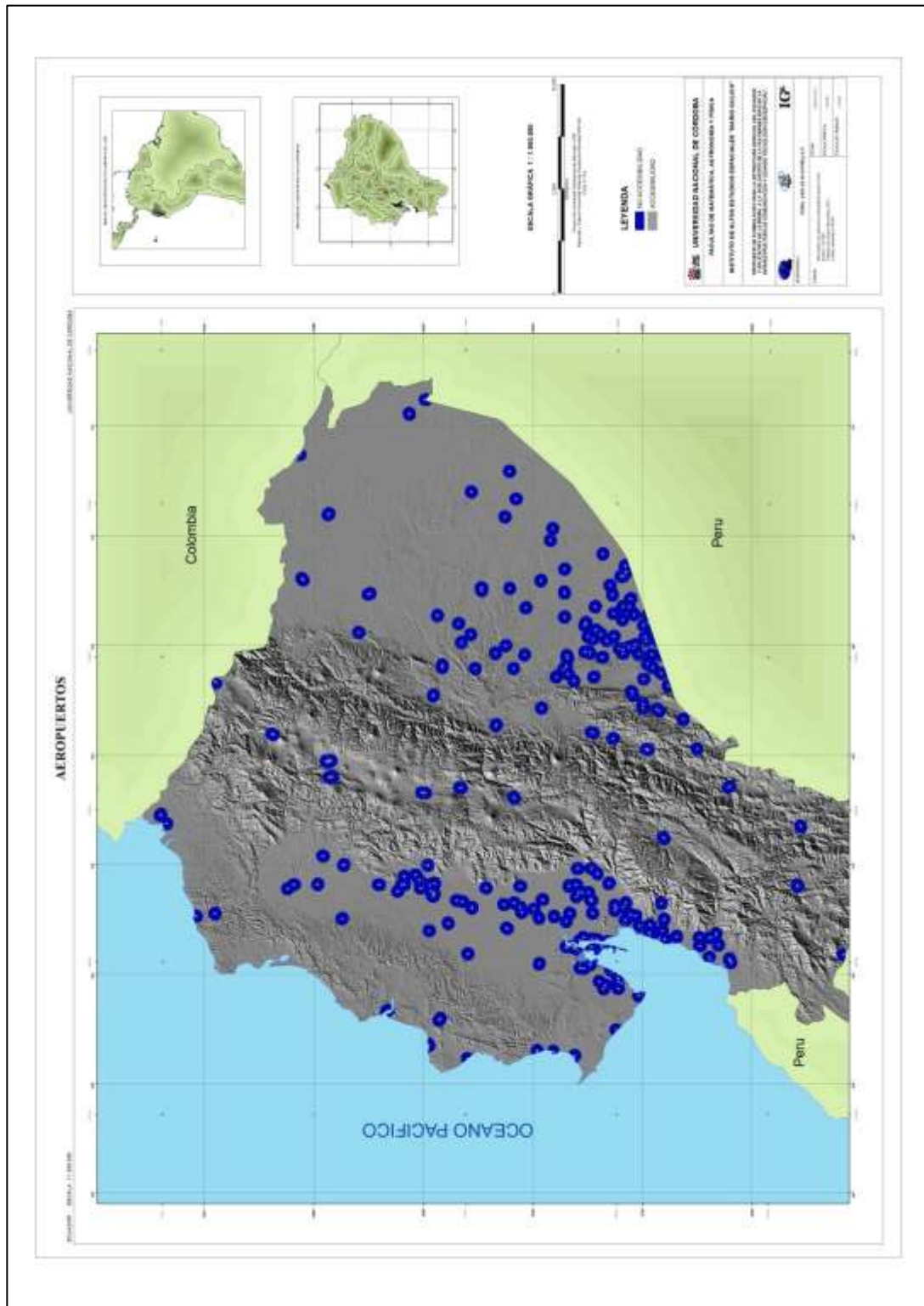
Anexo CAPT.IV.4: VÍAS



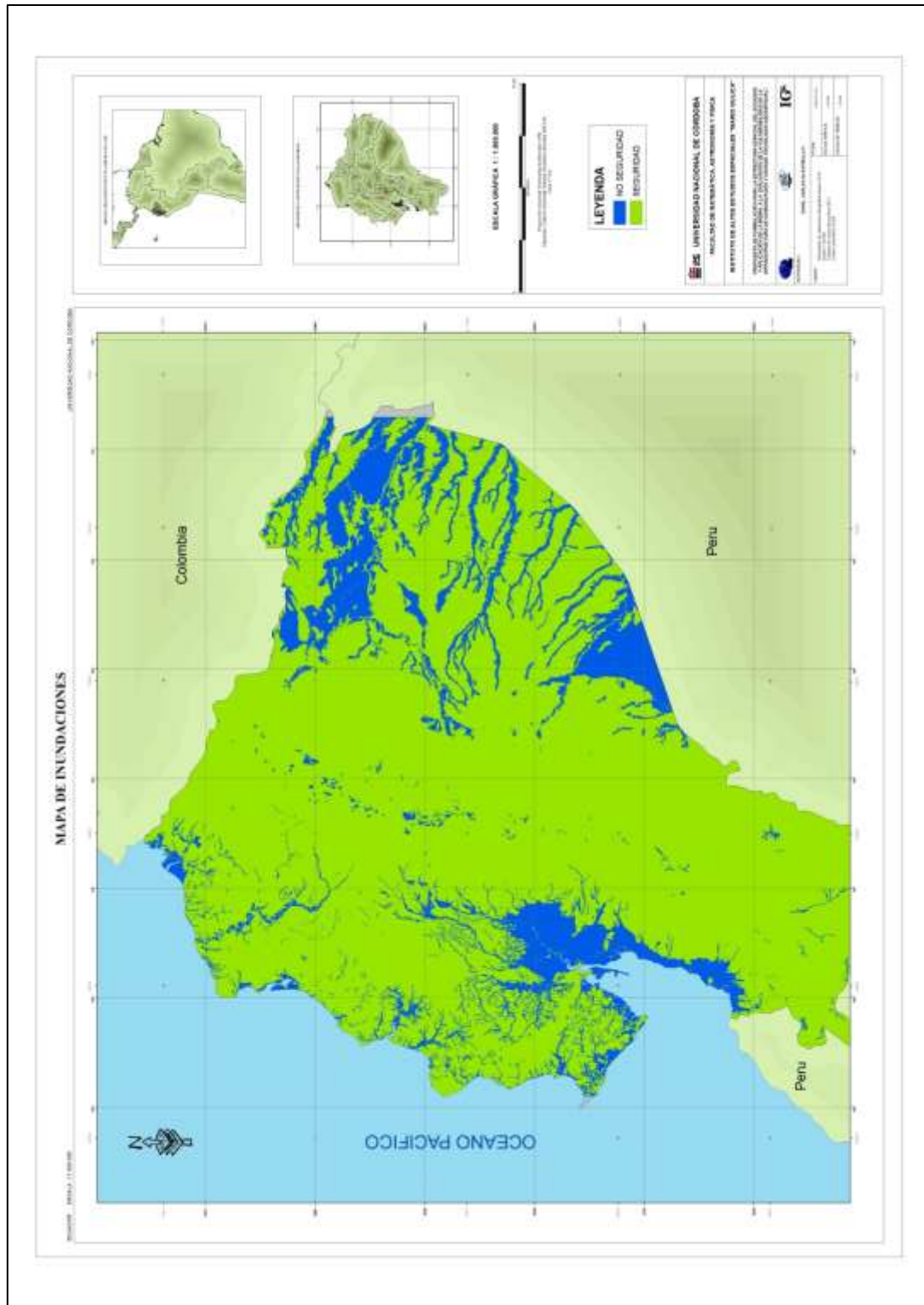
Anexo CAPT.IV.5: RÍOS



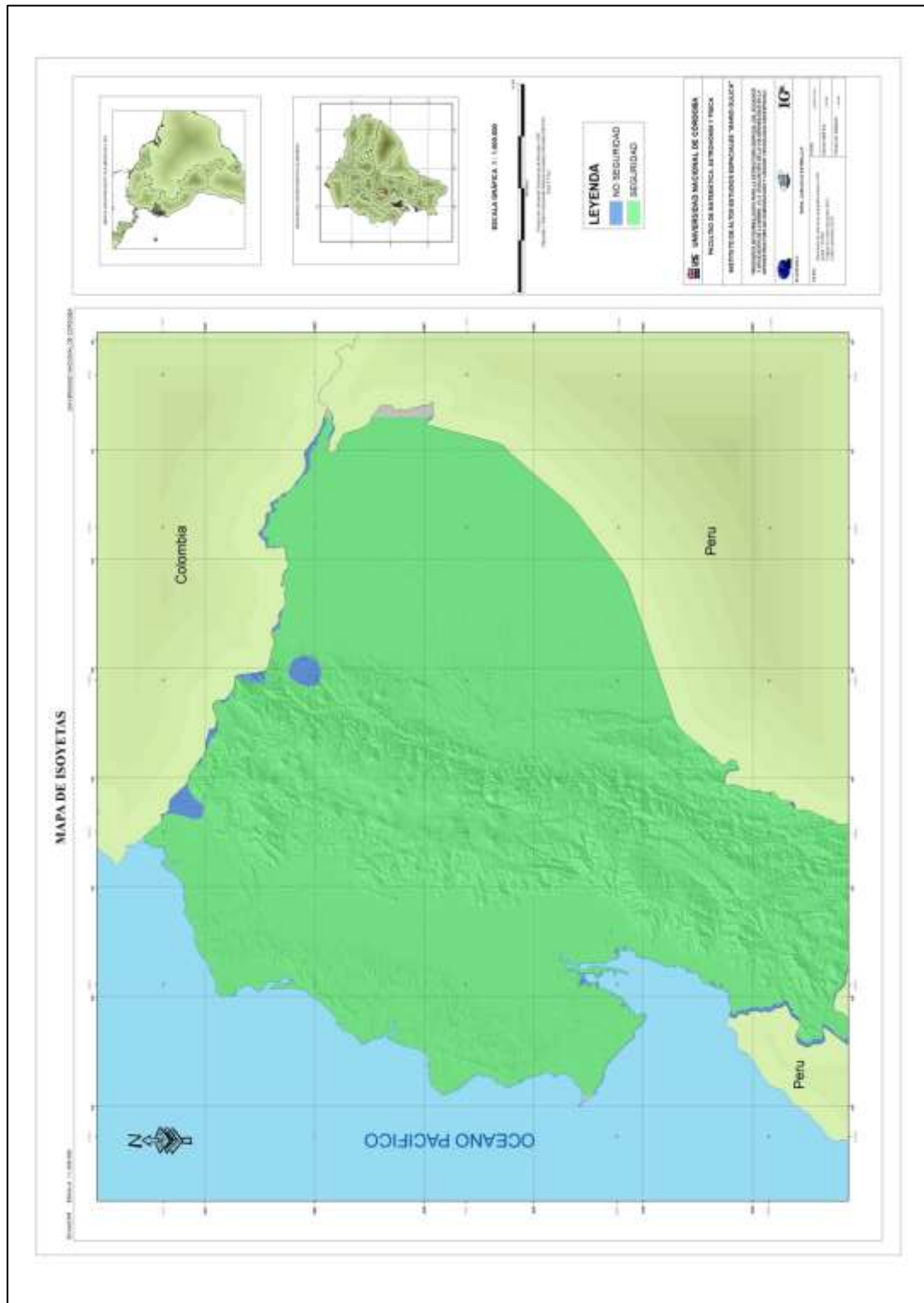
Anexo CAPT.IV.6: AEROPUERTOS



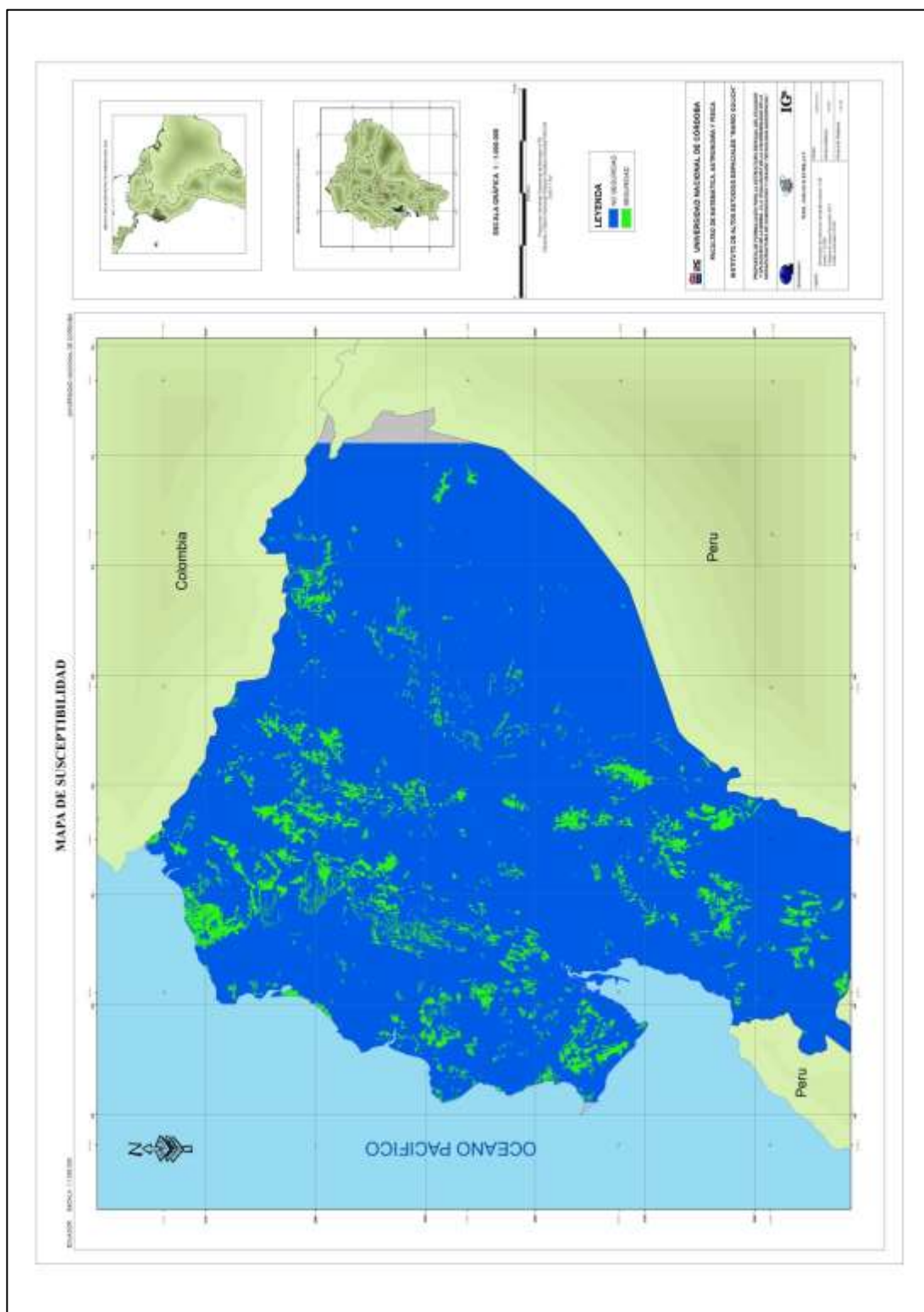
Anexo CAPT.IV.7: INUNDACIONES



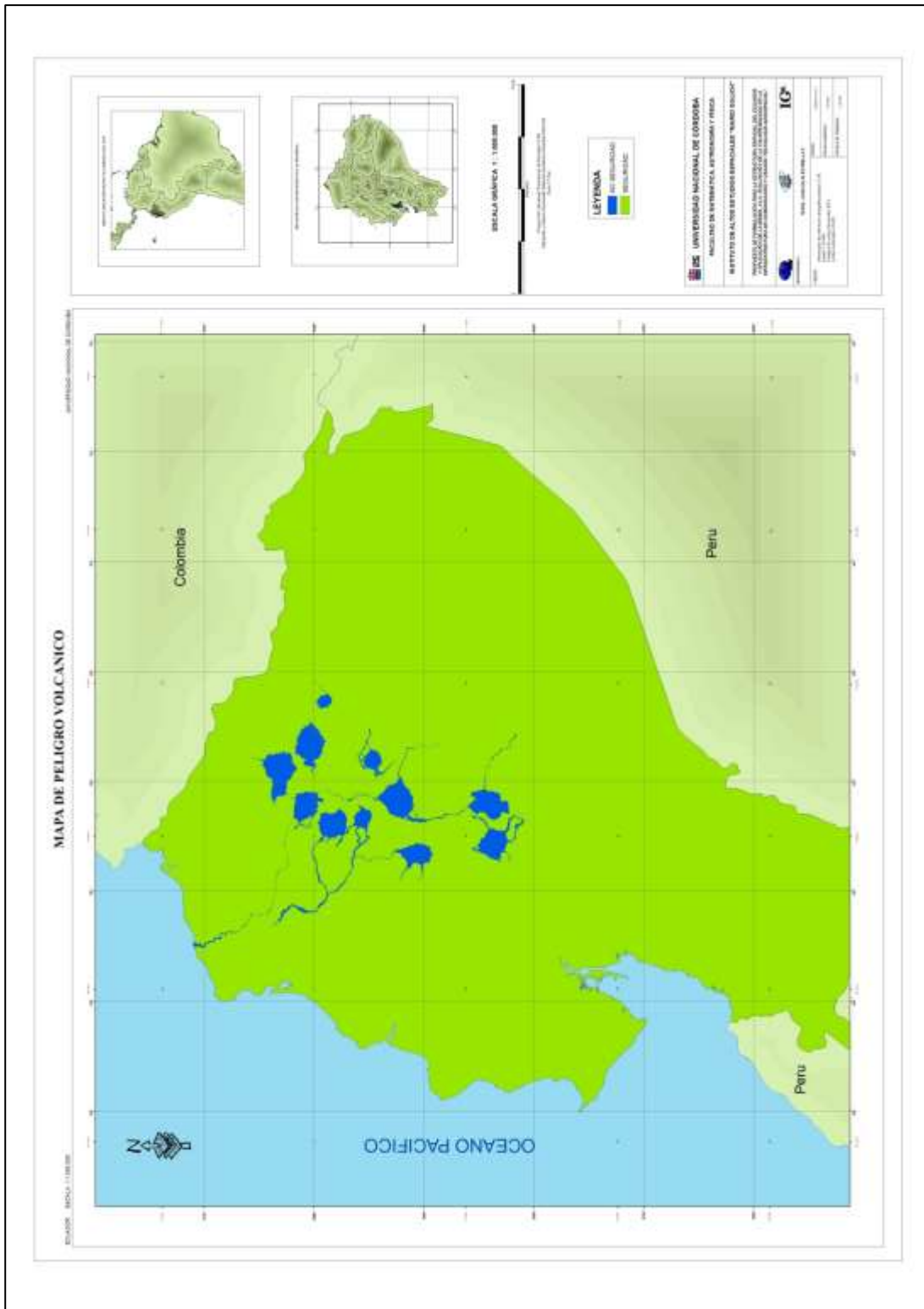
Anexo CAPT.IV.8: ISOYETAS (Función de Lluvia)



Anexo CAPT.IV.9: SUSCEPTIBILIDAD (Erosión)

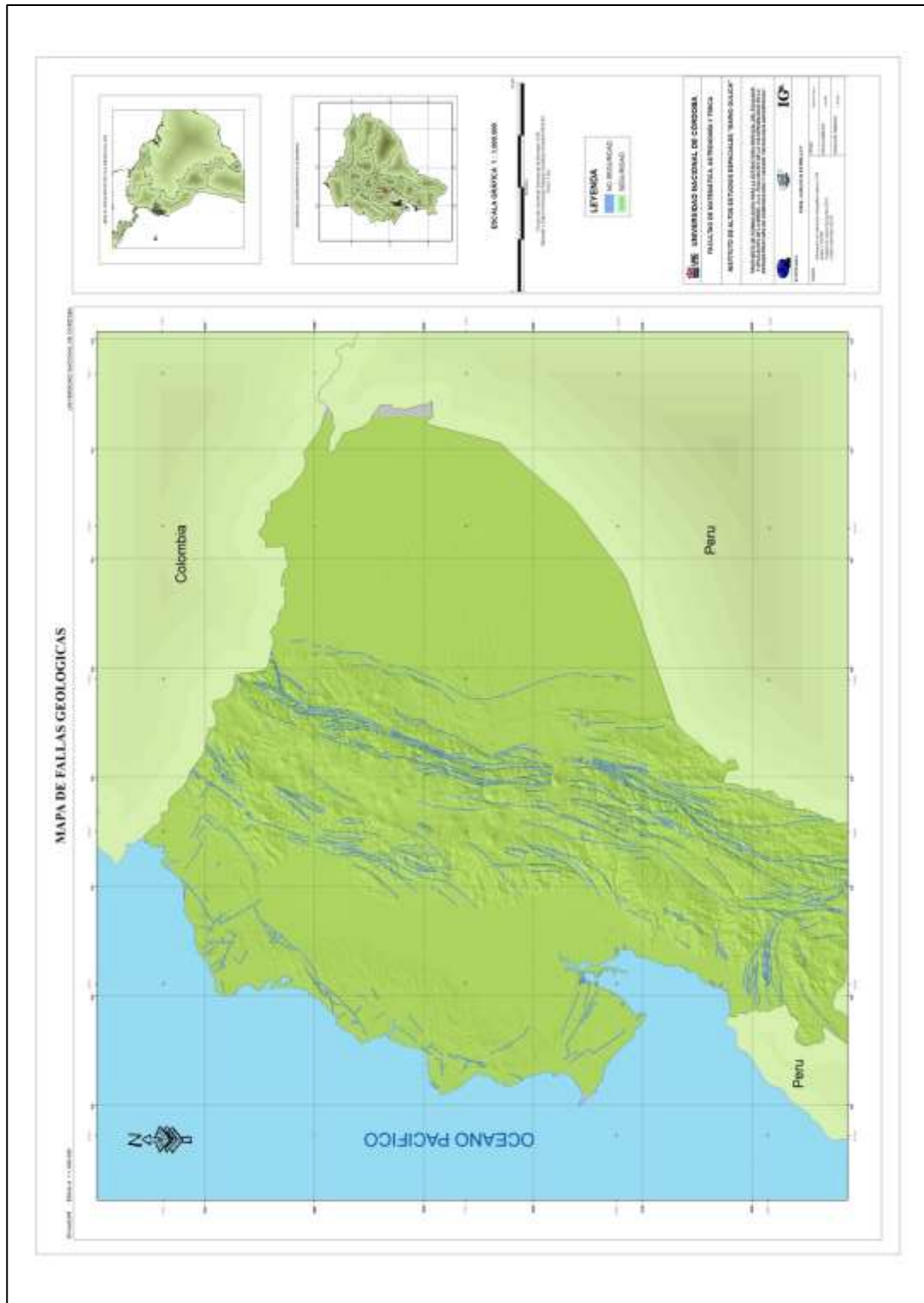


Anexo CAPT.IV.10: PELIGRO VOLCÁNICO

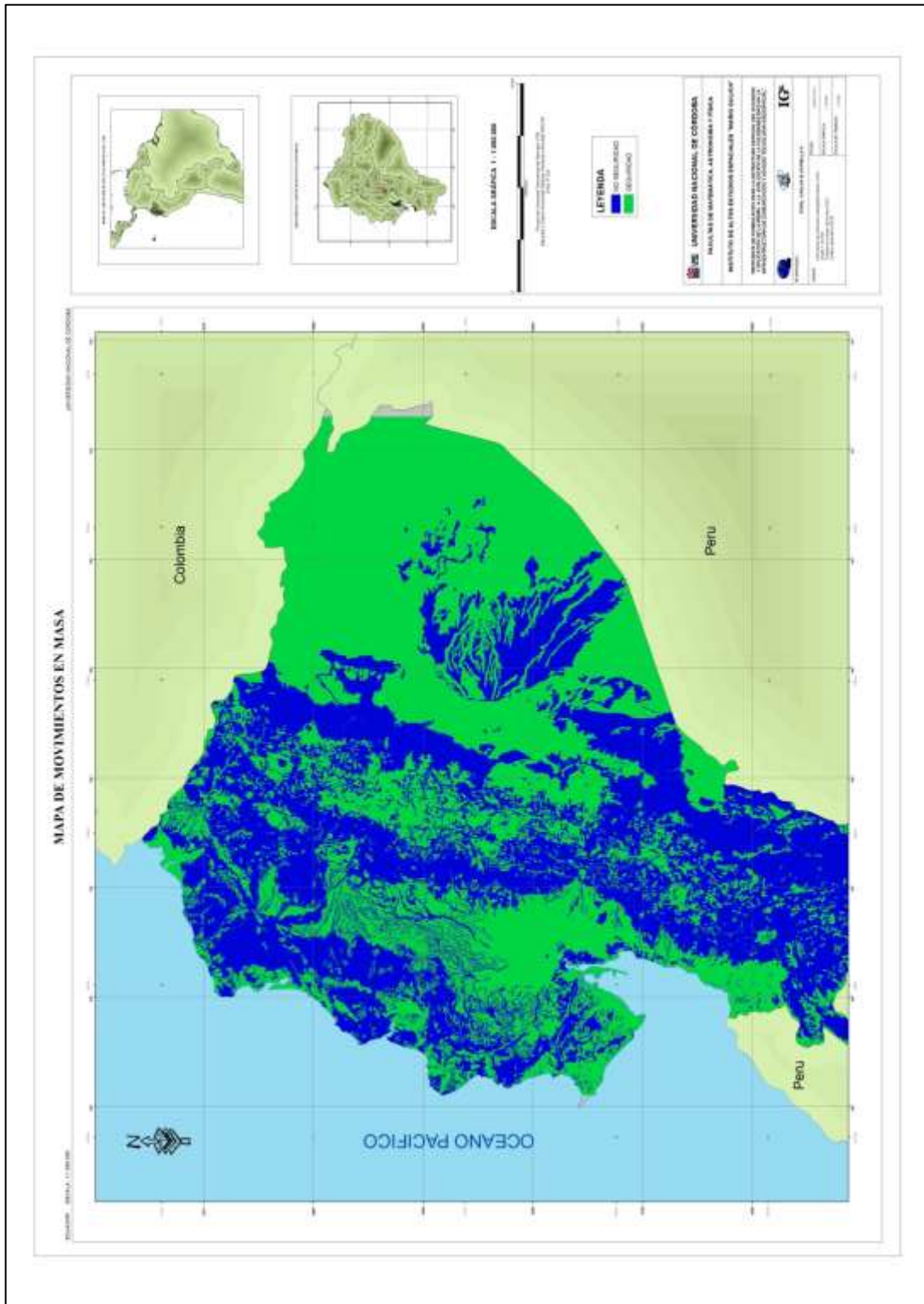




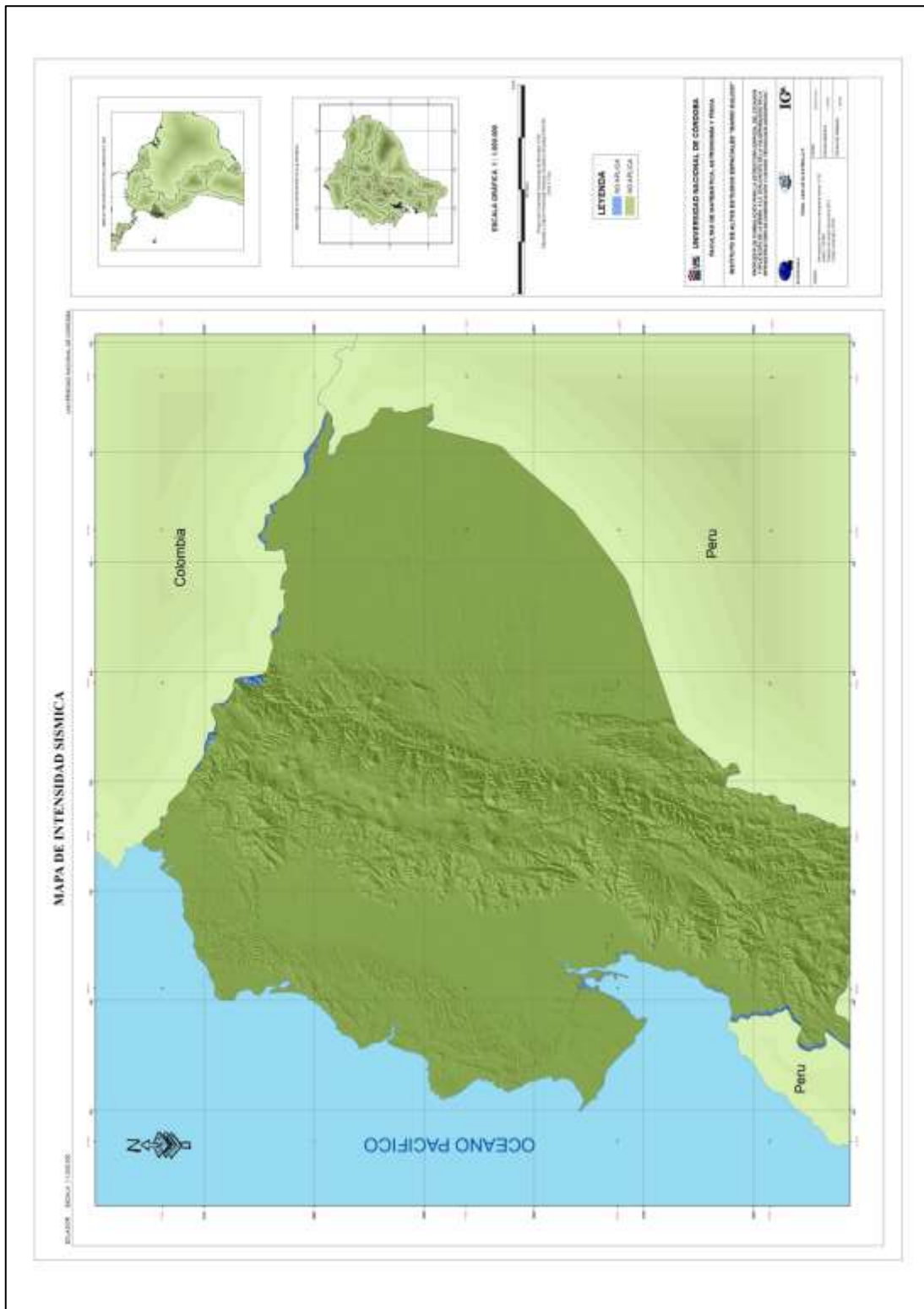
Anexo CAPT.IV.11: FALLAS GEOLÓGICAS



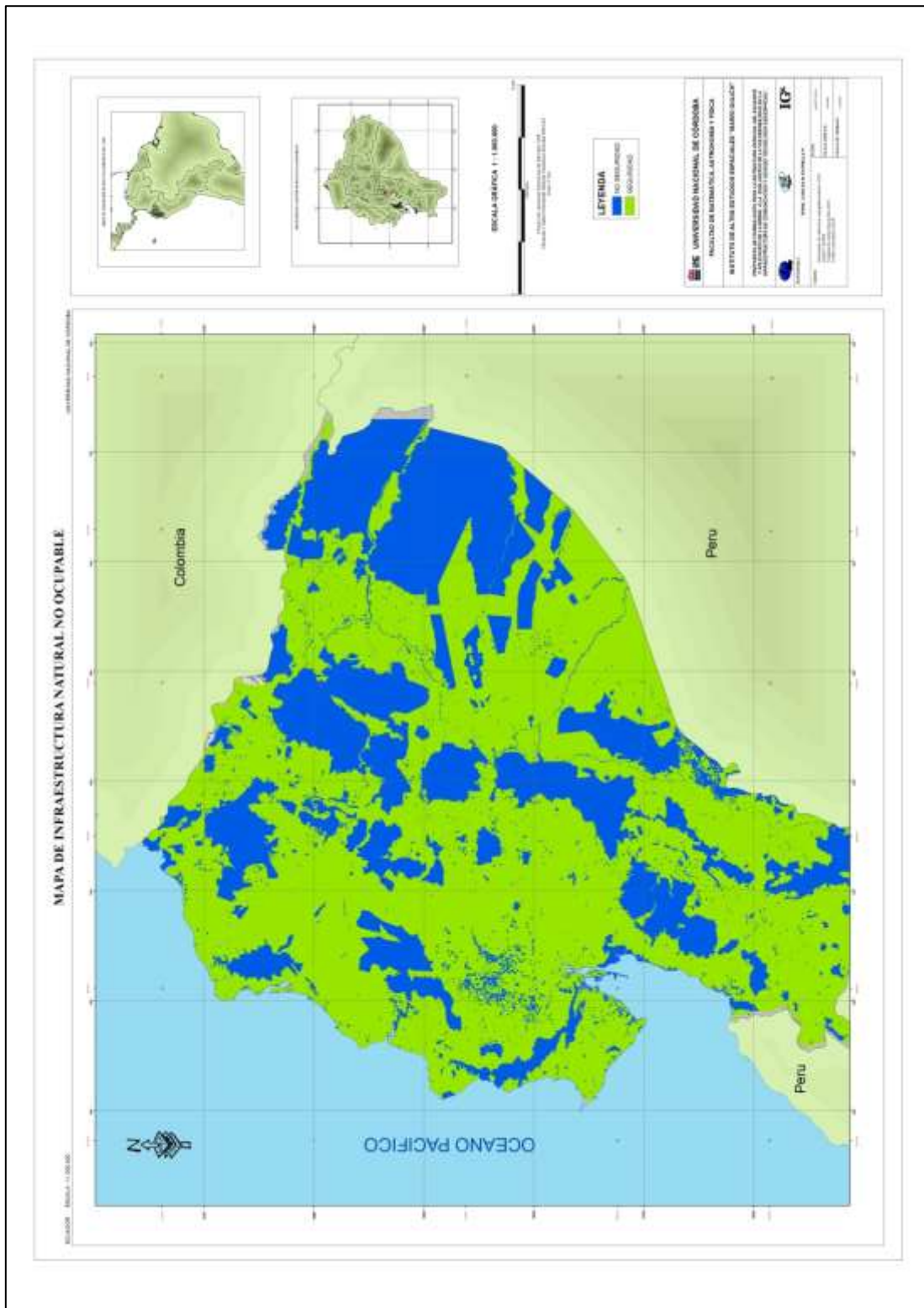
Anexo CAPT.IV.12: MOVIMIENTOS DE MASA



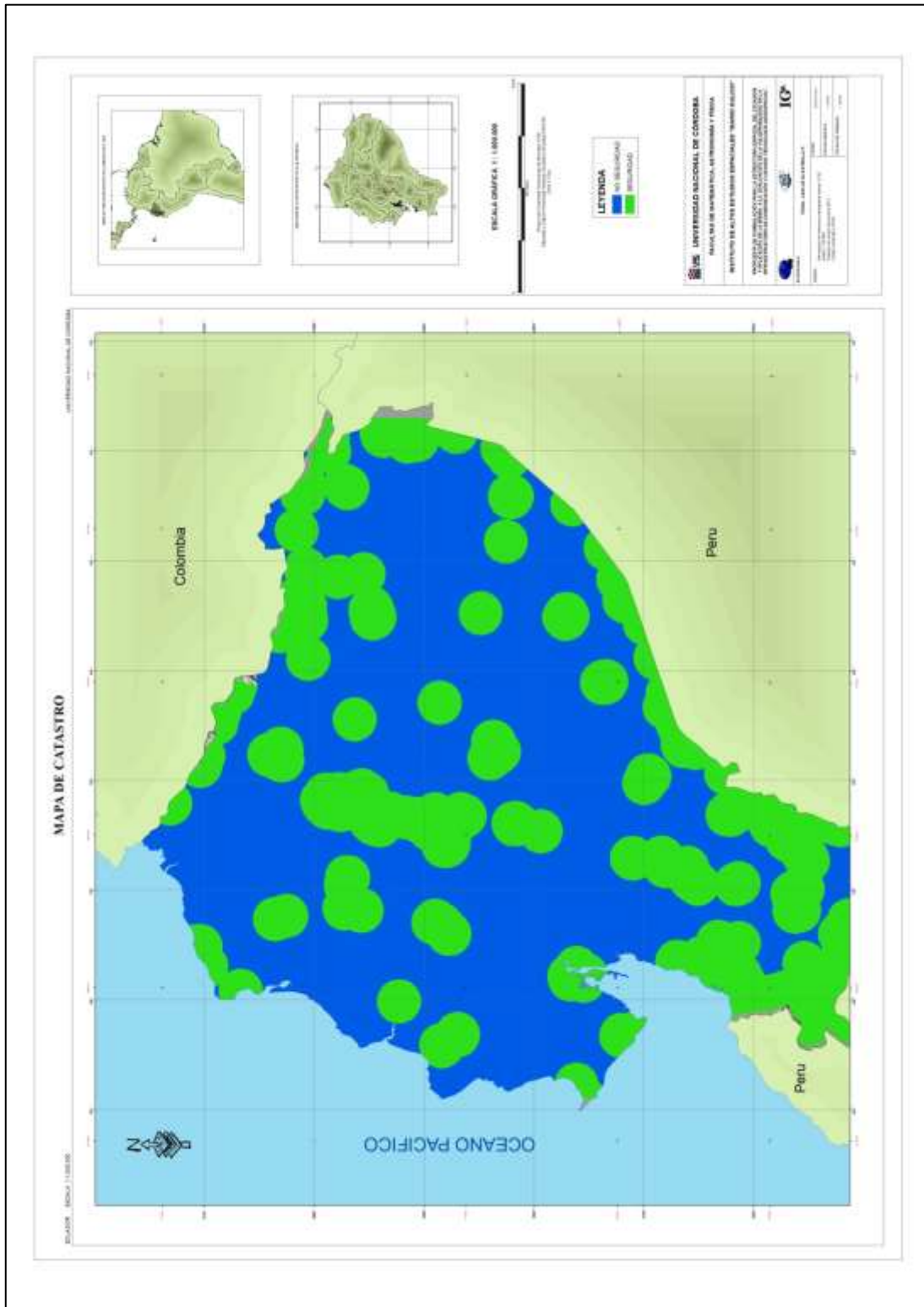
Anexo CAPT.IV.13: INTENSIDAD SÍSMICA



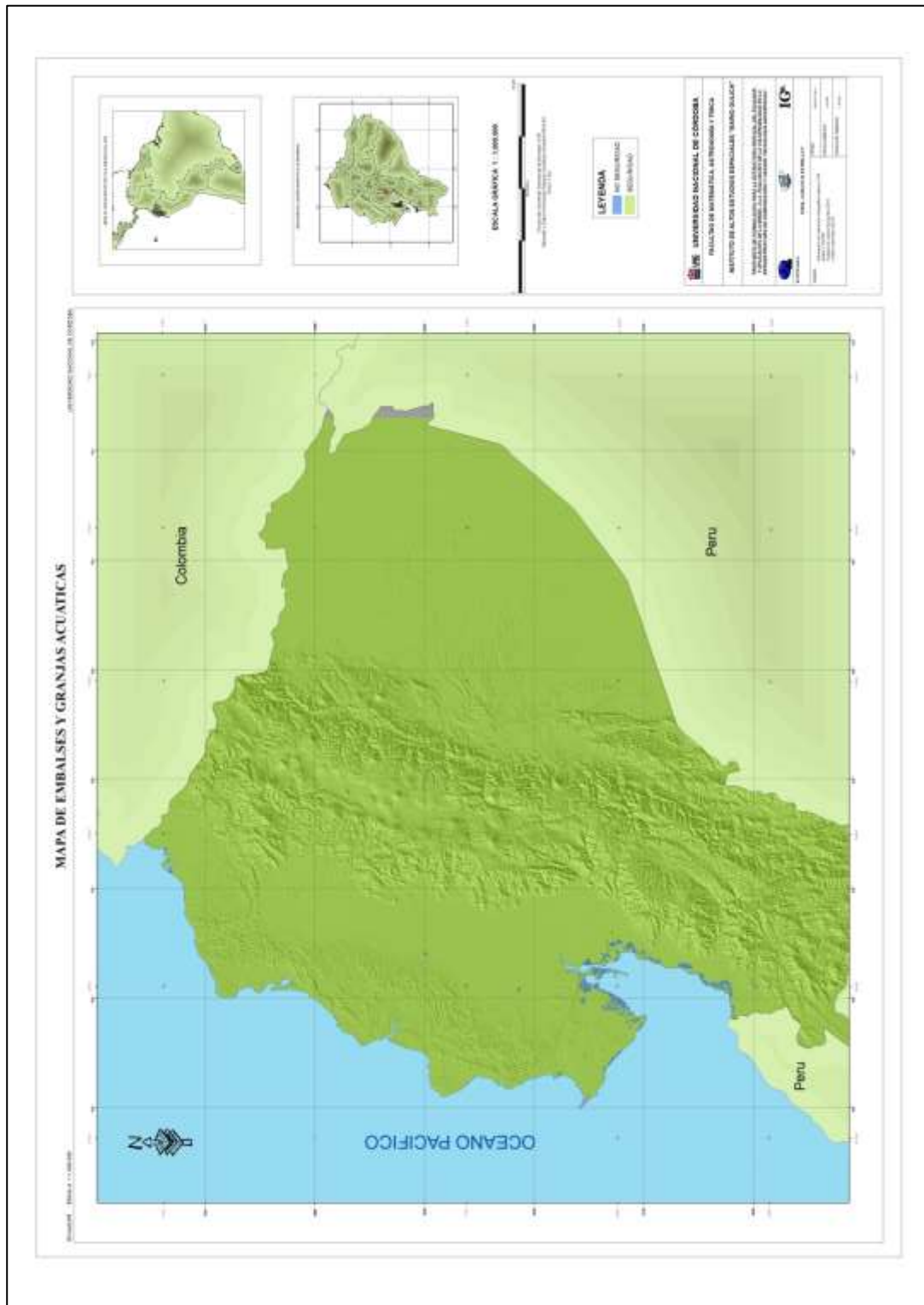
Anexo CAPT.IV.14: INFRAESTRUCTURA NATURAL NO OCUPABLE



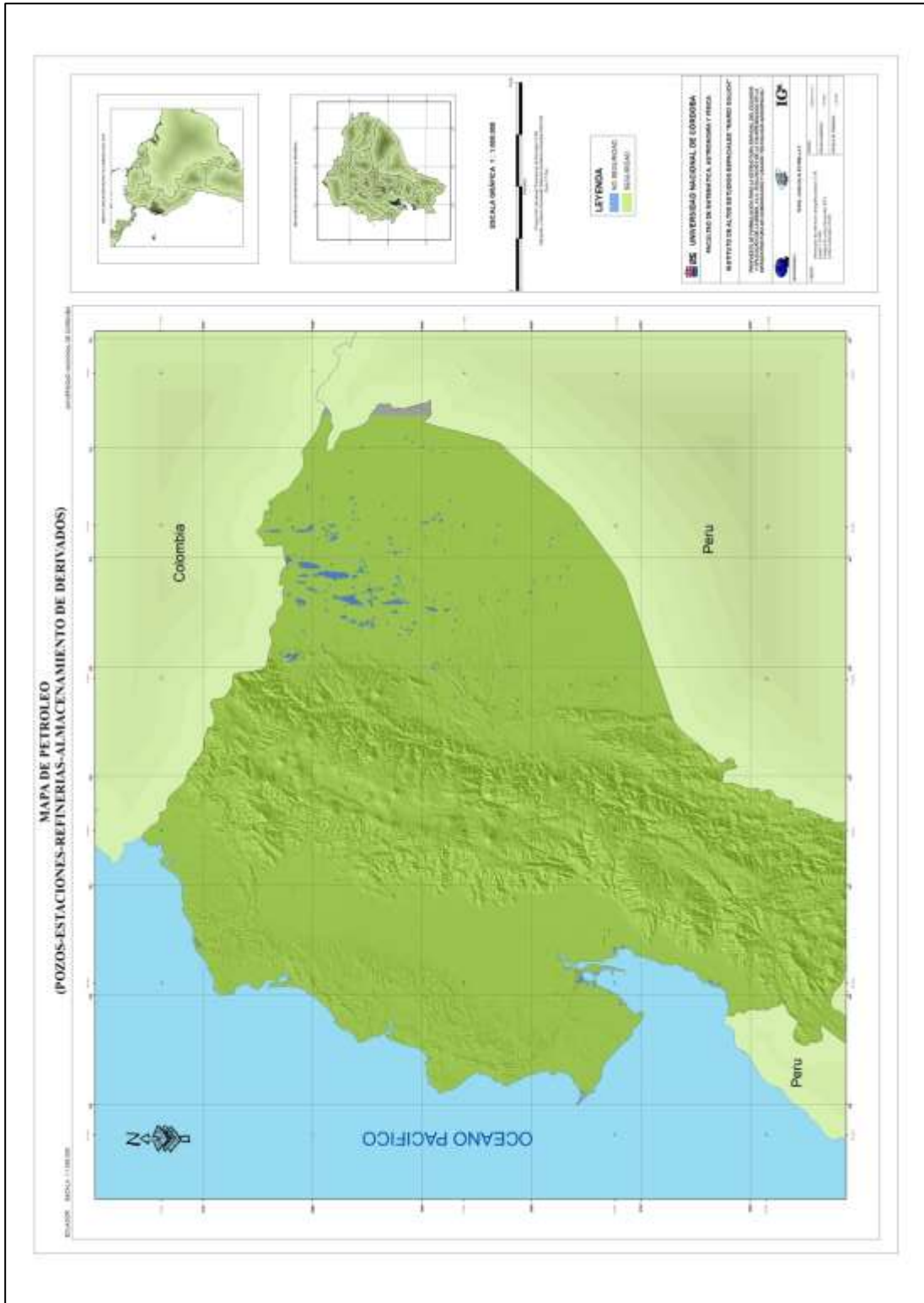
Anexo CAPT.IV.15: CATASTRO



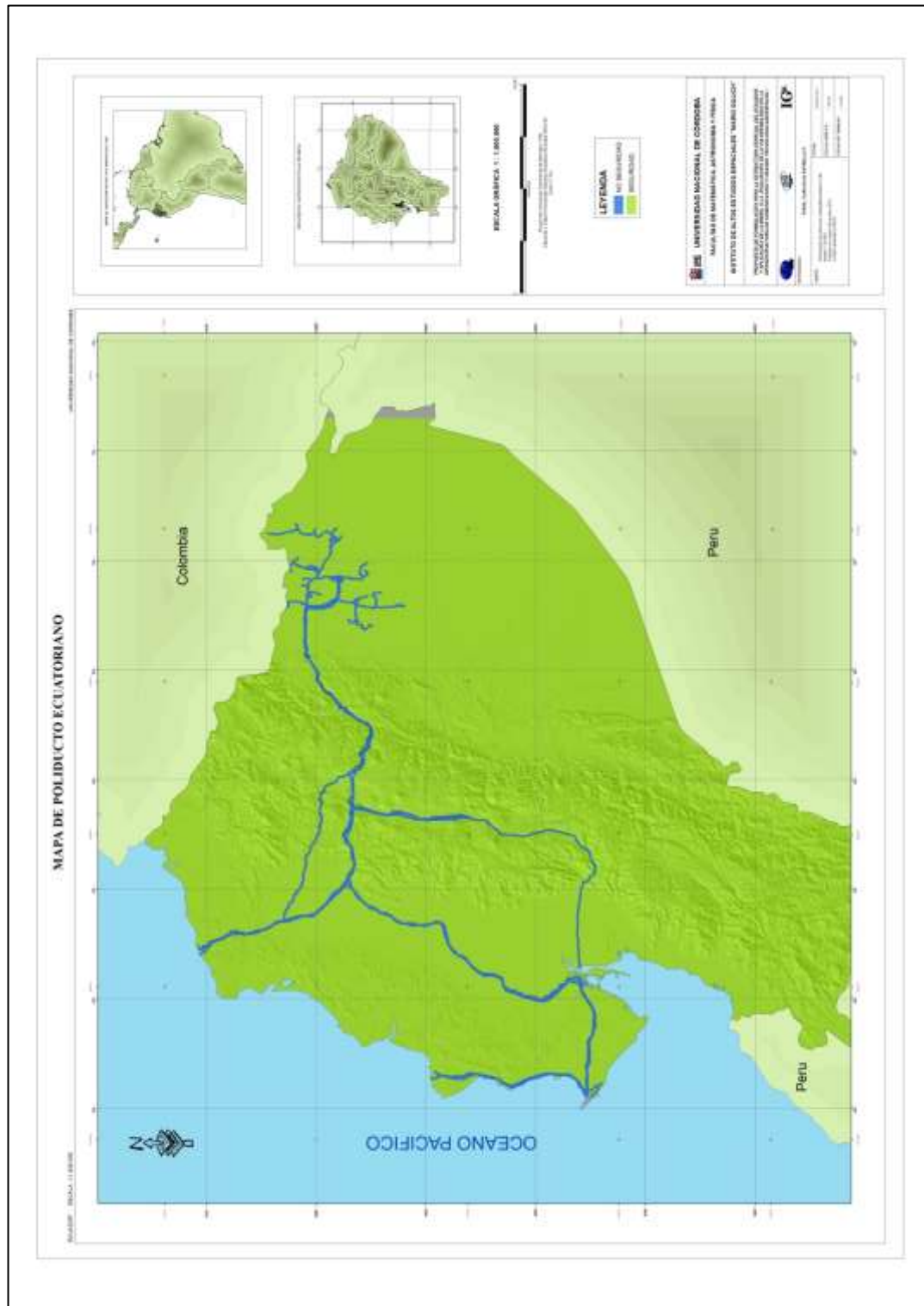
Anexo CAPT.IV.16: INF. ART. NO OCUPABLE (Embalses, granjas acuáticas)



**Anexo CAPT.IV.17:** INF. ART. NO OCUPABLE (PETRÓLEO. Pozos, estaciones, refinерías, almacenamiento de derivados)

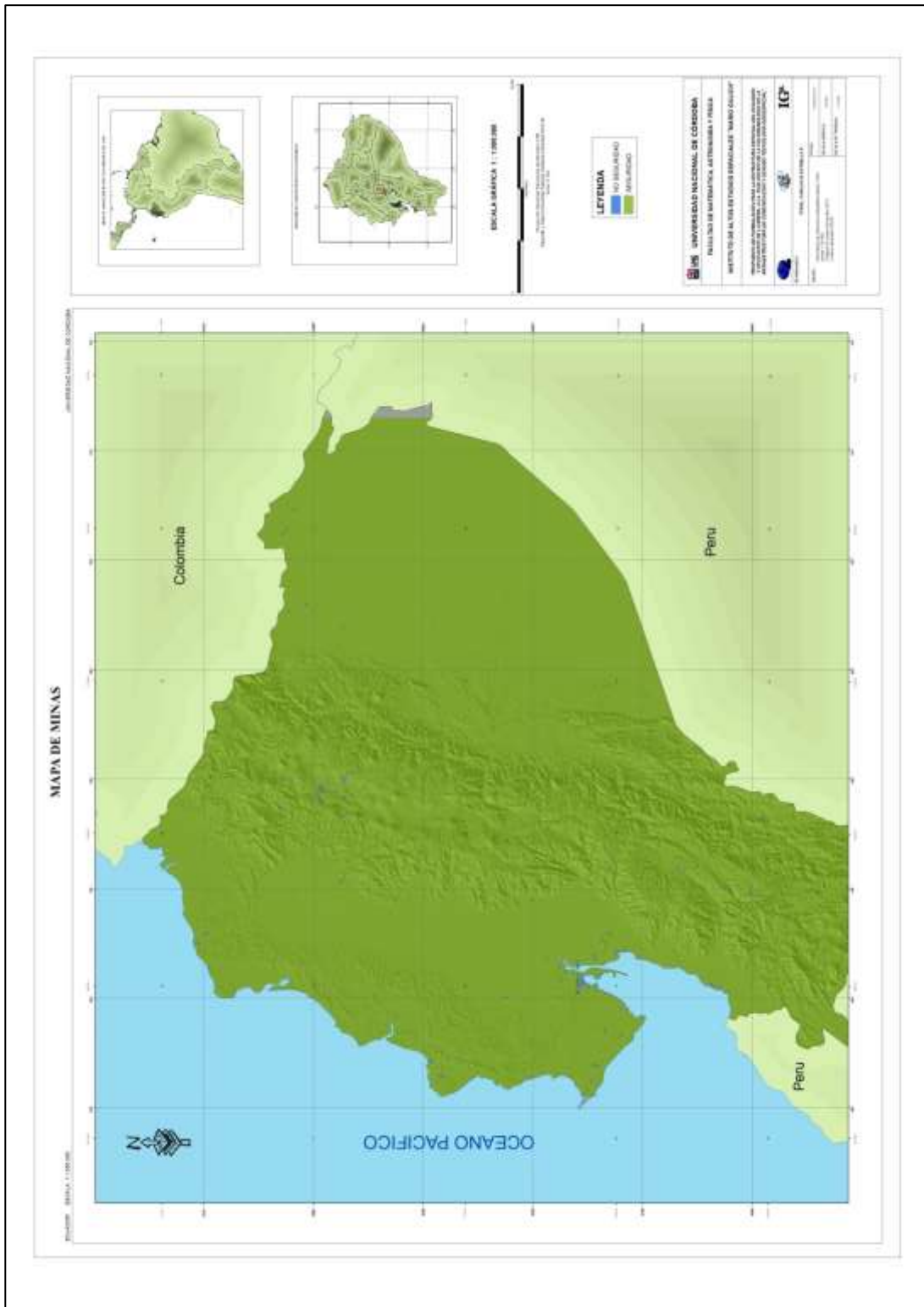


**Anexo CAPT.IV.18:** INF. ART. NO OCUPABLES (POLEODUCTO. Poleoducto, poliducto, tubería)

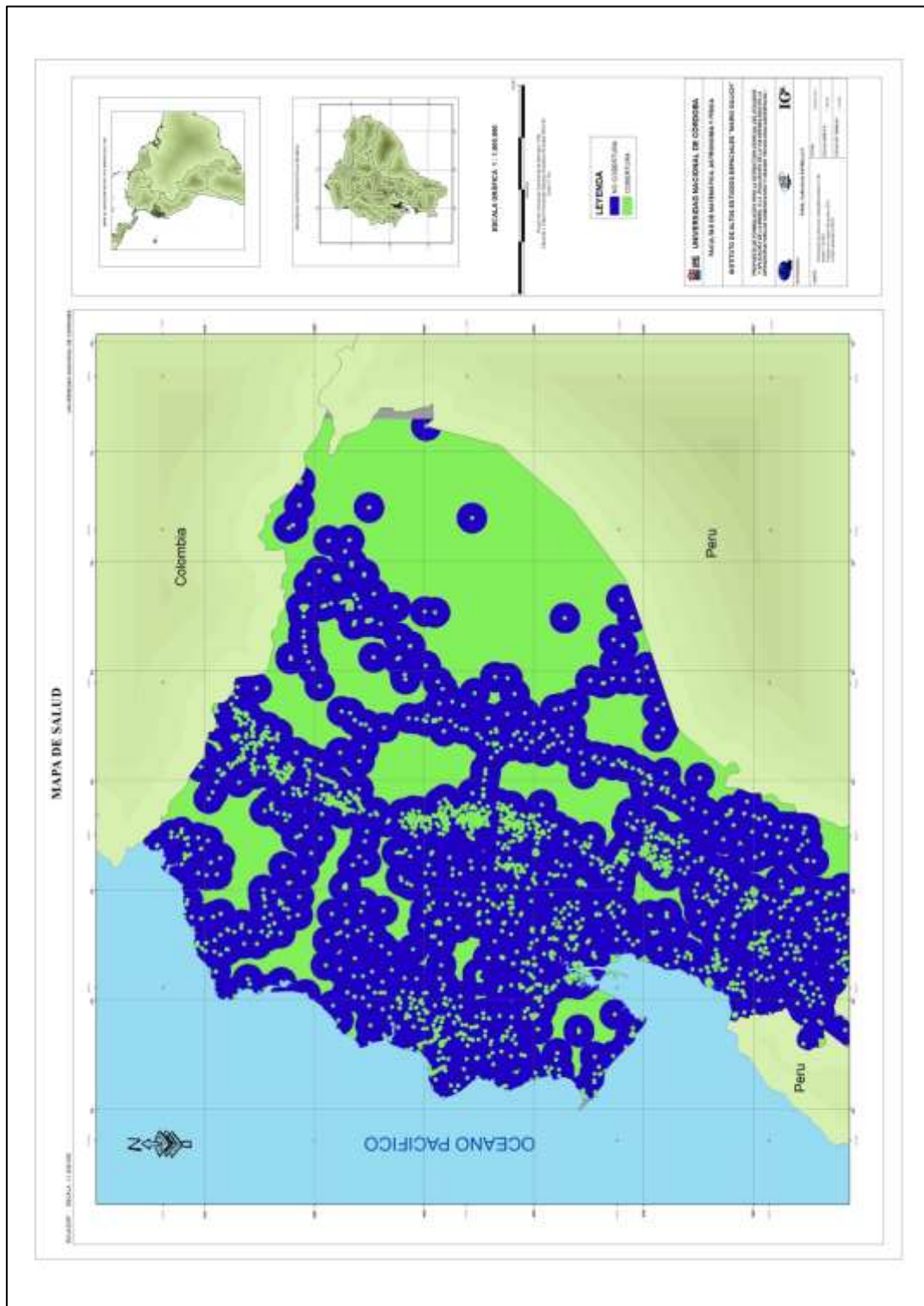




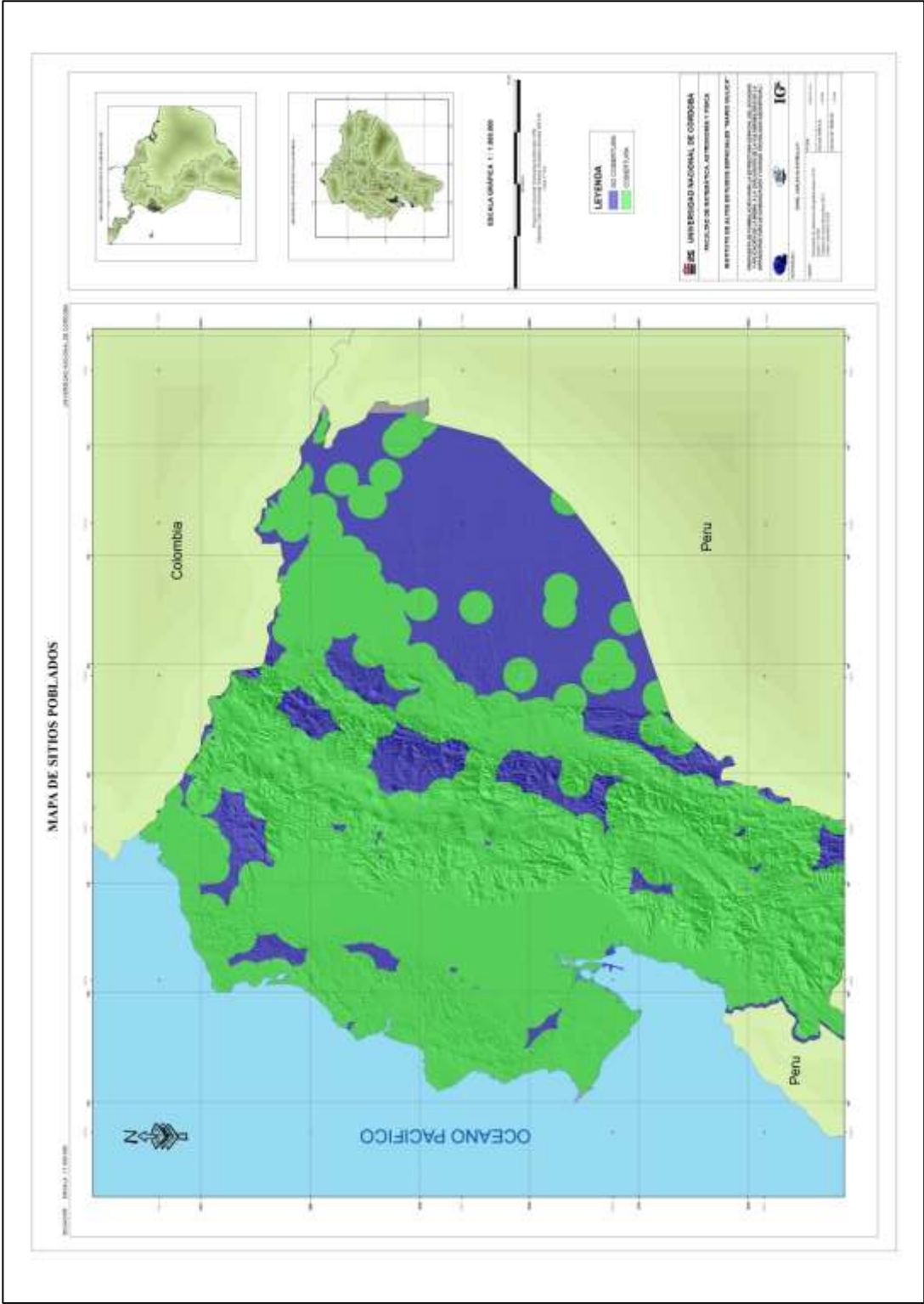
**Anexo CAPT.IV.19:** INF. ART. NO OCUPABLE (Minas y canteras)



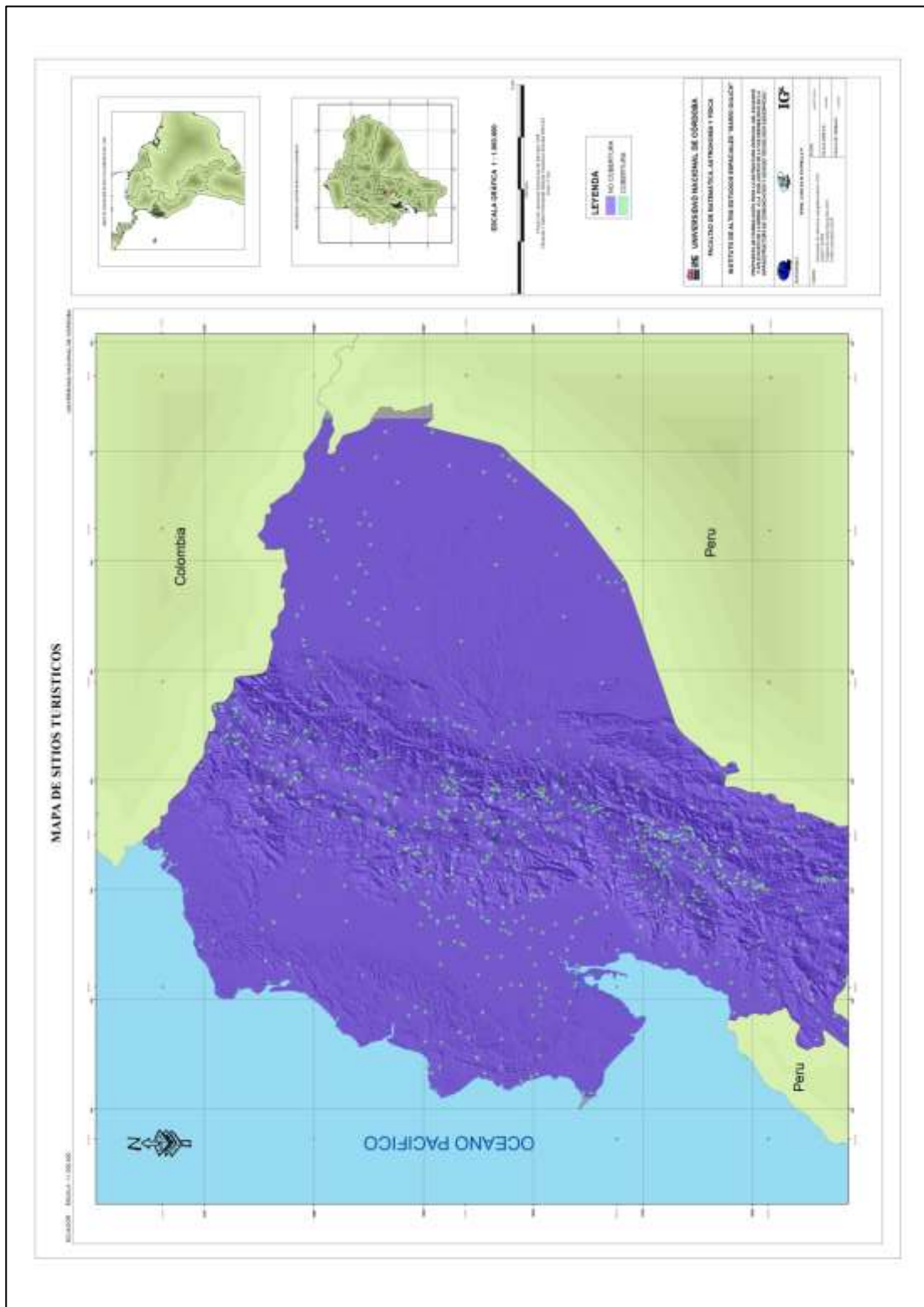
Anexo CAPT.IV.20: CENTROS DE SALUD



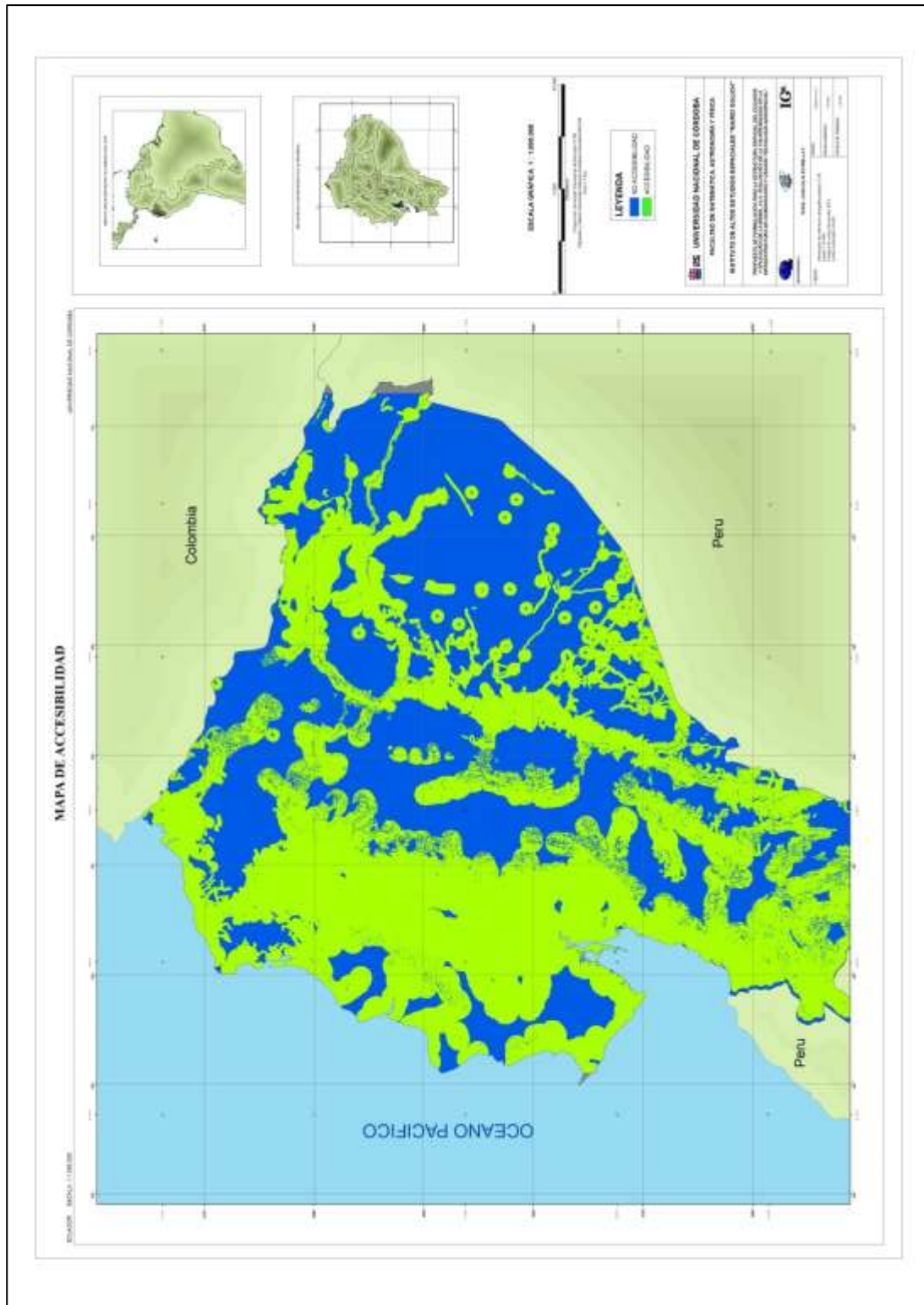
Anexo CAPT.IV.21: SITIOS POBLADOS



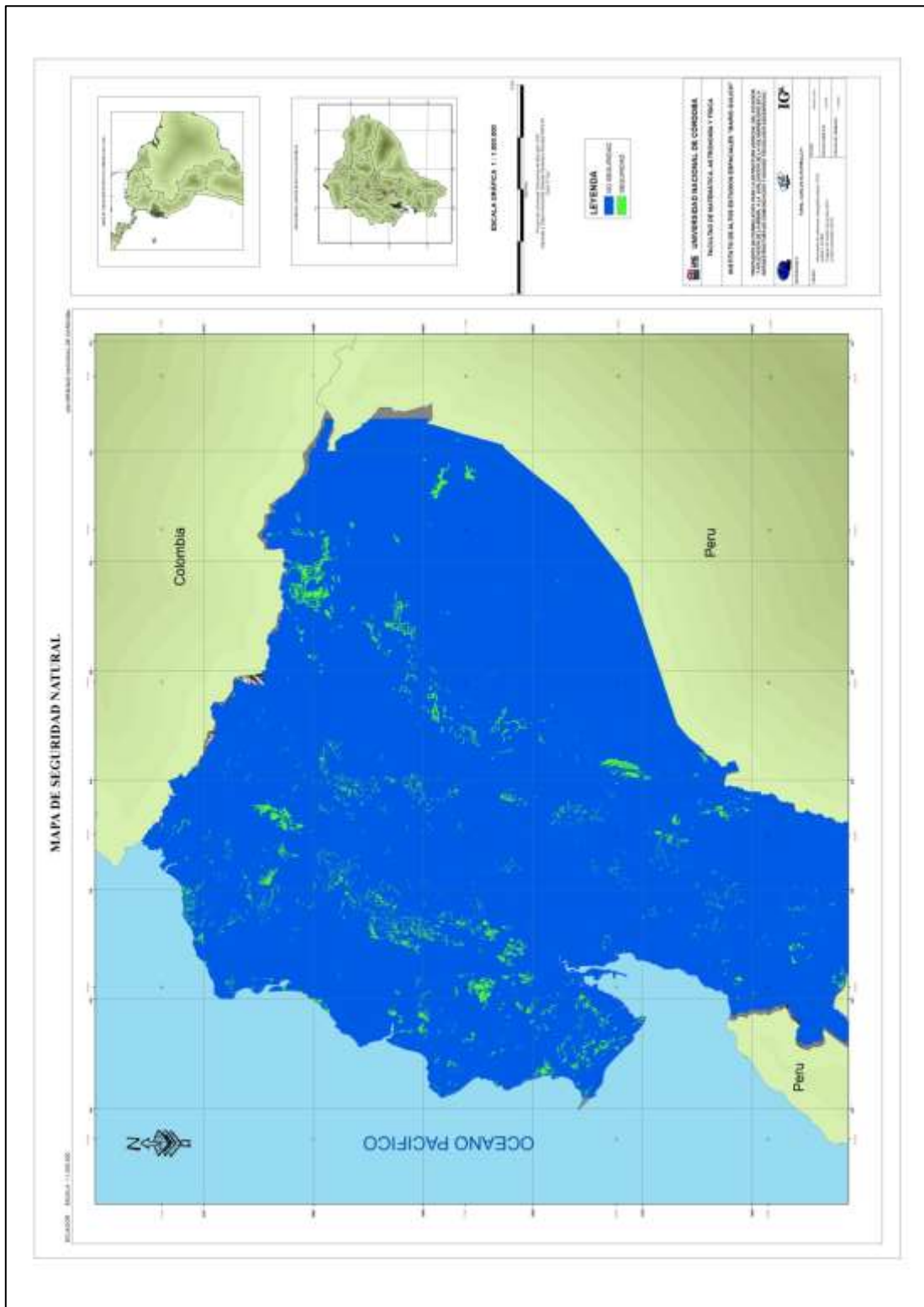
Anexo CAPT.IV.22: SITIOS TURÍSTICOS



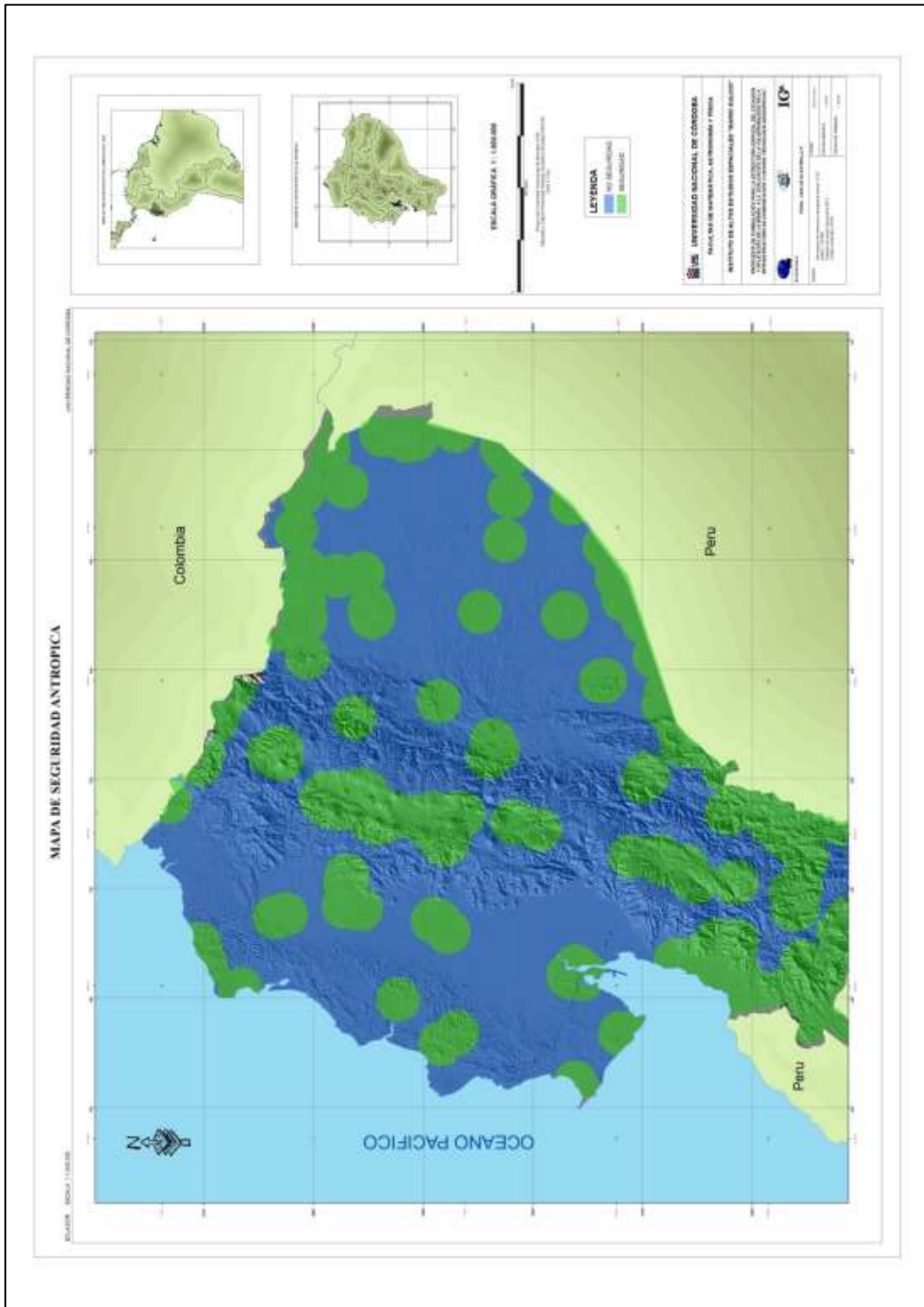
**Anexo CAPT.IV.23:** RED SDH / PDH (NO APLICA)  
**Anexo CAPT.IV.24:** MAPA DE ACCESIBILIDAD



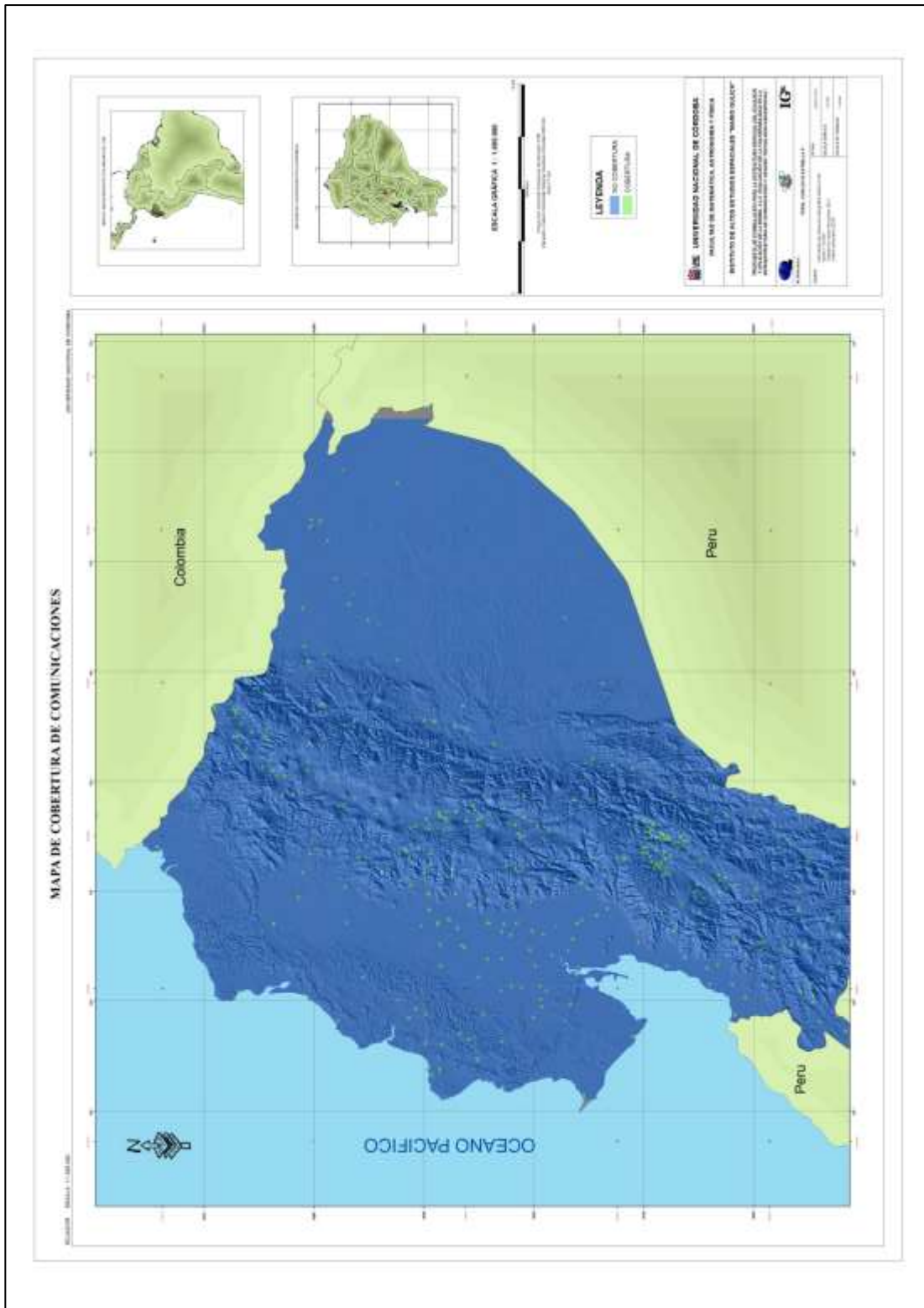
Anexo CAPT.IV.25: MAPA DE SEGURIDAD NATURAL



Anexo CAPT.IV.26: MAPA DE SEGURIDAD ANTRÓPICA

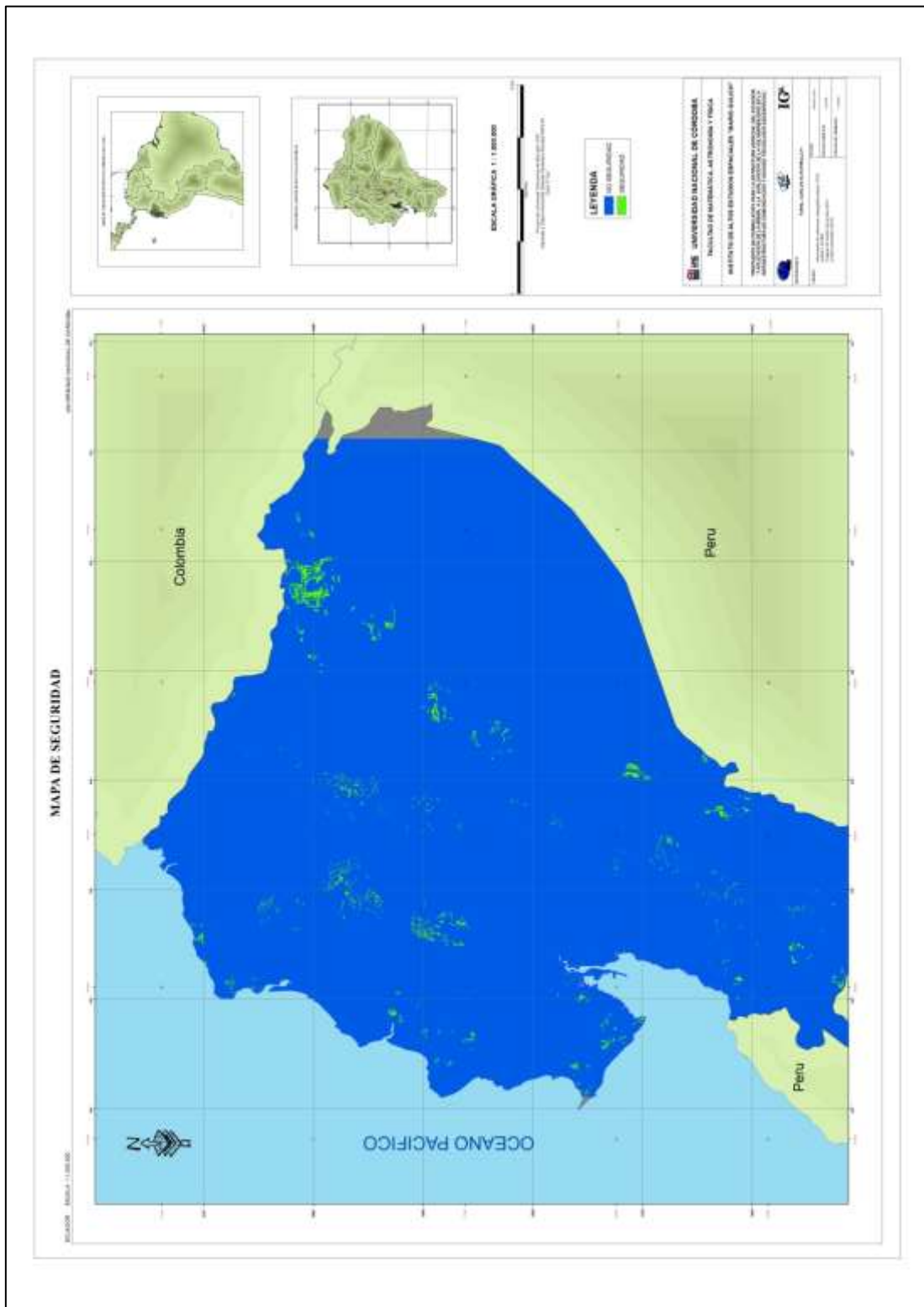


Anexo CAPT.IV.27: MAPA DE COBERTURA DE COMUNICACIÓN

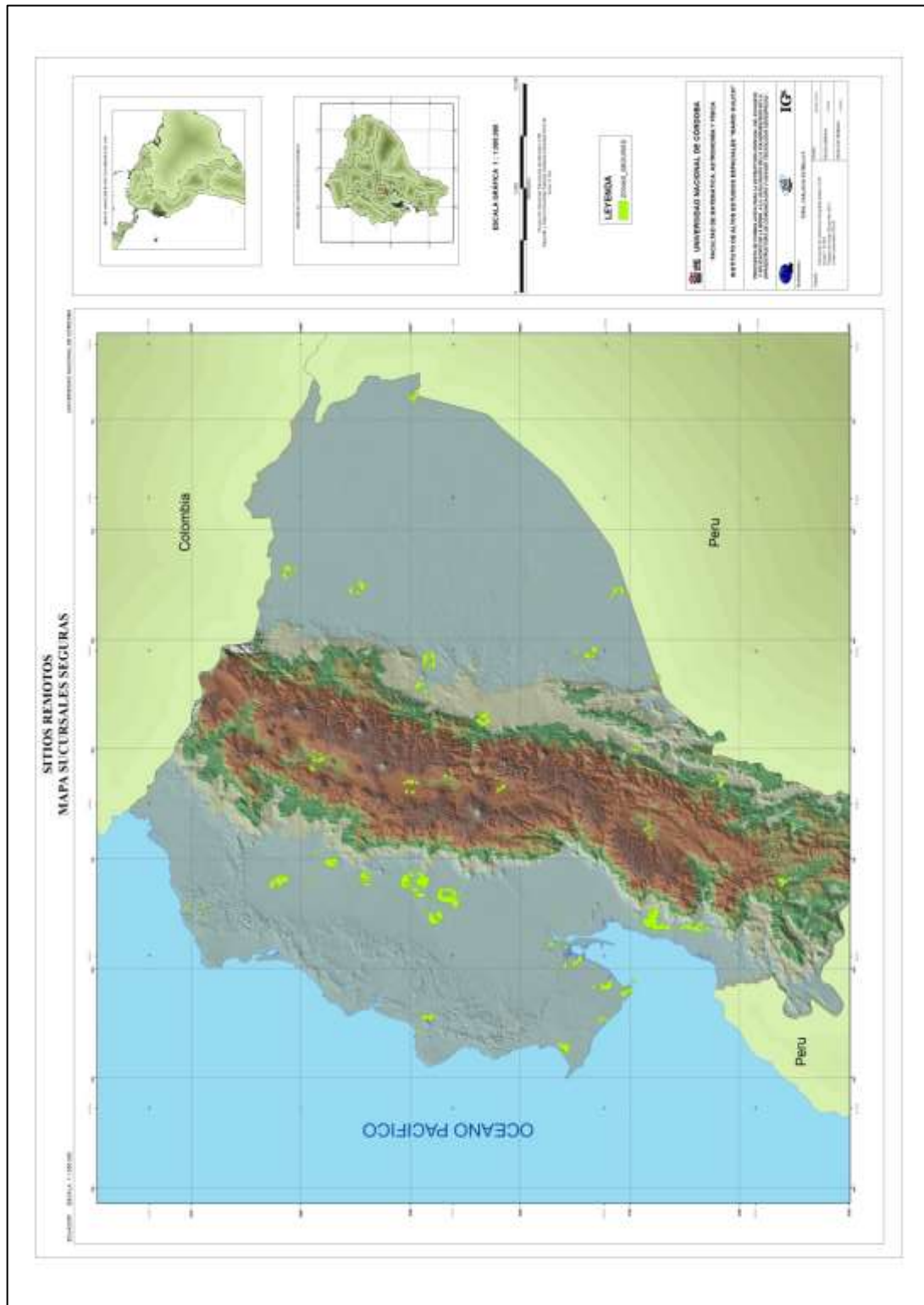




Anexo CAPT.IV.28: MAPA DE SEGURIDAD TOTAL

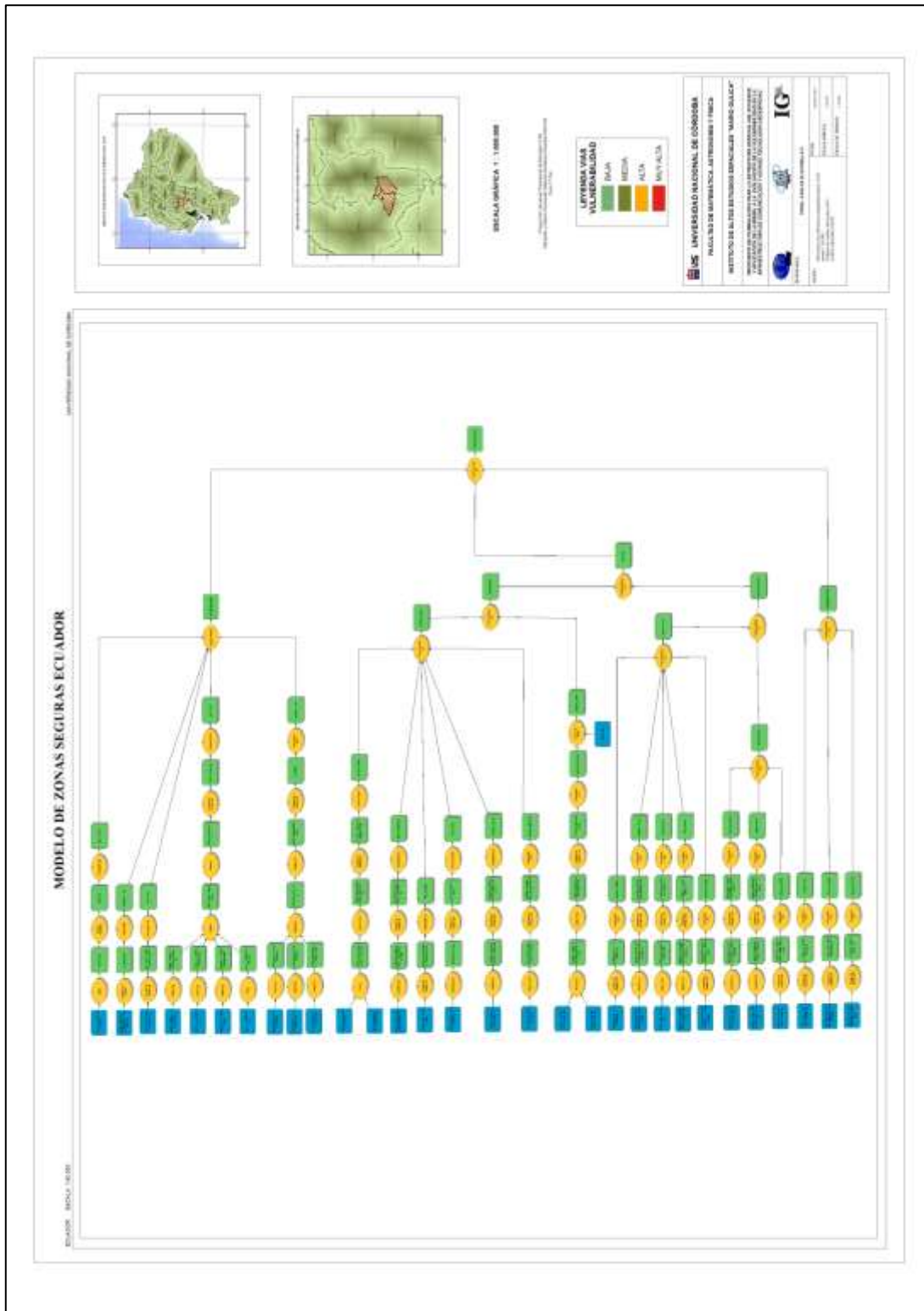


**Anexo CAPT.IV.29:** AREAS FUERTES (Sucursales Seguras o Sitios Remotos)

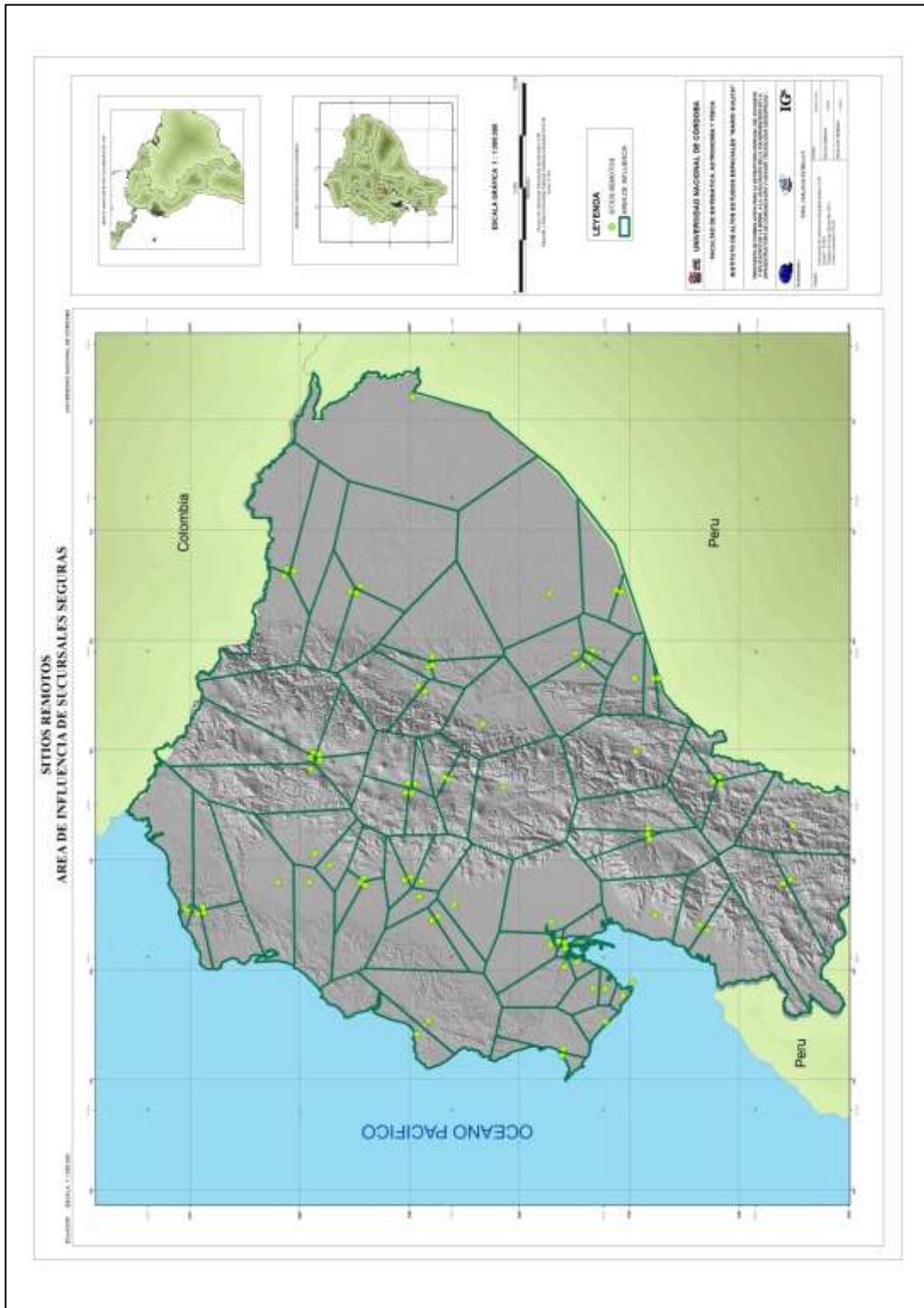




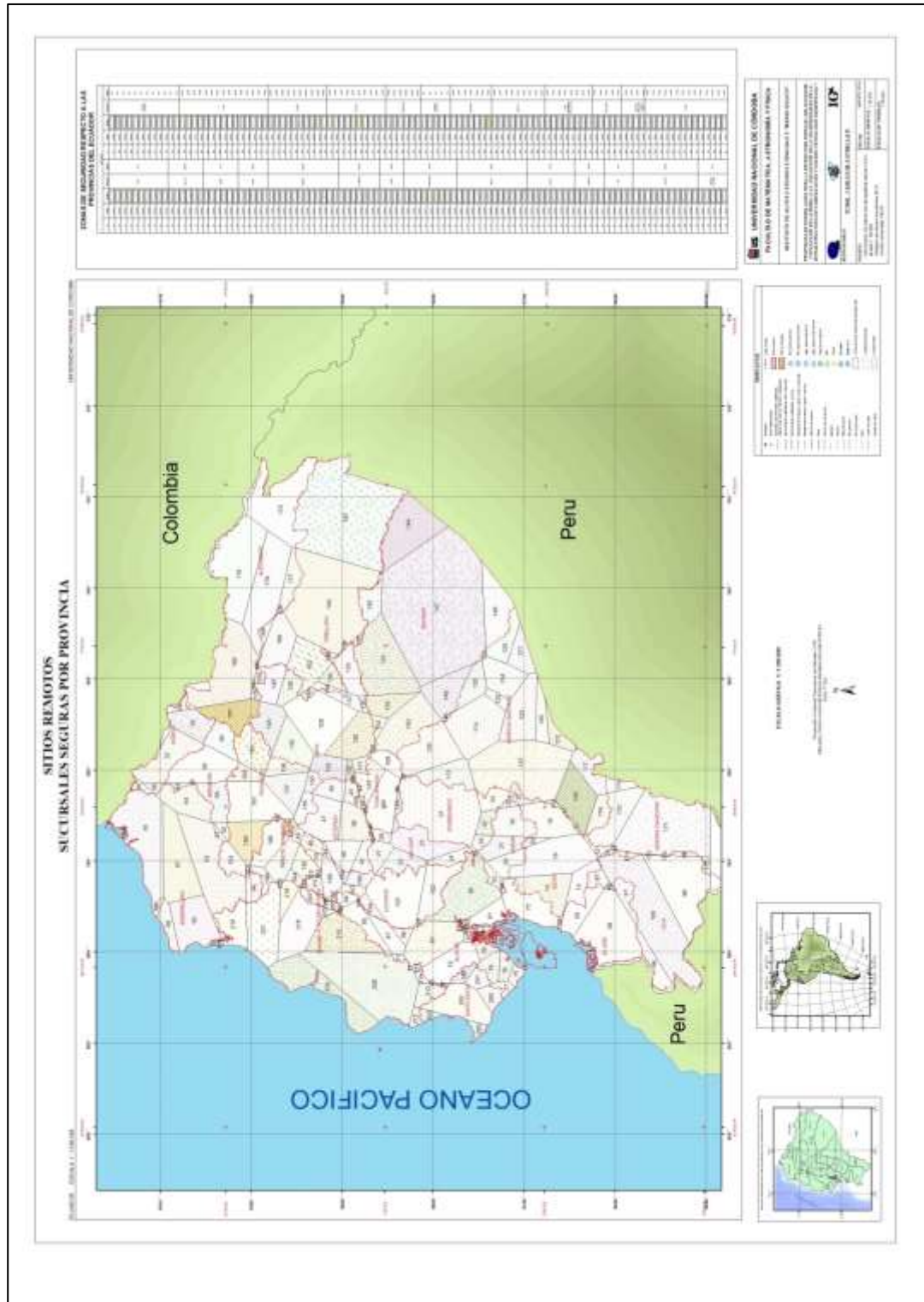
Anexo CAPT.IV.30: MODEL BUILDER PERSONALIZADO



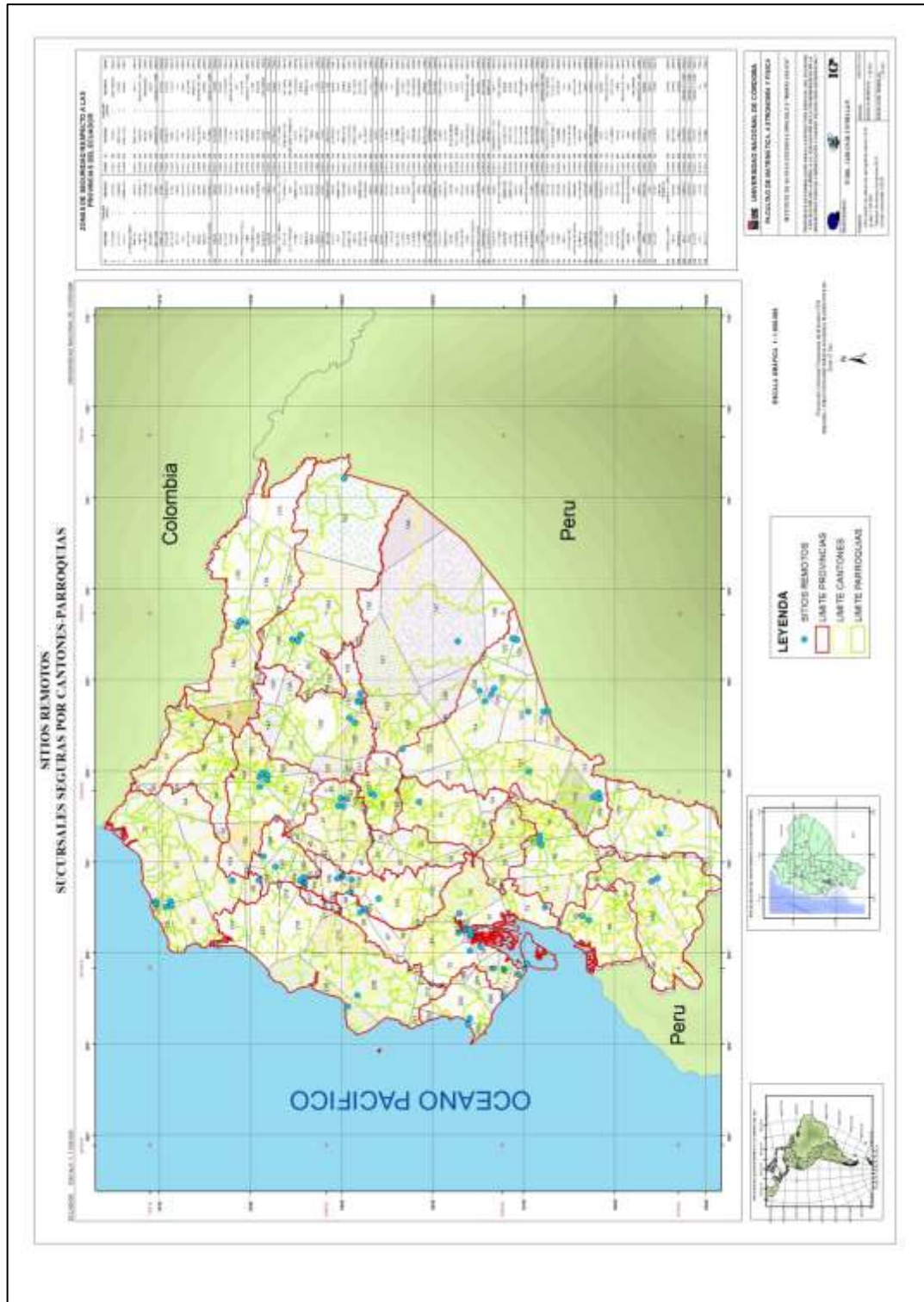
Anexo CAPT.IV.31: TRIÁNGULOS DE DELAUNAY Y POLÍGONOS DE VORONOI



**Anexo CAPT.IV.32:** CARACTERIZACIÓN DE POLÍGONOS EN FUNCIÓN DE LA DIVISIÓN POLÍTICA DEL ECUADOR (Provincias, Cantones y Parroquias)









**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

**CAPÍTULO V. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL (ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS) USANDO TECNOLOGÍA GEO\_AEROESPACIAL**

**1. ESTRUCTURACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

Los riesgos naturales (cambios climáticos, deslaves (deslizamientos de tierras o movimiento de masa), erupciones volcánicas, incendios forestales, inundaciones, sequía, sismos (terremotos), agujas y tsunamis), son las multiamenazas desafiantes, categorizadas en la Secretaria de Gestión de Riesgos del Ecuador. El grado de impacto de dichos riesgos depende principalmente del nivel de vulnerabilidad del territorio o de la sociedad afectada. Por lo tanto la vulnerabilidad es un elemento fundamental en el proceso de gestión de riesgos. (Ver <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/multiamenazas>).

Es necesario indicar que hasta el momento no existe ningún método consistente para hacer frente a la vulnerabilidad, por lo que hay la necesidad de un concepto de evaluación con enfoque genérico y global (Jurgen Straub, President’s Office, Bonn Germany, Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance).



Diagrama V.012 Estructuración de la Vulnerabilidad en la Infraestructura de Comunicación Vial

En cualquier trabajo o investigación, la descripción y análisis son necesarios para conocer de manera adecuada las particularidades del tema en estudio, no obstante, es preciso conocer alguna medida o magnitud resumen, que permita ponderar la importancia relativa de cada una de las variables o indicadores que entran en la descripción y análisis. Por lo cual se ha empleado un método de ponderación, que permita asignar pesos, jerarquías o ponderaciones, es decir, llegar a expresar, en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos. Para este cálculo y asignación de coeficientes de cada uno de los indicadores, se ha elegido el método multicriterio de análisis jerárquico (AHP) propuesto por Thomas Saaty, con la finalidad de eliminar el grado de la subjetividad.

## 2. VULNERABILIDAD FÍSICA DEL ECUADOR

La vulnerabilidad física del Ecuador en los sistemas de comunicación vial, están relacionadas bajo tres parámetros:

- **ARTICULACIÓN:** Definida por la interacción e interrelaciones de tipo físico a través de las redes terrestres, que enlazan cabeceras cantonales, parroquiales y recintos, permitiendo con esto, el flujo o movimiento de población, bienes y servicios.
- **MATERIAL:** Definida por la composición o los elementos usados en la construcción de los ejes viales.
- **TIPO:** Se refiere a la categoría y característica de la vía de comunicación.

Una fuente de información fundamental, será la cartografía base con el detalle de la espacialización de las vías de comunicación y la base de datos (geodatabase) que incluye la categorización, materiales constructivos y número de carriles.

La vulnerabilidad de la variable vías de comunicación, está dada por la siguiente ecuación:

$$V_{vc} = C_1 * I_1 + C_2 * I_2 + C_3 * I_3$$

Donde:

$V_{vc}$  = corresponde a la Variable, "Vulnerabilidad Vías de Comunicación"

$C_1, C_2, C_3$  = son coeficientes

$I_1, I_2, I_3$  = son indicadores, articulación, material y tipo

Para calcular los coeficientes, de acuerdo al método AHP de jerarquización de Thomas Saaty se realiza el siguiente procedimiento:

#	Vías	Jerarquización
1	Articulación	3
2	Material	1
3	Tipo	2
<b>Sumatoria <math>\Sigma</math></b>		<b>6</b>

Tabla V.09 Jerarquización de las Variables

Fórmula de jerarquización AHP

$$Peso_o = \frac{N - O_i - 1}{\sum(N - O_i + 1)}$$

Donde:

$O_i$  = Grado de importancia

$N = \#$  de variable

1	→	3-3+1=	1/6=	0,17	Articulación
2	→	3-1+1	3/6=	0,50	Material
3	→	3-2+1	2/6=	0,33	Tipo
Sumatoria $\Sigma$				<b>1,00</b>	

Tabla V.010 Determinación de coeficientes para aplicación de la Vulnerabilidad (Peso de las variables)

Una vez determinados los pesos se establece la relación con los indicadores respecto a la amenaza (MOVIMIENTOS EN MASA)

Variable: Vías de Comunicación			
Amenaza	Indicadores	Ponderación (Saaty)	Simbología
<b>Movimiento en Masa</b>	Articulación	0.17	C1
	Material de la vía	0.50	C2
	Tipo de vía	0.33	C3

Tabla V.011 Indicadores respecto al movimiento de masa

Se asigna pesos de acuerdo a la importancia de las características de la articulación, material y tipo de vía, y se procede a homogenizar con respecto al grado de vulnerabilidad.

Descripción (tipo de articulación)	Vulnerabilidad	Valor
Cabecera cantonal - Cabecera cantonal	Muy alta	2
Cabecera cantonal - Cabecera parroquial	Alta	1.5
Cabecera parroquial – Recinto Cabecera cantonal – Recinto	Media	1
Recinto – Recinto	Baja	0.5

Tabla V.012 Indicador 1 (I1): Articulación

Descripción (material)	Vulnerabilidad	Valor
Tierra	Muy alta	2
Lastre	Alta	1.5
Pavimento	Media	1
Hormigón	Baja	0.5

Tabla V.013 Indicador 2 (I2): Material de Construcción

Descripción (tipo)	Vulnerabilidad	Valor
Camino de verano	Muy alta	2
Camino lastrado de una vía	Alta	1.5
Camino lastrado 2 ó más vías	Media	1
Camino pavimentado, hormigón de 2 o más vías, Autopista	Baja	0.5

Tabla V.014 Indicador 3 (I3): Tipo de Vía

Una vez definidos los coeficientes y los indicadores se procede a ejecutar el modelo:

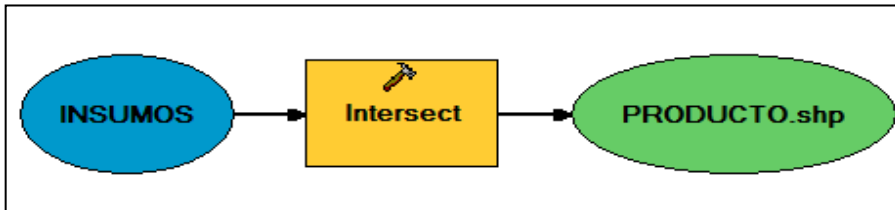


FIG V.038 Identificación de insumos, procesos y productos

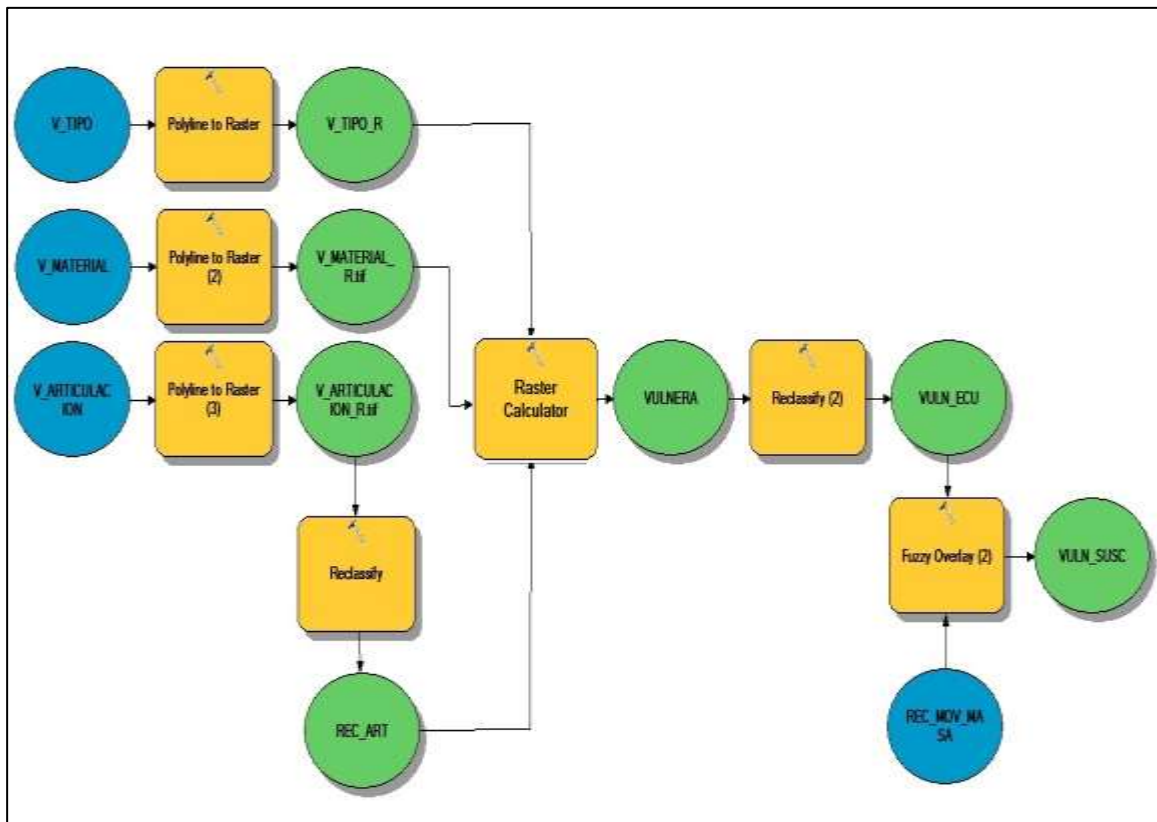


Diagrama V.013 Model Builder Automatizado de generación de un Mapa de Vulnerabilidad

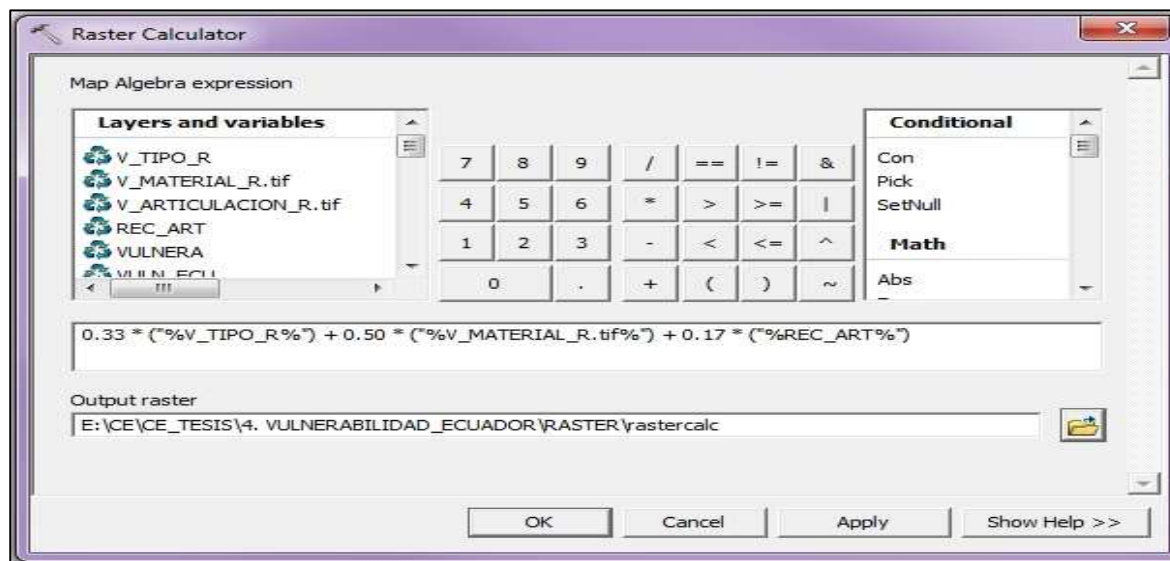


FIG V.039 Aplicación de la fórmula del cálculo de vulnerabilidad (RASTER CALCULATOR)

Es necesario indicar que antes de iniciar el desarrollo cartográfico y obtención de información de la vulnerabilidad de la variable vías de comunicación, se corrigen los errores topológicos; es decir control de estructuración y nodos que los hace el sistema, a través de comandos.

### 3. APLICACIÓN DE LA INTERFEROMETRIA RADAR A LA ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación está basada en un conjunto de 24 imágenes ascendentes del año 2012, con un nivel 1.0 que son datos con señal reconstruida, no procesada.

DATOS DE TOMA: Solo ascendentes

#### A. METODOLOGÍA

Verificar que las imágenes a utilizar cubran el área de estudio.

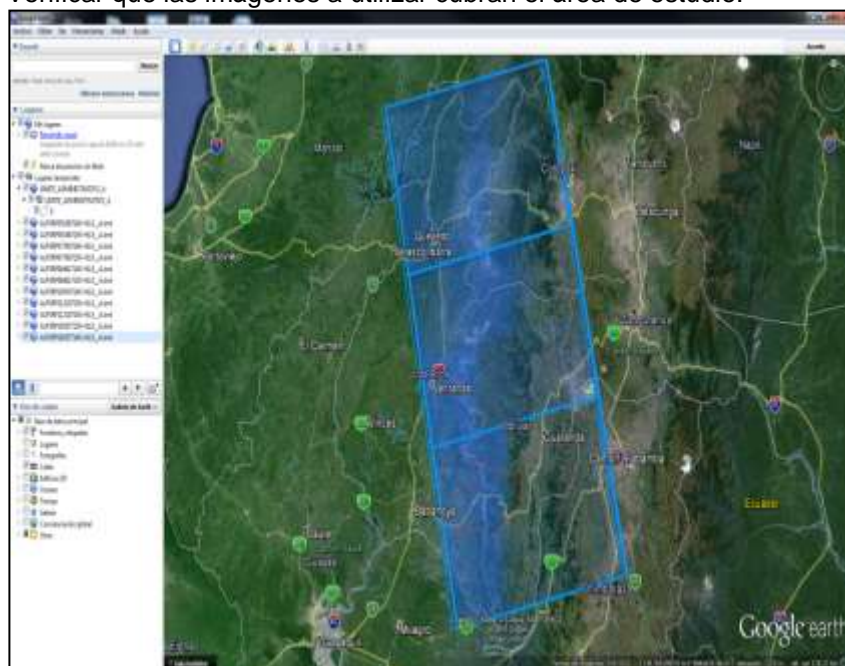


FIG V.040 Cobertura de las imágenes en el área de estudio

Para generar interferogramas realizamos el siguiente proceso:

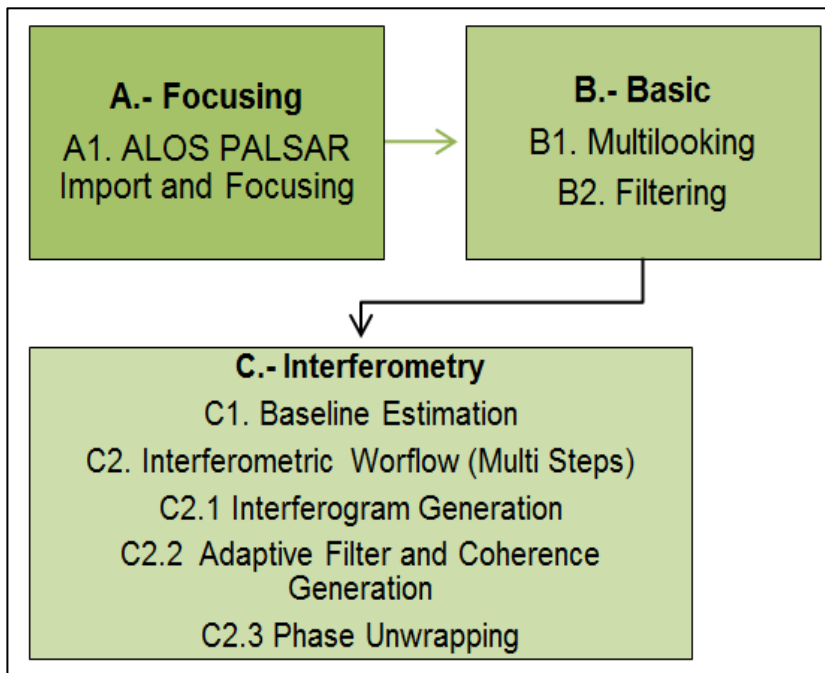


Diagrama V.014 Proceso para generar interferogramas

## 1) FOCUSING

### - A1. ALOS PALSAR Import and Focusing

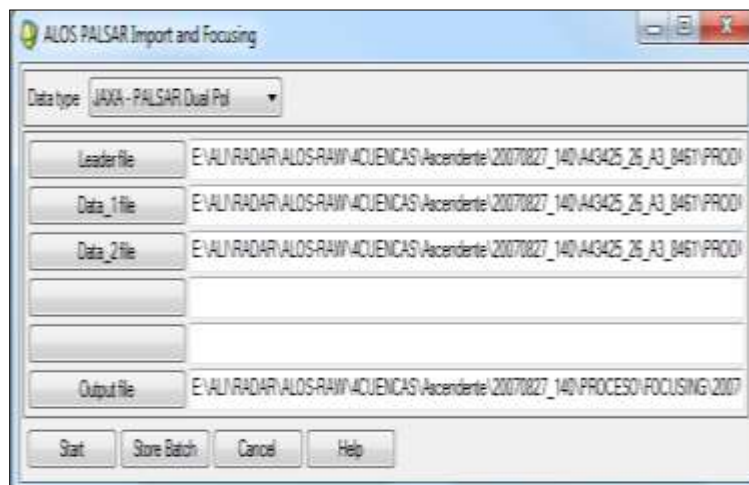


FIG V.041 ALOS PALSAR Import and Focusing

Leader file: archivo LED

Data\_1 file: archivo slc (HH)

Data\_2 file: archivo slc (HV)

Output file: nombre archivo de salida

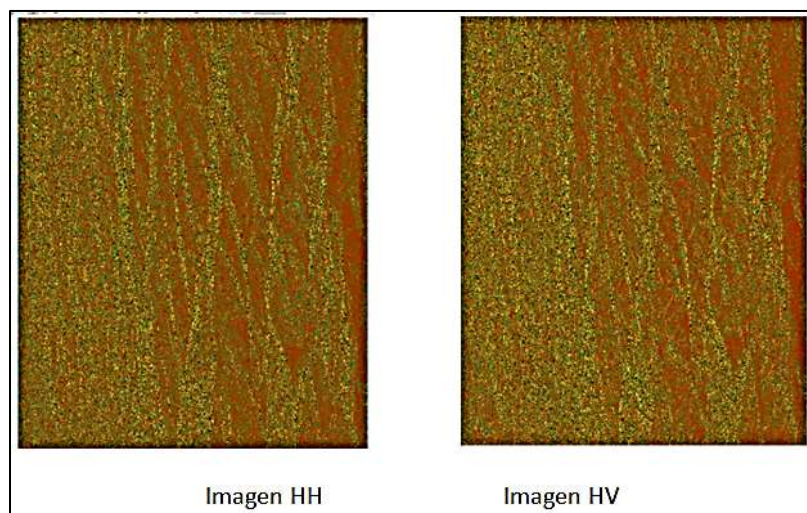


FIG V.042 El archivo de salida genera dos archivos, por la doble polaridad de la imagen

- El archivo de salida generará dos archivos, debido a que en este caso la imagen a procesar presenta doble polaridad (HH, HV).

## 2) BASIC

### - B1. Multilooking

Las imágenes seleccionadas para el área de estudio se encuentran en Single Look Complex (SLC), las mismas que presentan diferentes resoluciones espaciales en azimut como en range ground. Como podemos observar en la imagen SLC ENVISAT del 2012 presenta las siguientes dimensiones:

Resolution range: 13.1159200375

Resolution azimut: 3.9858478707636116

Además, para el proceso de multilooking, se considera también el ángulo de incidencia que corresponde a la toma de la imagen, en este caso el ángulo es 38.700000000000003, lo que muestra que las imágenes son de tipo IS5.

Image Swath	Swath Width (km)	Ground, position from nadir (km)	Incidence Angle Range	Worst case Noise Equivalent Sigma Zero
IS1	105	187 – 292	15.0 – 22.9	- 20.4
IS2	105	242 – 347	19.2 – 26.7	- 20.6
IS3	82	337 – 419	26.0 – 31.4	- 20.6
IS4	88	412 – 500	31.0 – 36.3	- 19.4
IS5	64	490 – 555	35.8 – 39.4	- 20.2
IS6	70	550 – 620	39.1 – 42.8	- 22.0
IS7	56	615 – 671	42.5 – 45.2	- 21.9

Tabla V.015 ASAR Product Handbook, ESA 2007

El objetivo de realizar multilooking es restaurar la imagen y pasar los pixeles de forma rectangular a pixeles de forma cuadrada, buscando así la geometría próxima a la realidad del terreno; para lo cual se debe invertir las medidas de los pixeles en azimut y rango.

En la herramienta de SarScape automáticamente nos arroja los siguientes valores:

Azimuth: 5

Range = 1

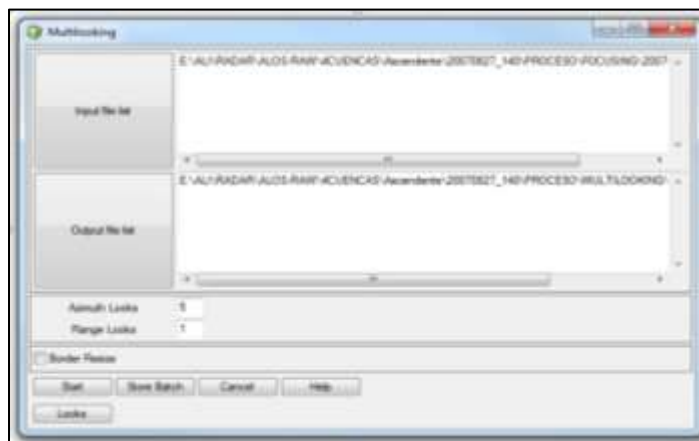


FIG V.043 Multilooking

Input file: archivo .slc

Output file: archivo .pwr

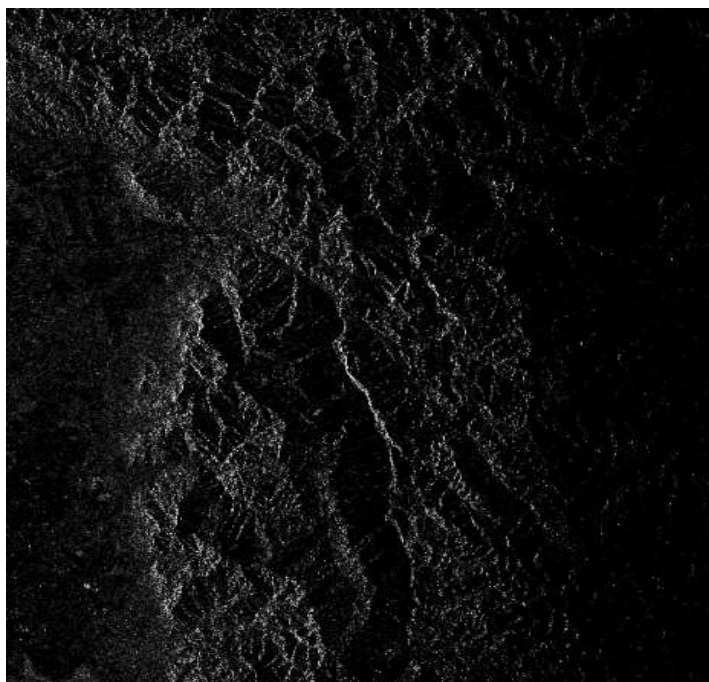


FIG V.044 Multilooking

## - B2. Filtering / Filtrado

Esta realiza una segunda corrección de las imágenes, en esta ocasión espectral. Los píxeles de las imágenes Master y Slave, aunque ahora se superponen, tienen un espectro de frecuencia de respuesta retrodispersada proveniente de diversos dispersores de la tierra a causa de la diferente geometría de la adquisición. Tal proceso necesita de un doble filtrado específico, de acuerdo a la dirección: uno en rango y uno en acimut (Torlai, 2009).



### 3) INTERFEROMETRÍA

Se requieren dos imágenes SAR para producir un interferograma, los cuales se pueden obtener pre-procesado, o producidos a partir de datos en bruto por el usuario antes de su procesamiento InSAR. Las dos imágenes deben ser primero co-registrado, utilizando un procedimiento de correlación para encontrar el desplazamiento y la diferencia en la geometría entre las dos imágenes de amplitud. El interferograma se forma entonces por la multiplicación cruzada de cada píxel en las dos imágenes.

#### - C1. Baseline Estimation / Estimación de base

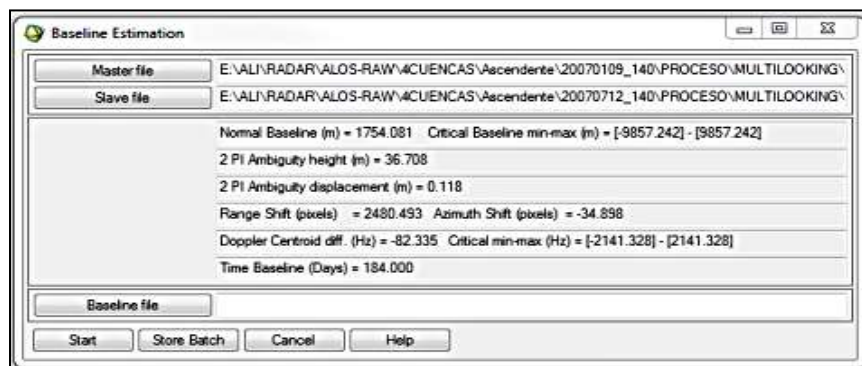


FIG V.045 Baseline Estimation

#### ✓ C1.1 Generación del Interferograma

Para generar el interferograma se nos desplegara un recuadro en donde tenemos que ingresar la imagen master y Slave andes ya procesadas, además ingresar el modelo Digital de Elevación (.dem).

Antes de generar el interferograma, es importante ejecutar el comando looks de la ventana, el mismo que arrojará el valor de azimut y rango.

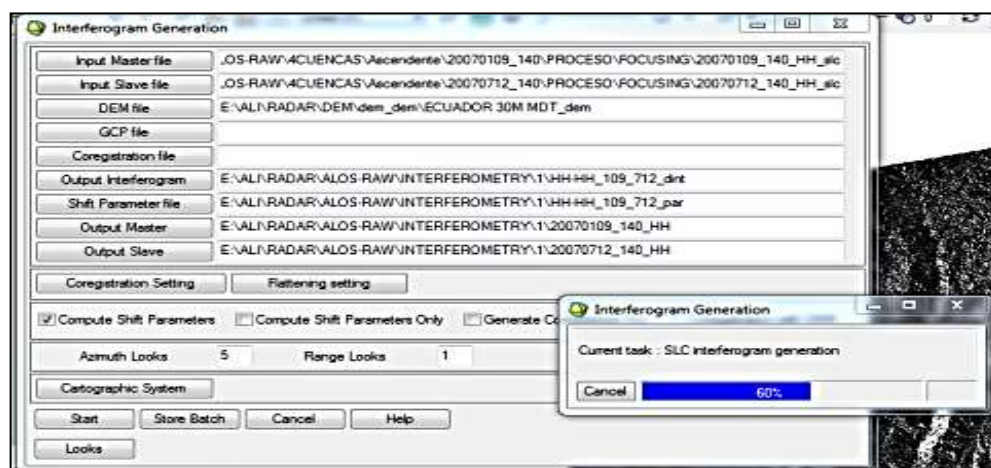


FIG V.046 Generación del Interferograma

A continuación se presenta el interferograma obtenido en este proceso.

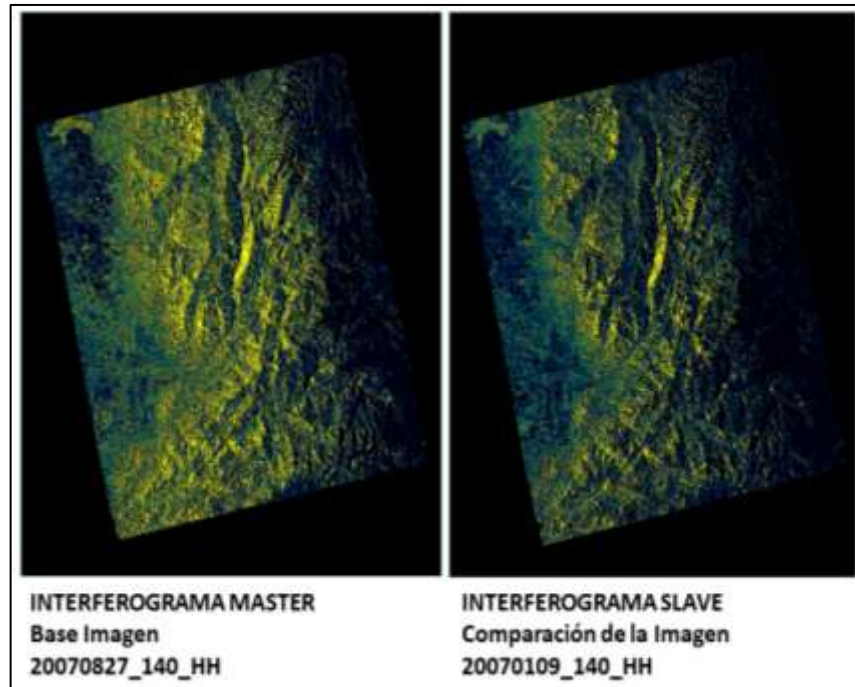


FIG V.47 Proceso de Comparación para generar el Interferograma

Se realiza la sobreposición del área de prueba en el Interferograma generado

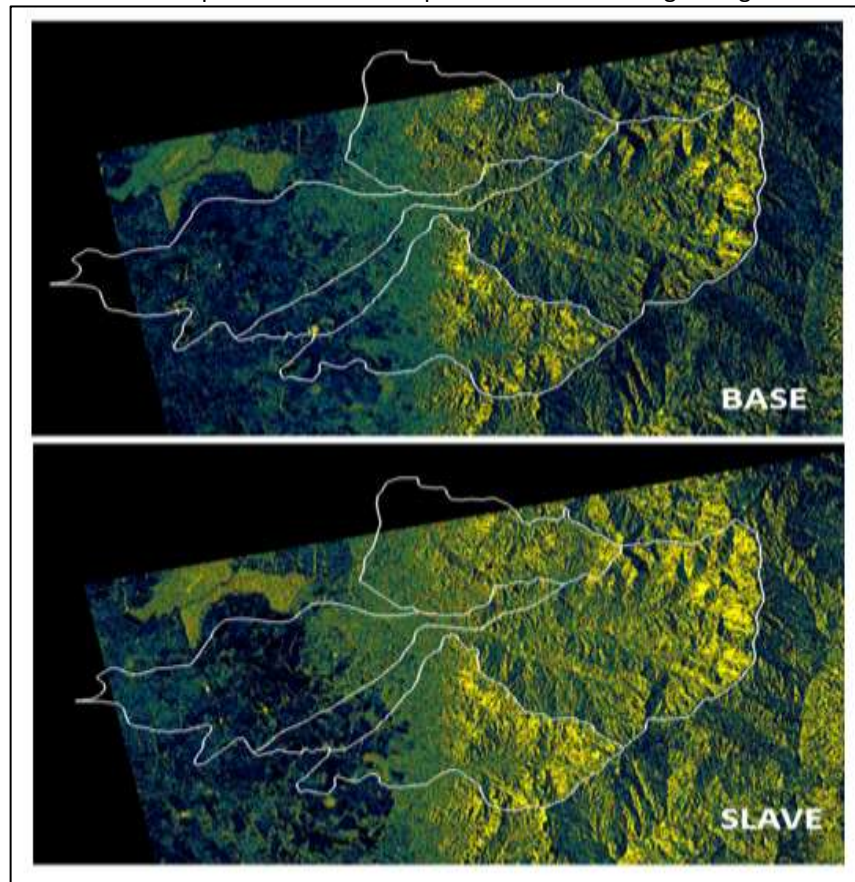


FIG V.48 Interferogramas Sobre ÁREA DE PRUEBAS

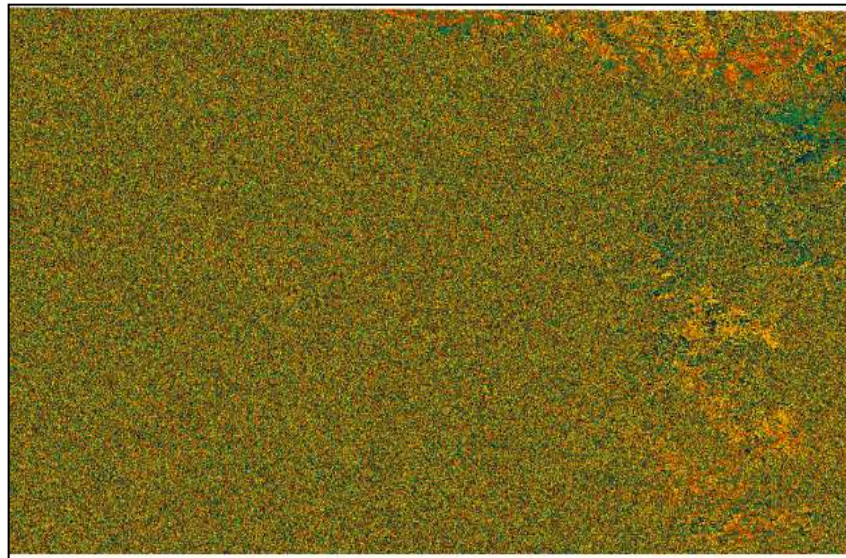


FIG V.49 Zoom +

### ✓ C1.2 Adaptive Filter and Coherence Generation

Con respecto al proceso de filtro tenemos tres opciones diferentes: Adaptive window, Boxcar window y Goldstein.

Para nuestro caso se utilizó el filtro Goldstein, el mismo que toma en cuenta el espectro de potencia de la franja presente en la escena. En zonas de concentración alta de franjas el sistema empareja los valores de los píxeles, caso contrario ocurre en lugares donde no existe presencia de franjas el filtro no realiza ninguna modificación. Mientras que en la coherencia se compara dos imágenes para detectar los porcentajes de relación entre píxel y píxel de las imágenes. Esta presenta valores de 0 y 1, donde 0 no hay coherencia (píxeles color negro) y 1 donde existe coherencia (píxeles de color blanco).

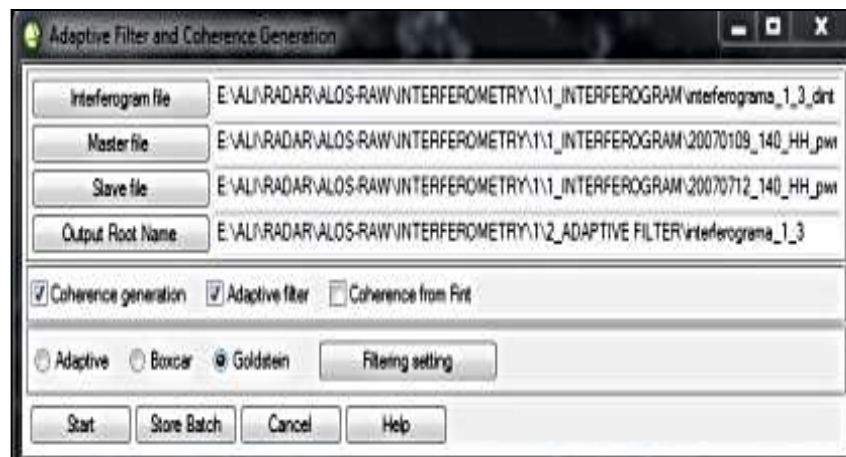


FIG V.50 Adaptive Filter and Coherence Generation

A continuación se presenta el interferograma resultante pasado el filtro y coherencia respectivamente:

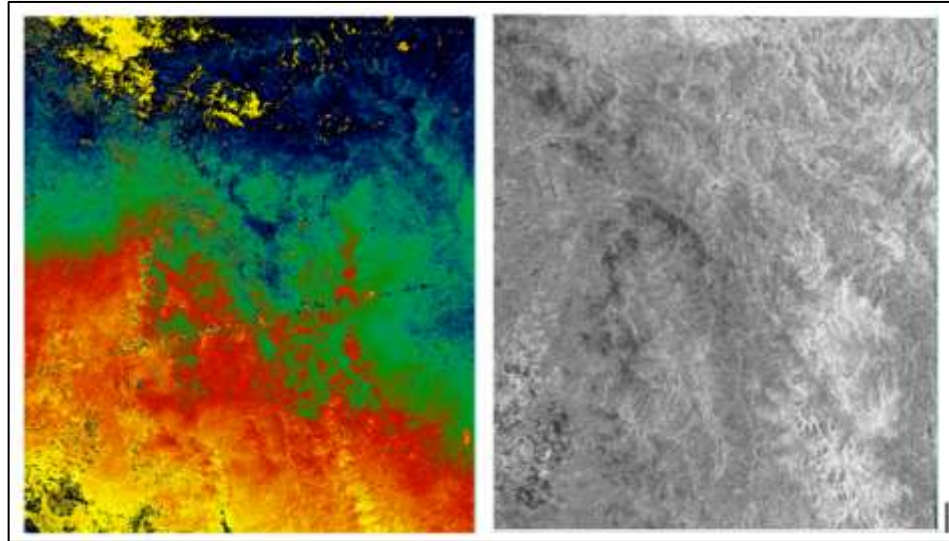


FIG V.51 Interferograma pasado Filtro y Coherencia

### ✓ C1.3 Phase Unwrapping

El Interferograma obtenido en el paso anterior

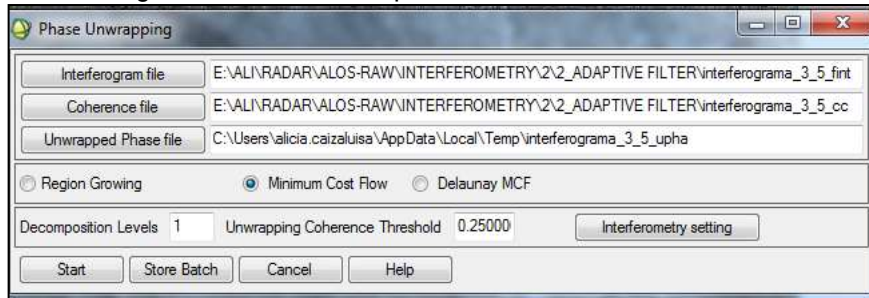


FIG V.52 Proceso para obtener el Interferograma desenrollado

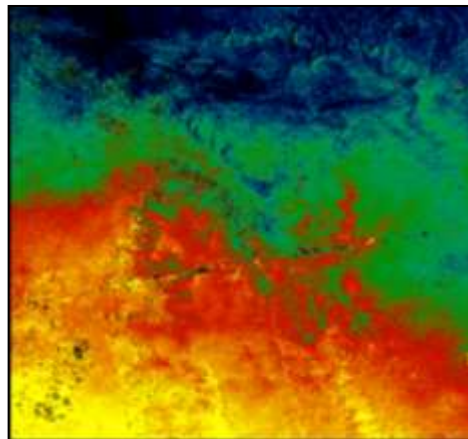


FIG V.53 Interferograma desenrollado

Posterior a este proceso se georeferencia el Interferograma resultante y se empata para validar las zonas montañosa, pie de monte y llanura aluvial. De igual forma sus ejes viales y posición respecto a la susceptibilidad integral final calculada.

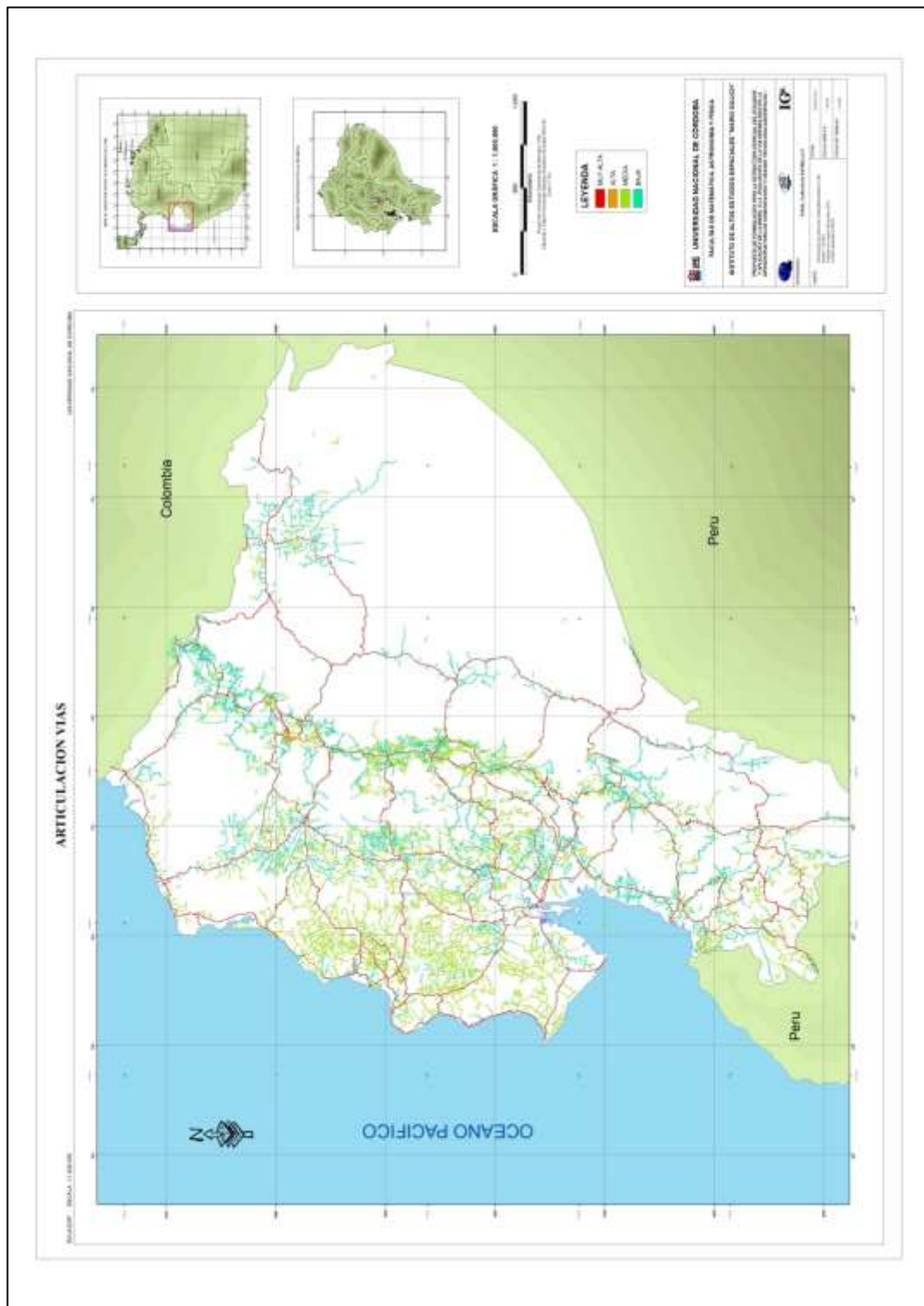
(Anexo CÁPT.V.18)

**4. MODELAMIENTO GEOGRÁFICO USANDO MÉTODO AHP DE THOMAS SAATY**

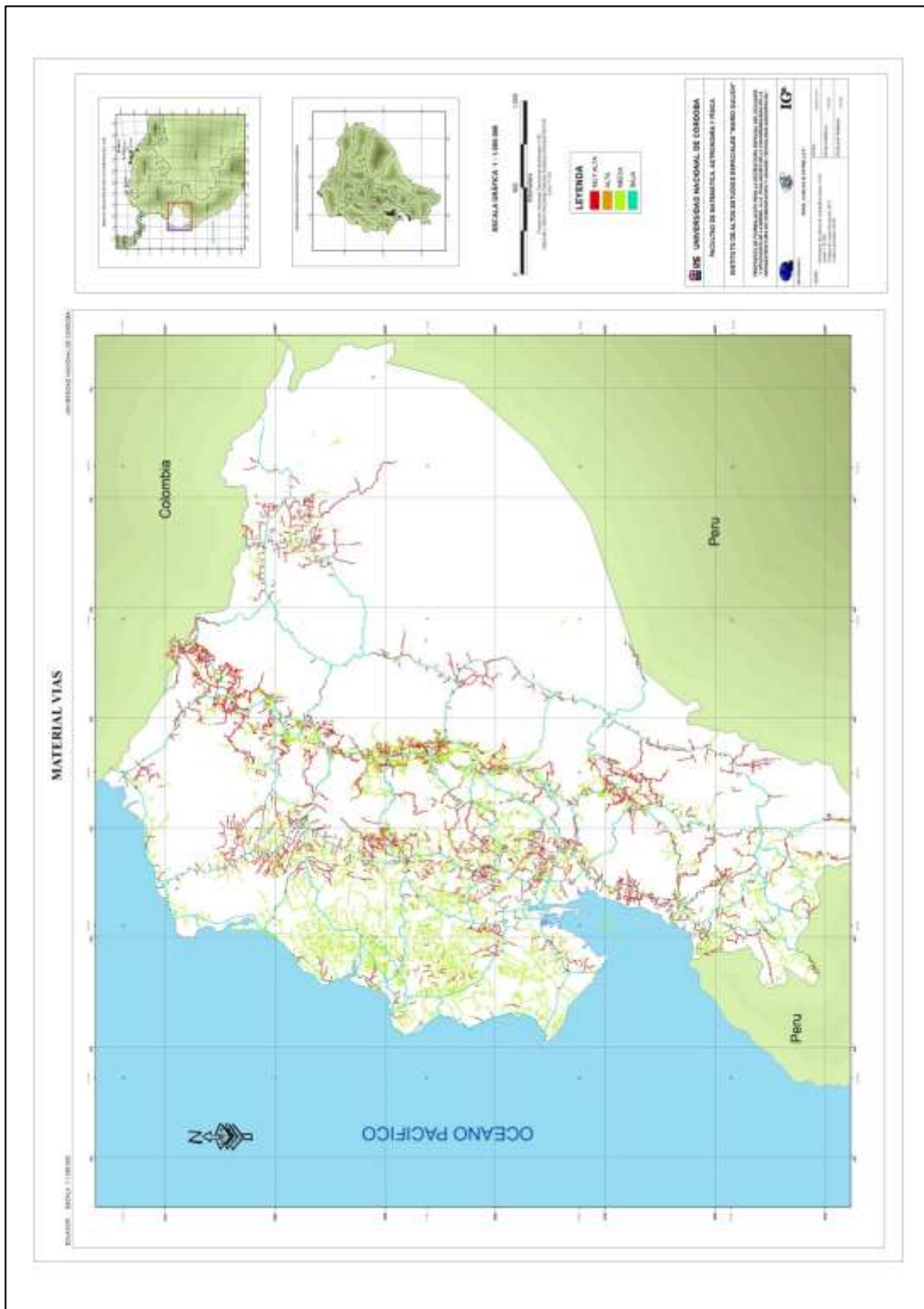
- |  |                   |
|--|-------------------|
| <b>A. MAPA DE ARTICULACIÓN VIAS</b>                        | (Anexo CÁPT.V.01) |
| <b>B. MAPA DE MATERIAL DE LAS VIAS</b>                     | (Anexo CÁPT.V.02) |
| <b>C. MAPA DEL TIPO DE VIAS</b>                            | (Anexo CÁPT.V.03) |
| <b>D. MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VIAS</b> | (Anexo CÁPT.V.04) |
| <b>E. MAPA DE MOVIMIENTOS EN MASA</b>                      | (Anexo CÁPT.V.05) |
| <b>F. MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VÍAS</b>            | (Anexo CÁPT.V.06) |

## 5. ANEXOS AL CAPITULO V\_A

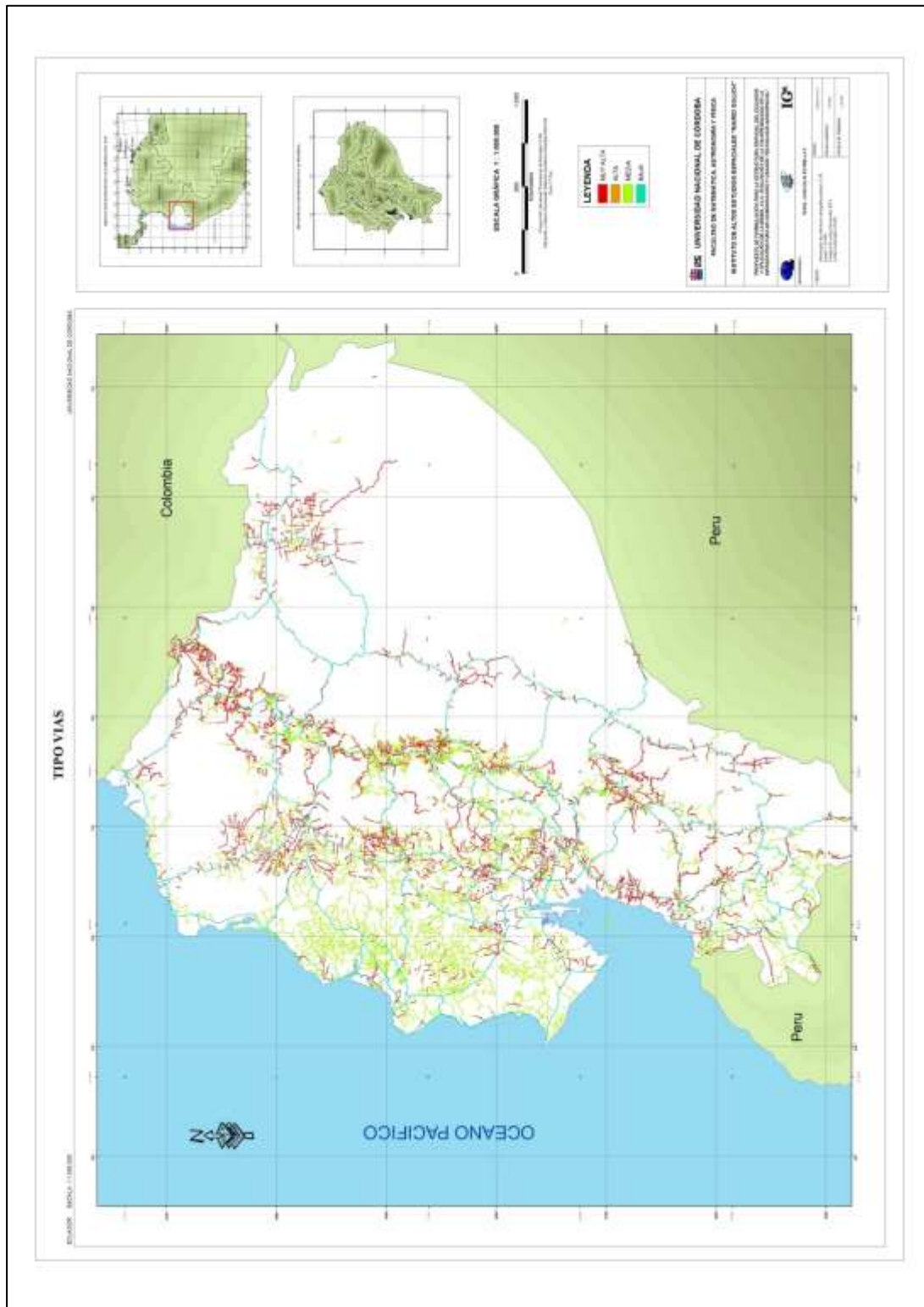
### A. ANEXO CAPT.V.01: MAPA DE ARTICULACIÓN VIAS



**B. ANEXO CAPT.V.02: MAPA DE MATERIAL DE LAS VIAS**

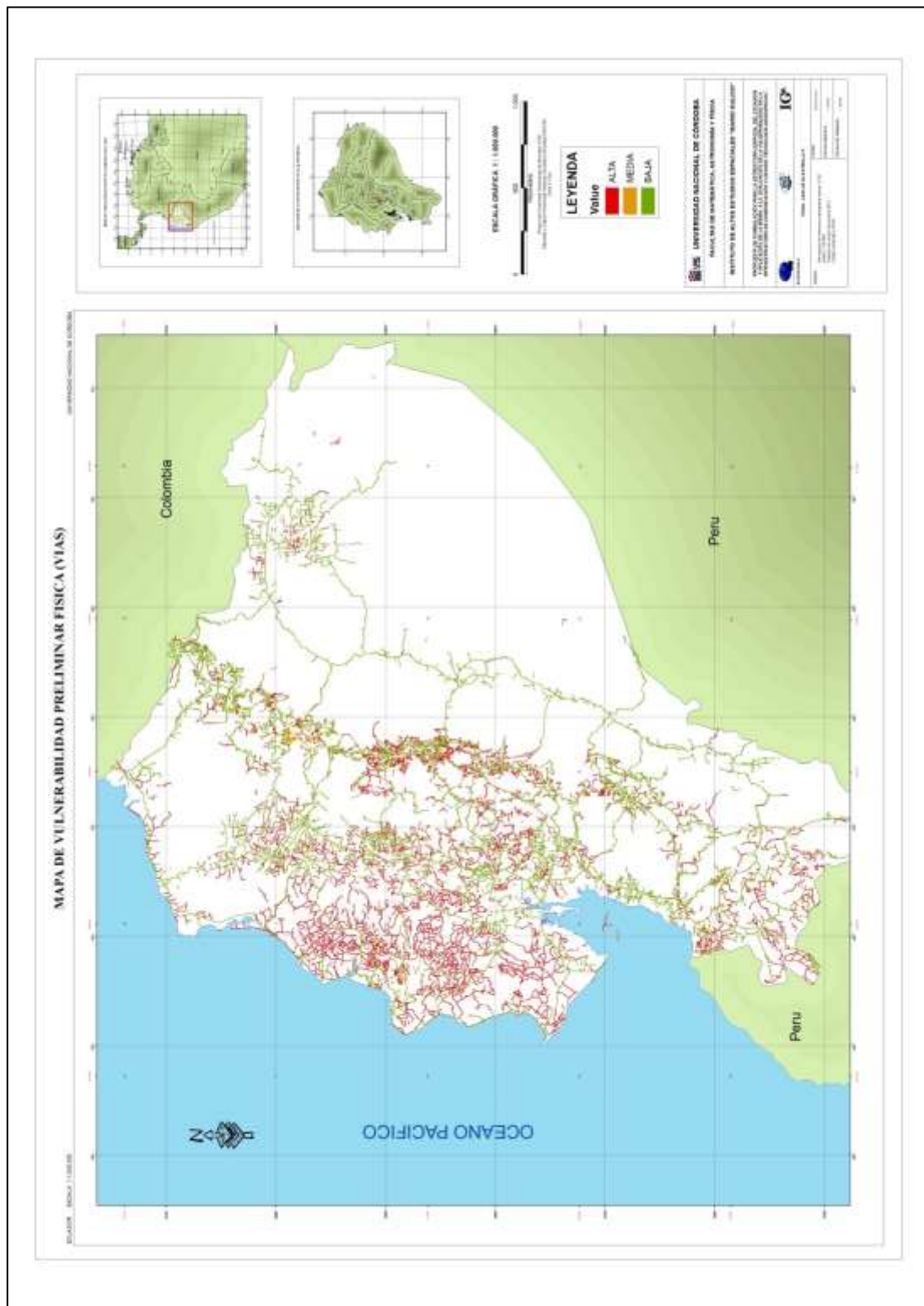


C. ANEXO CAPT.V.03: MAPA DEL TIPO DE VIAS

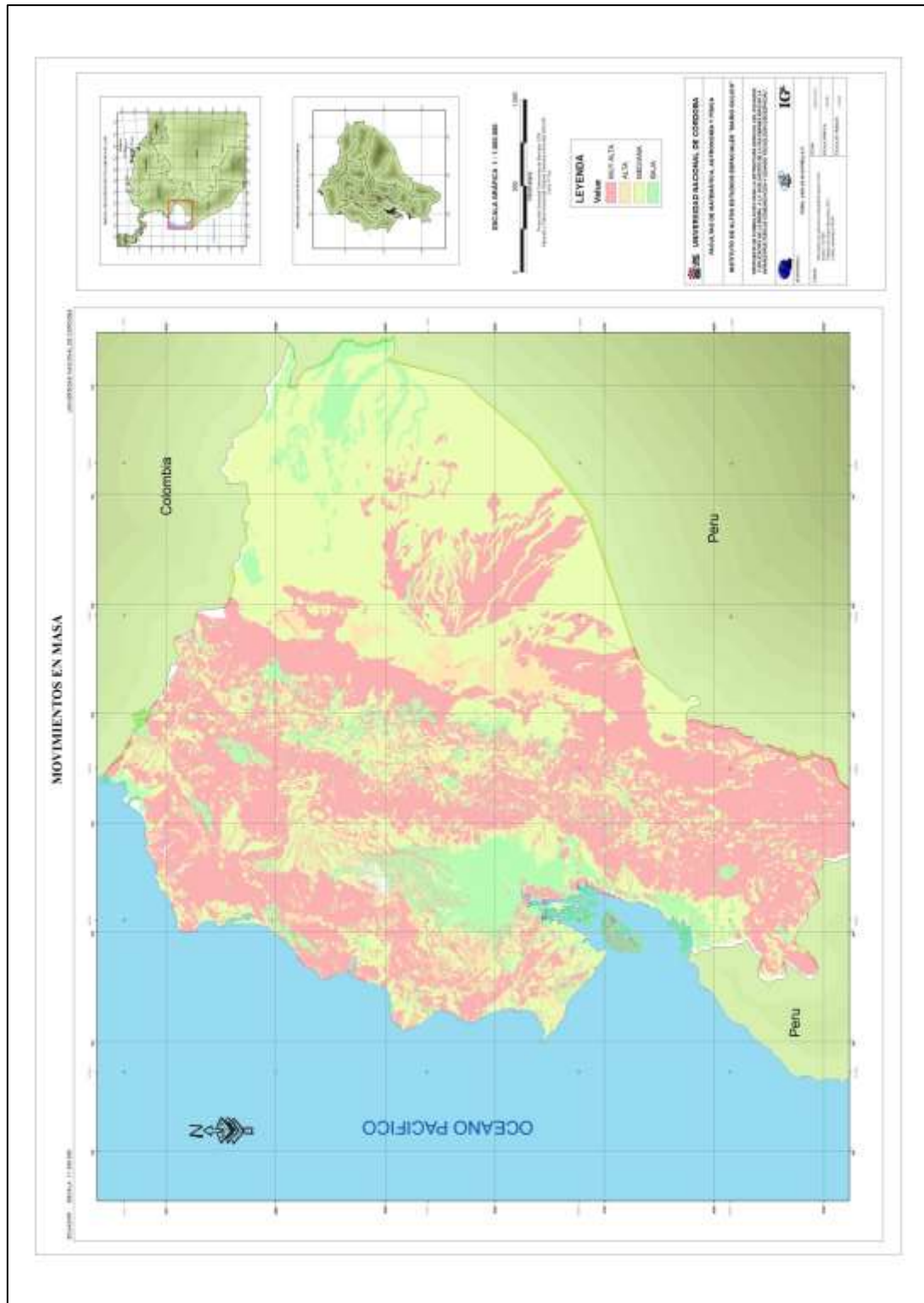




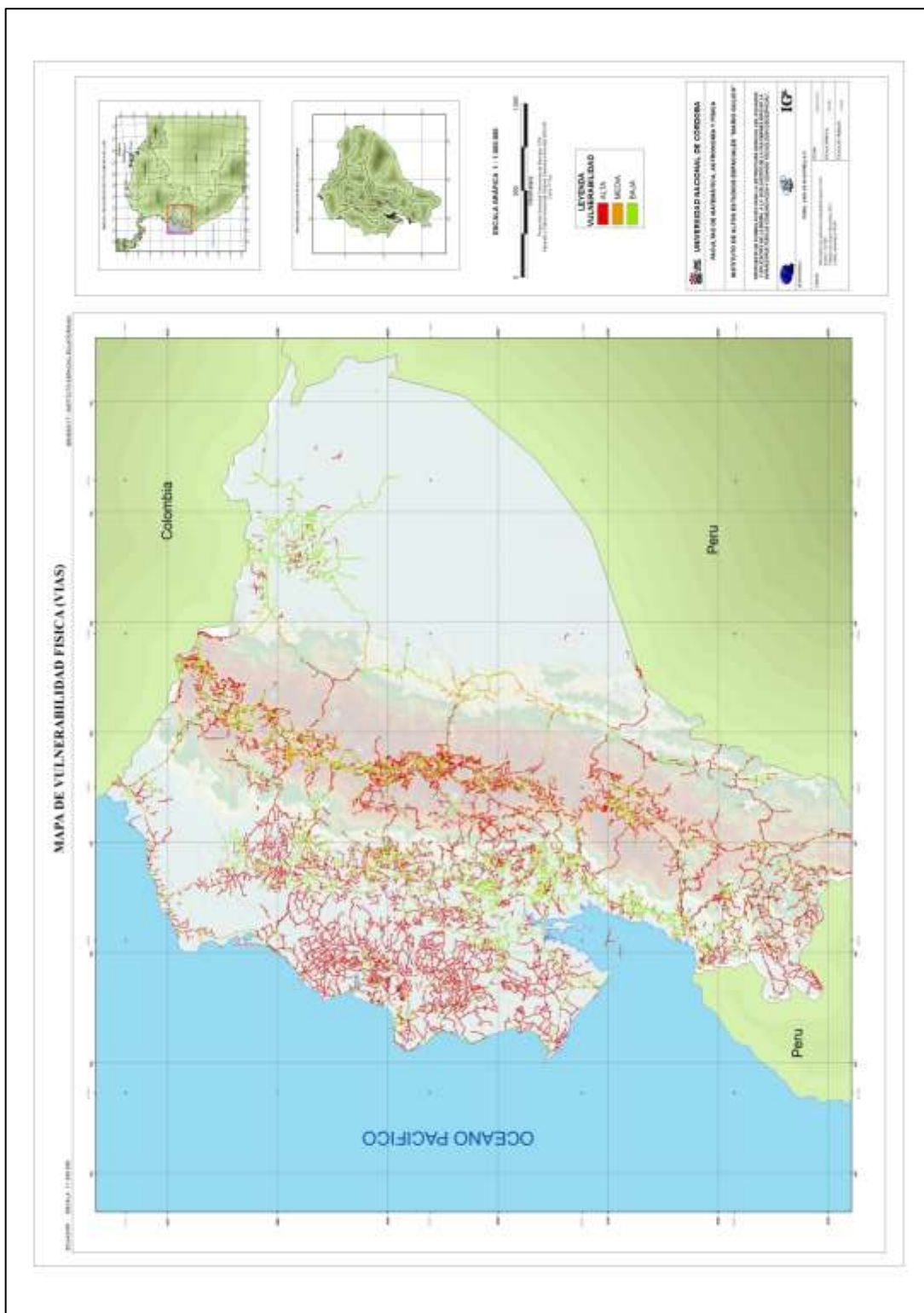
**D. ANEXO CAPT.V.04: MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VIAS**



E. ANEXO CAPT.V.05: MAPA DE MOVIMIENTOS EN MASA



F. ANEXO CAPT.V.06: MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VÍAS



## 6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA (SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL) FRENTE A LA AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA (FLUJOS, CAIDAS Y DESLIZAMIENTOS), EN EL ÁREA ESPECÍFICA DE PRUEBAS, QUE CUMPLA CON LAS TRES UNIDADES AMBIENTALES (MONTAÑA, PIE DE MONTE Y LLANURA ALUVIAL).

### A. INTRODUCCIÓN

El área de investigación comprende las micro cuencas de los ríos Cristal, Potosí, Balsas y Pechiche con una superficie de 518 kilómetros cuadrados, en territorios pertenecientes a los cantones: Montalvo, Chimbo y San Miguel, de las provincias de Los Ríos y Bolívar (ECUADOR).

La cartografía es una herramienta útil para la planificación, evaluación y monitoreo; además proporciona información valiosa para la gestión del territorio, ya que permite mostrar detalles de una zona de interés a personas que nunca antes han estado en ese lugar, convirtiéndose así en un mecanismo ágil de transferencia de información con fines de planificación.

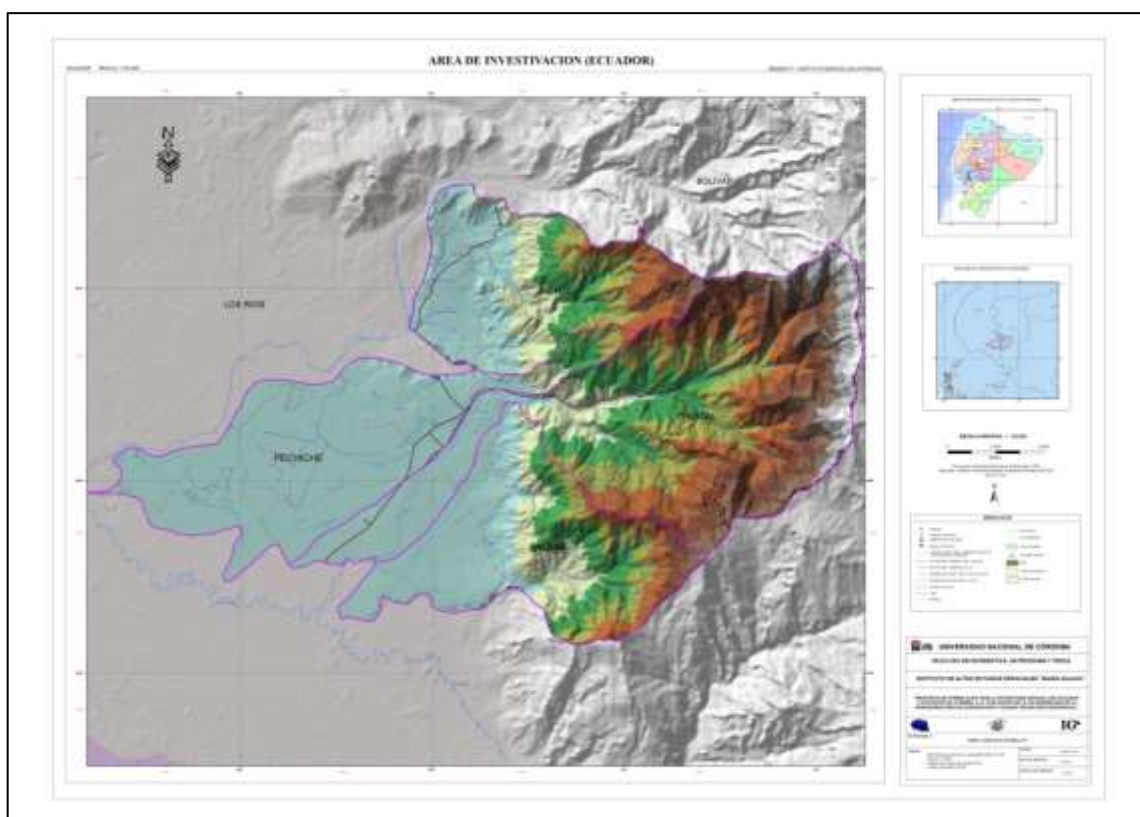


FIG V.54 Area de Pruebas (ZONA SUR). Proyecto de Geodinámica Externa (IEE)

### B. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO VIAL DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN (4 MICRO-CUENCAS)

El área de estudio se encuentra atravesada por la vía Panamericana de este-oeste, vía que comunica la capital nacional y el sur del país con las provincias de Bolívar y Los Ríos. La red vial del área de estudio abarca alrededor de 774.45 Km; de los cuales predominan los caminos de revestimiento suelto o ligero, UNA VIA con el 35,60% en las áreas rurales.

Los caminos pavimentados de dos o más vías corresponden al 8,58% y son los que comunican la zona urbana con las cabeceras parroquiales de Montalvo, Telimbela, Balsapamba, Bilován y Regulo

de Mora. La red vial dentro del área urbana se caracteriza por vías pavimentadas de dos o más carriles; la mayoría en buen estado. En zonas periféricas predominan las vías lastradas de una o dos carriles.

La red vial del área de estudio se compone de la siguiente manera:

<u>VIAS</u>	<u>Longitud(Km)</u>	<u>Porcentaje (%)</u>
PAVIMENTADA O ASFALTADA, DOS O MAS VIAS	66.47	8.58
REVESTIMIENTO SUELTO O LIGERO, DOS O MAS VIAS	63.30	8.17
REVESTIMIENTO SUELTO O LIGERO, UNA VIA	275.67	35.60
CAMINO DE VERANO	116.98	15.10
SENDERO	252.02	32.54
<b>TOTAL</b>	<b>774.45</b>	<b>100</b>

Tabla V.016 Longitud y porcentaje total de vías (774,45 Km) del área de estudio



FIG V.55 Vías: Sendero, Lastrada y Pavimentada

### C. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

Al estudiar y determinar el o los paisajes al interior del país, en función de su estructura, función y cambios provocados por el ser humano, se procede a identificar las amenazas naturales existentes, que serán la base para los posteriores estudios de vulnerabilidad.

En el área de investigación se realizará el análisis de vulnerabilidad sobre las amenazas de movimientos en masa (flujos, caídas y deslizamientos).

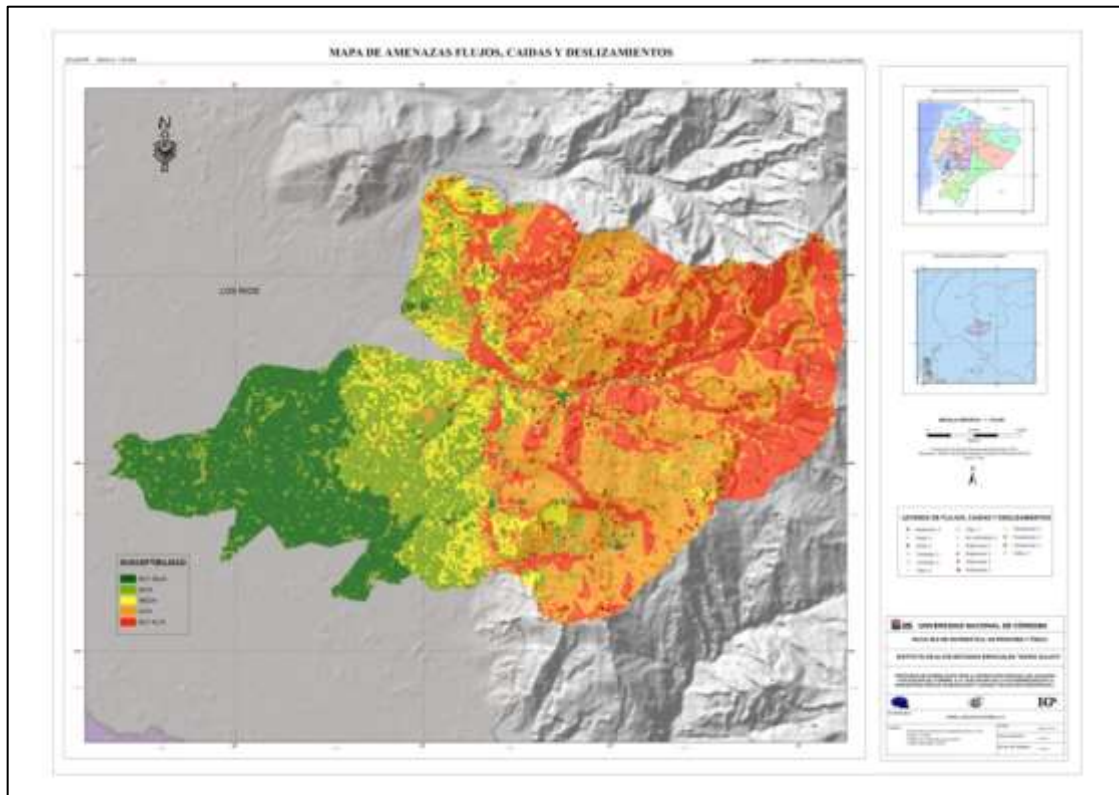


FIG V.56 Mapa de amenazas (flujos, caídas y deslizamientos)

#### D. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA VULNERABILIDAD

Para el presente análisis de vulnerabilidad se utilizará la misma metodología de AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) de Thomas Saaty. Sin embargo es necesario indicar que en este caso se construyeron todos los mapas desde una fase cero, y la cartografía base, al no existir en el país a escala 1:25.000 se generó con un proceso de radargrametría usando la constelación CosmoSkyMed en la generación del DEM de 10 m. El equipo de Geodinámica del Instituto Espacial Ecuatoriano, realizó todo el proceso de campo para levantar la geoinformación base como temática (geomorfología, litología, inventario en movimientos en masa, cobertura y uso del suelo, y validación del mapa de pendientes). La planificación inicial se lo hizo usando las imágenes satelitales Rapid-Eye de resolución espacial 10m.

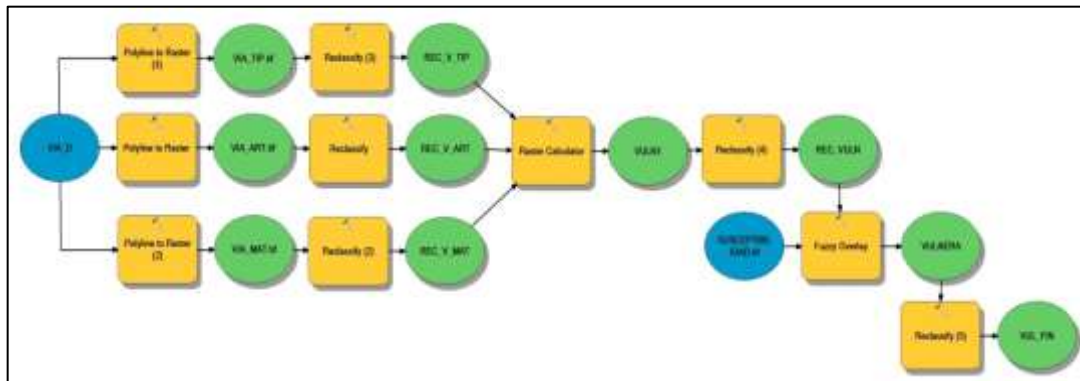


Diagrama V.015 Model Builder realizado para obtener el Mapa de Vulnerabilidad del área de prueba

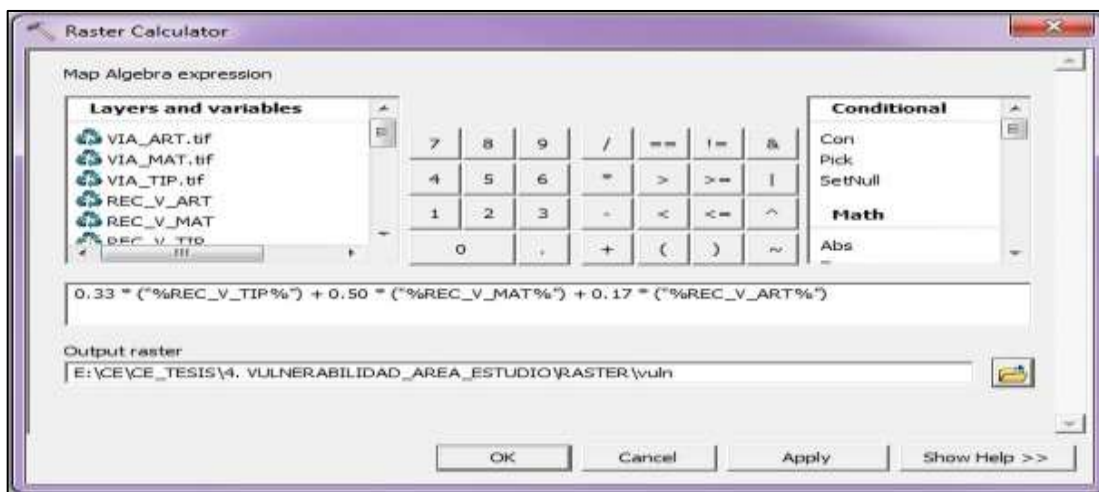


FIG V.57 Aplicación de la fórmula del cálculo de vulnerabilidad en el área de prueba (RASTER CALCULATOR)

## 7. MODELAMIENTO GEOGRÁFICO USANDO MÉTODO AHP (Proceso Analítico Jerárquico / Analytic Hierarchy Process) DE THOMAS SAATY EN EL ÁREA DE PRUEBA

A. MAPA DE VULNERAB. POR ARTICULACIÓN DE VIAS (Anexo CÁPT.V.07)

B. MAPA DE VULNERAB. POR MATERIAL DE VIA (Anexo CÁPT.V.08)

C. MAPA DE VULNERAB. POR TIPO DE VÍA (Anexo CÁPT.V.09)

D. MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VIAS (Anexo CÁPT.V.10)

E. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS DE MASA DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RIOS POTOSÍ, PECHICHE, BALSAS Y CRISTAL (ECUADOR) (Anexo CÁPT.V.11)

1) Mapa de Unidades Geomorfológicas (Anexo CÁPT.V.12)

2) Mapa de Unidades Litológicas (Anexo CÁPT.V.13)

3) Mapa de Uso y Cobertura Vegetal (Anexo CÁPT.V.14)

4) Mapa de Pendientes (Anexo CÁPT.V.15)

5) Mapa de Inventarios de Movimientos en Masa (Anexo CÁPT.V.16)

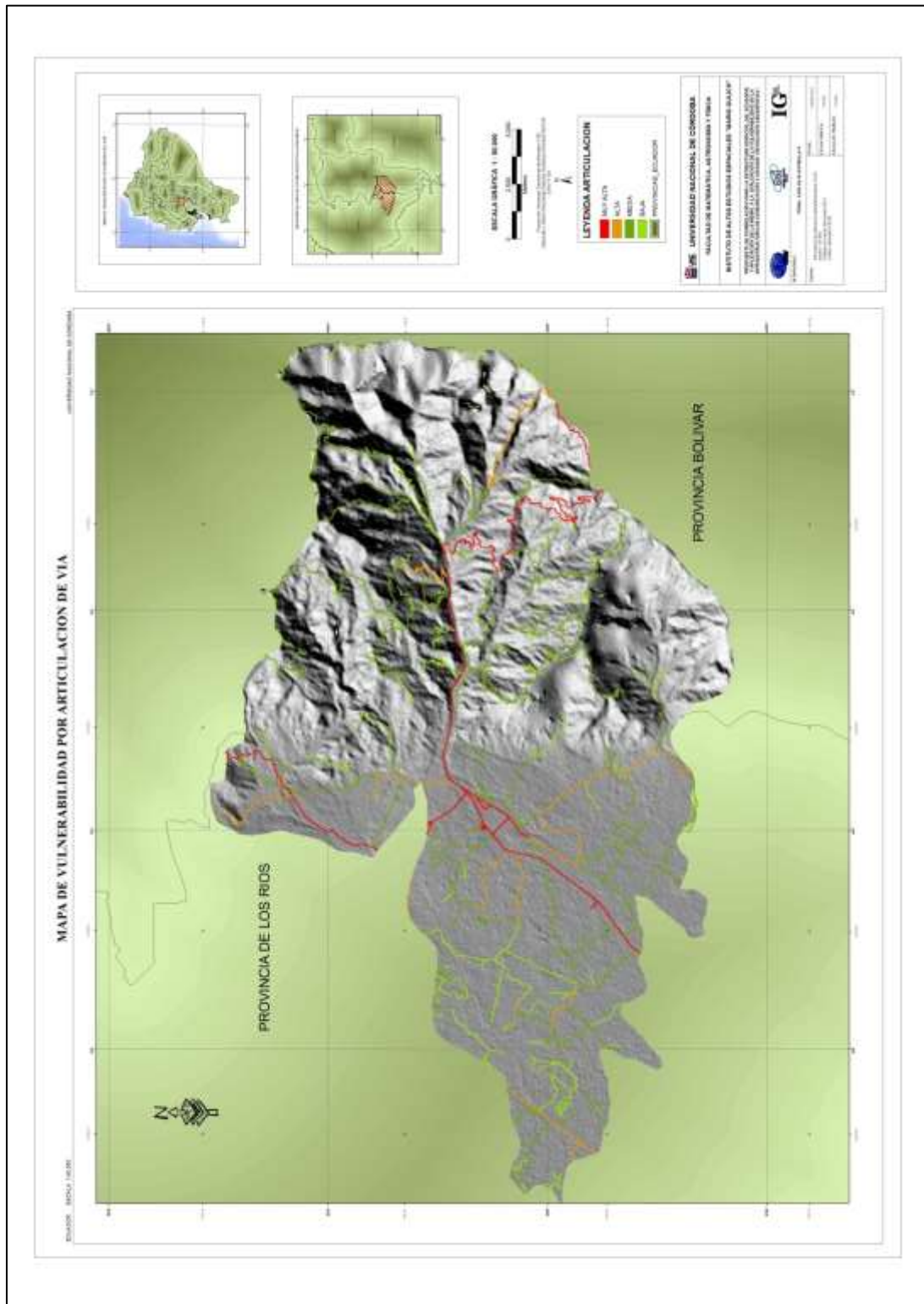
6) Mapa de Zonificación Climática (Anexo CÁPT.V.17)

F. INTERFEROGRAMA GEOREFENCIADO SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO Y SU VALIDACIÓN SOBRE EL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD INTEGRAL FINAL CALCULADA. (Anexo CÁPT.V.18)

G. MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VÍAS (Anexo CÁPT.V.19)

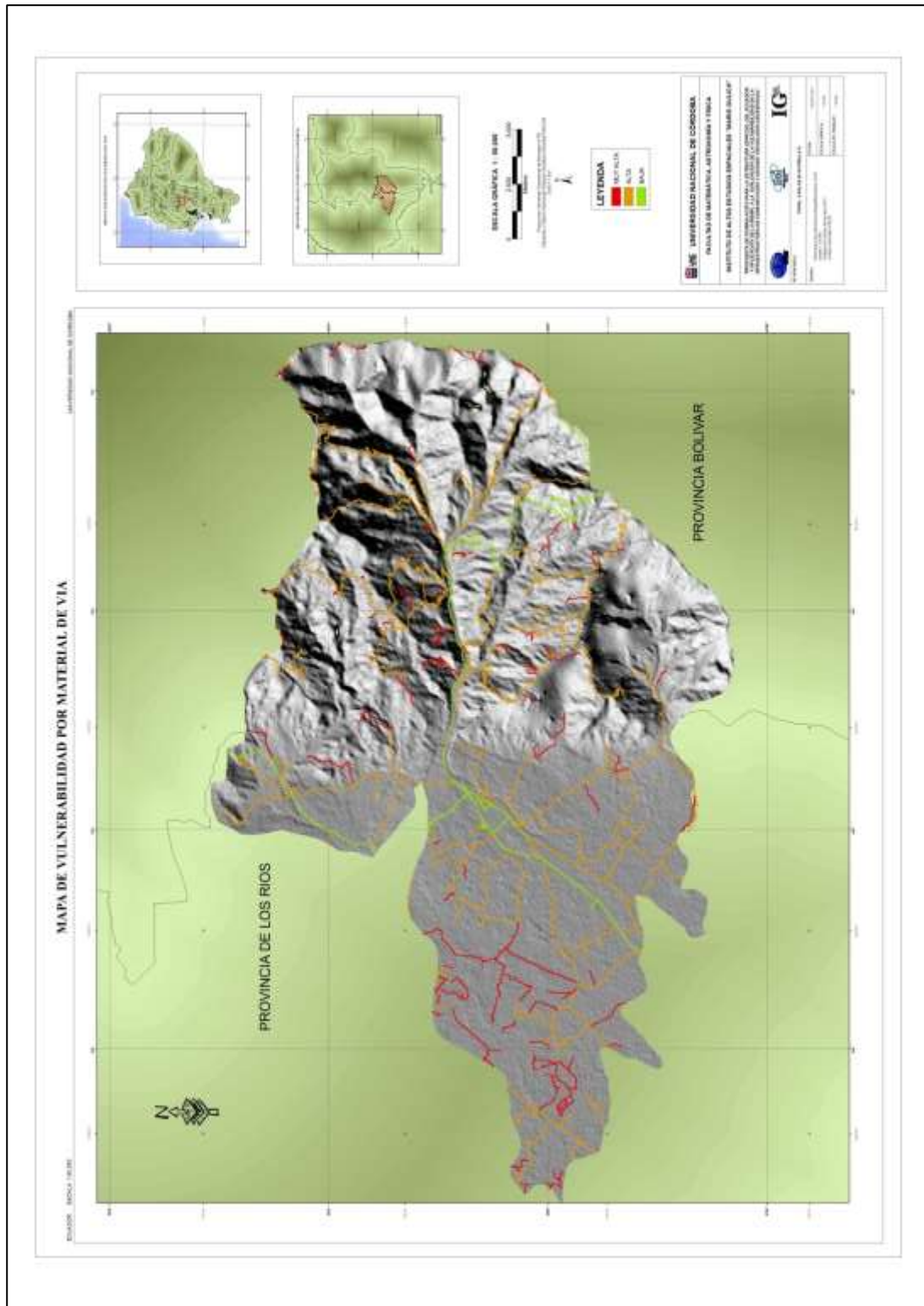
## 8. ANEXOS AL CAPÍTULO V\_B

### A. ANEXO CAPT.V.07: MAPA DE VULNERABILIDAD POR ARTICULACIÓN DE VIA

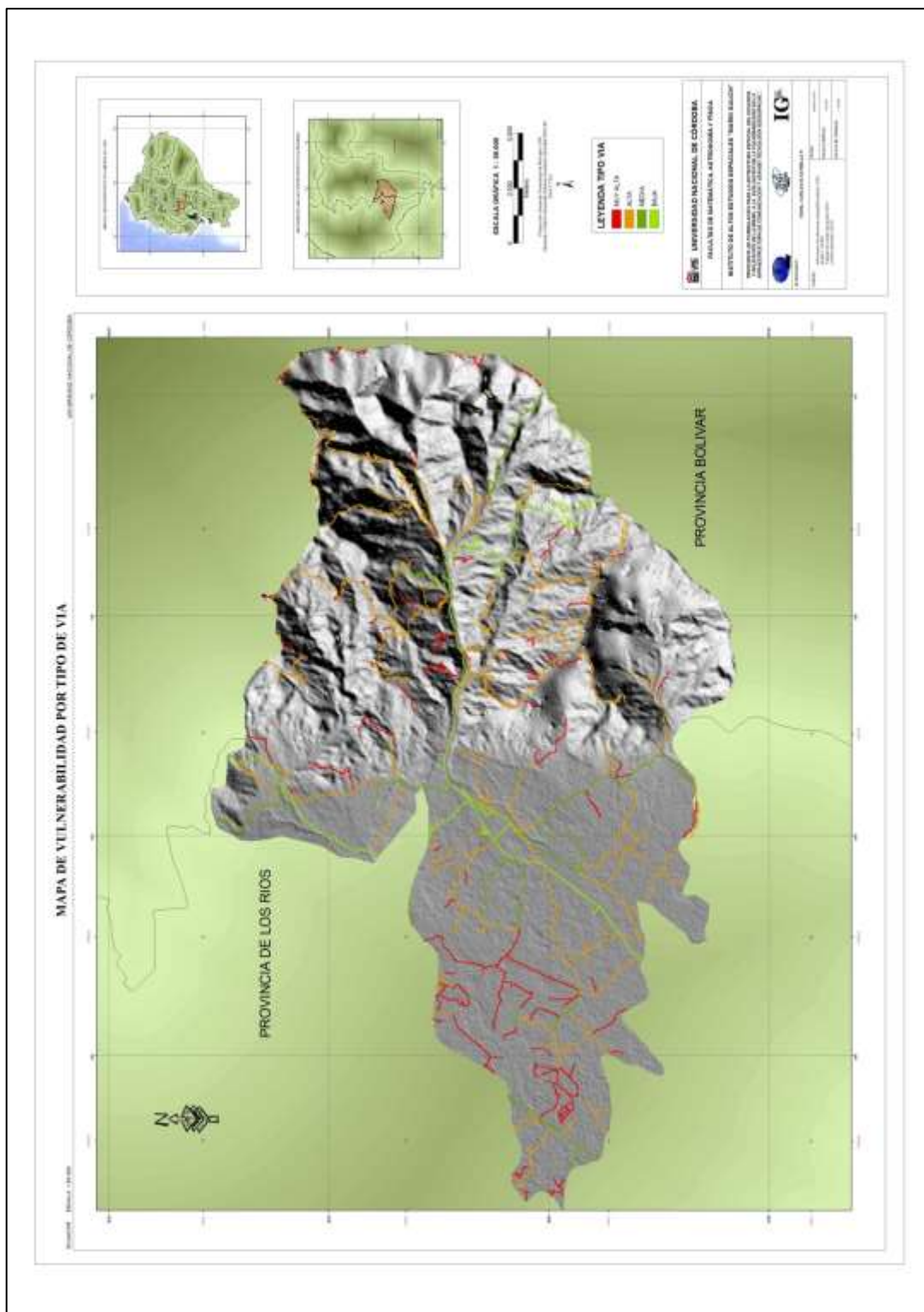




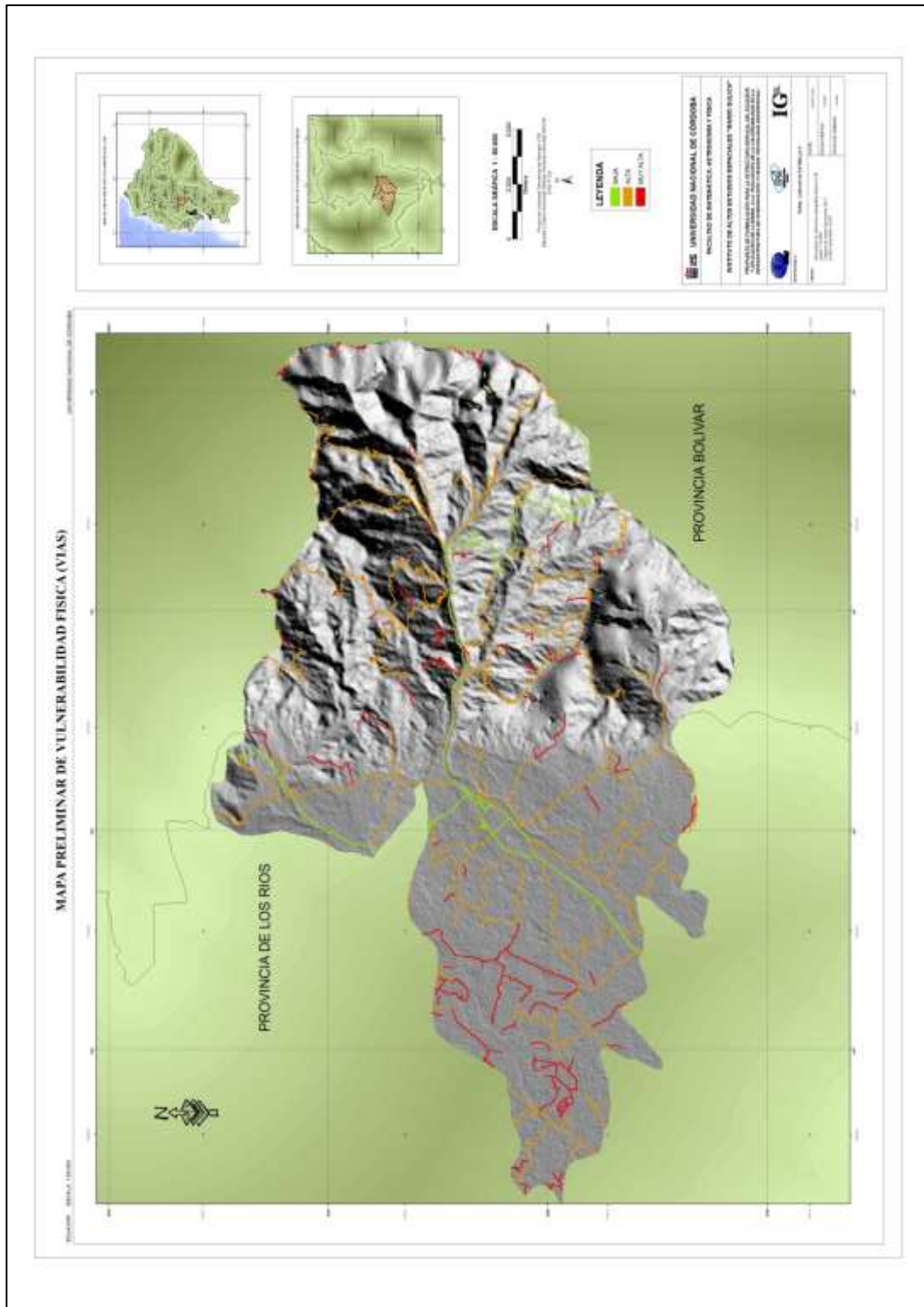
**B. ANEXO CAPT.V.08: MAPA DE VULNERABILIDAD POR MATERIAL DE VIA**



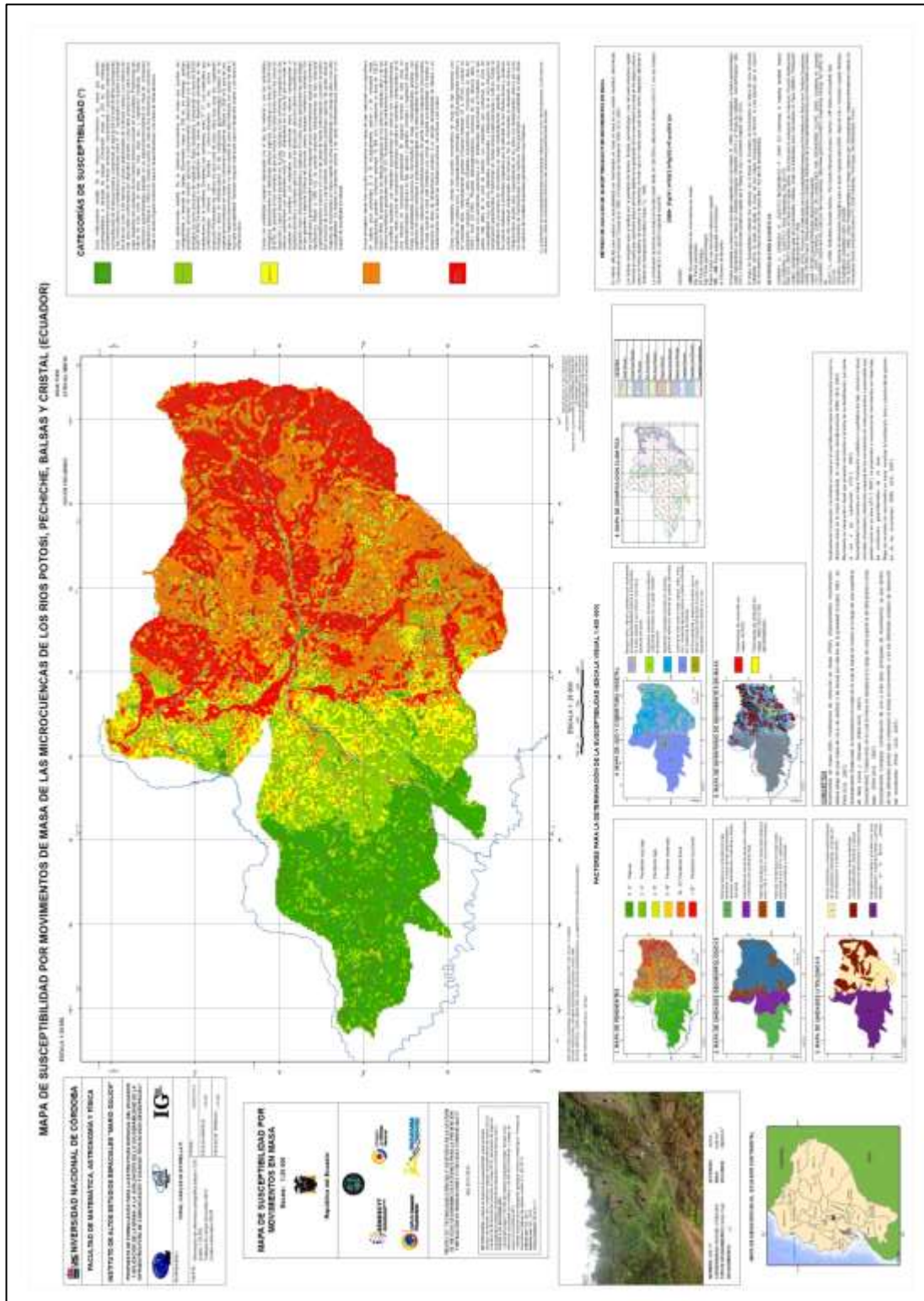
C. ANEXO CAPT.V.09: MAPA DE VULNERABILIDAD POR TIPO DE VÍA



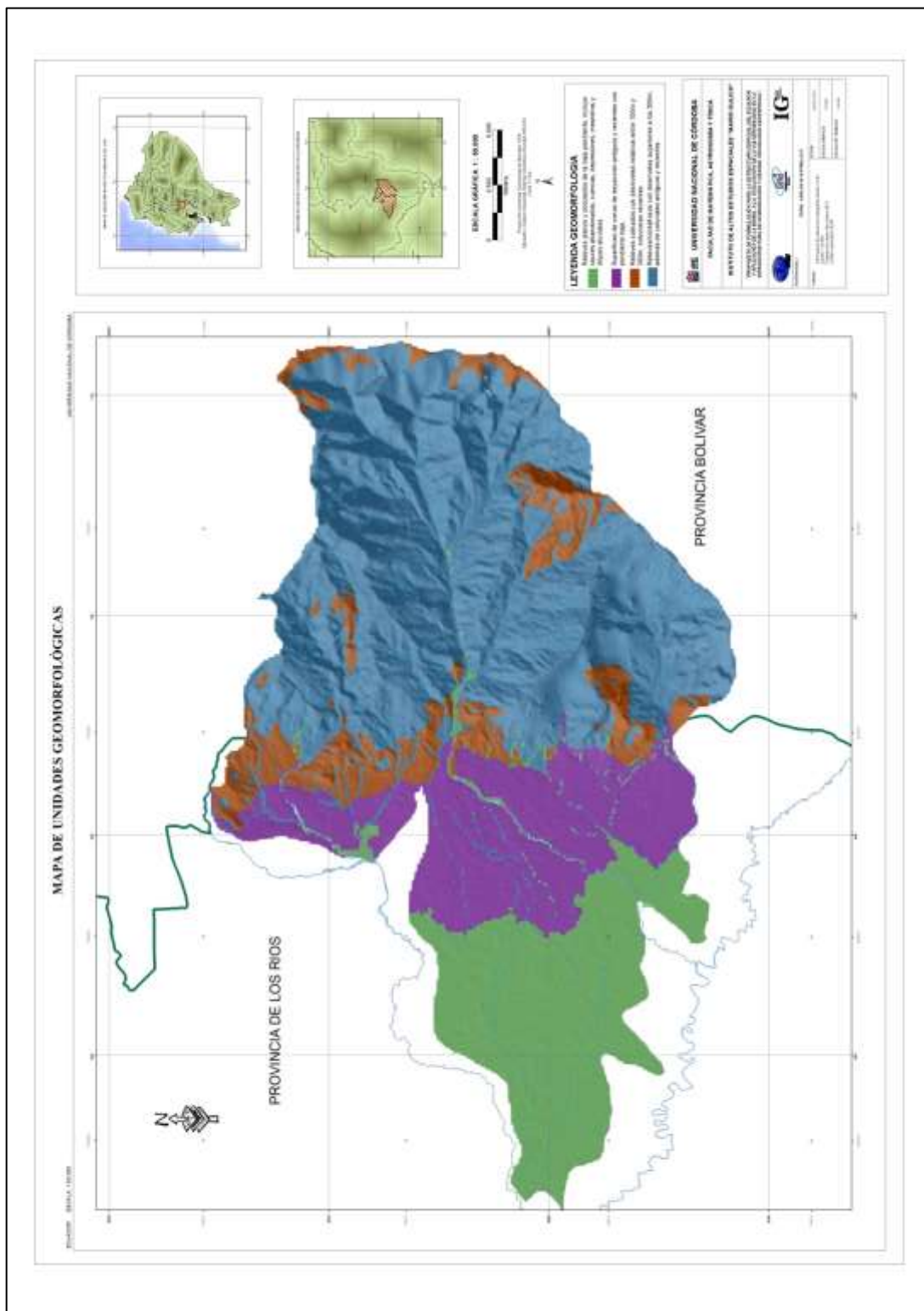
**D. ANEXO CAPT.V.10: MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VIAS**



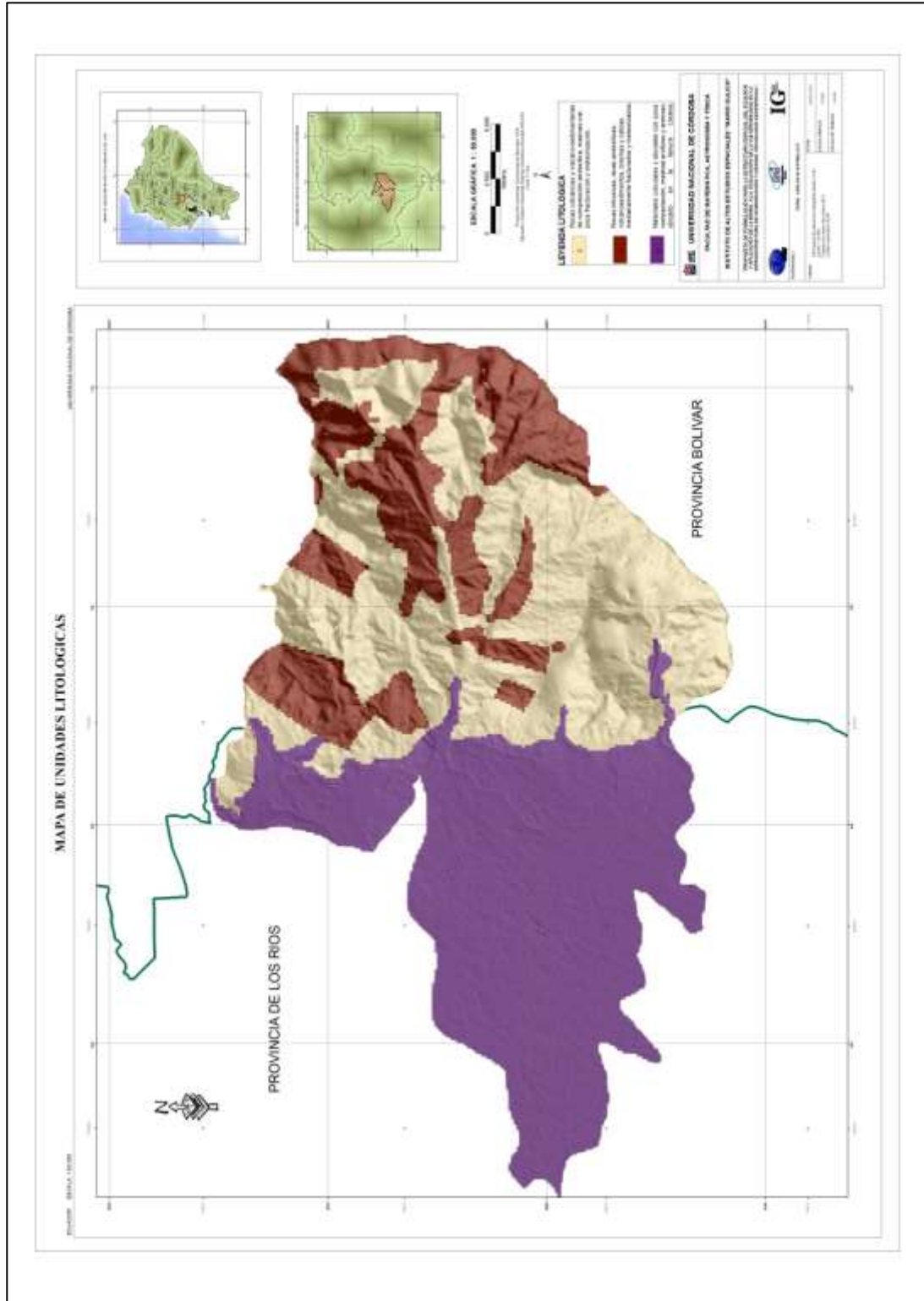
**E. ANEXO CAPT.V.11: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS DE MASA DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RIOS POTOSÍ, PECHICHE, BALSAS Y CRISTAL (ECUADOR)**



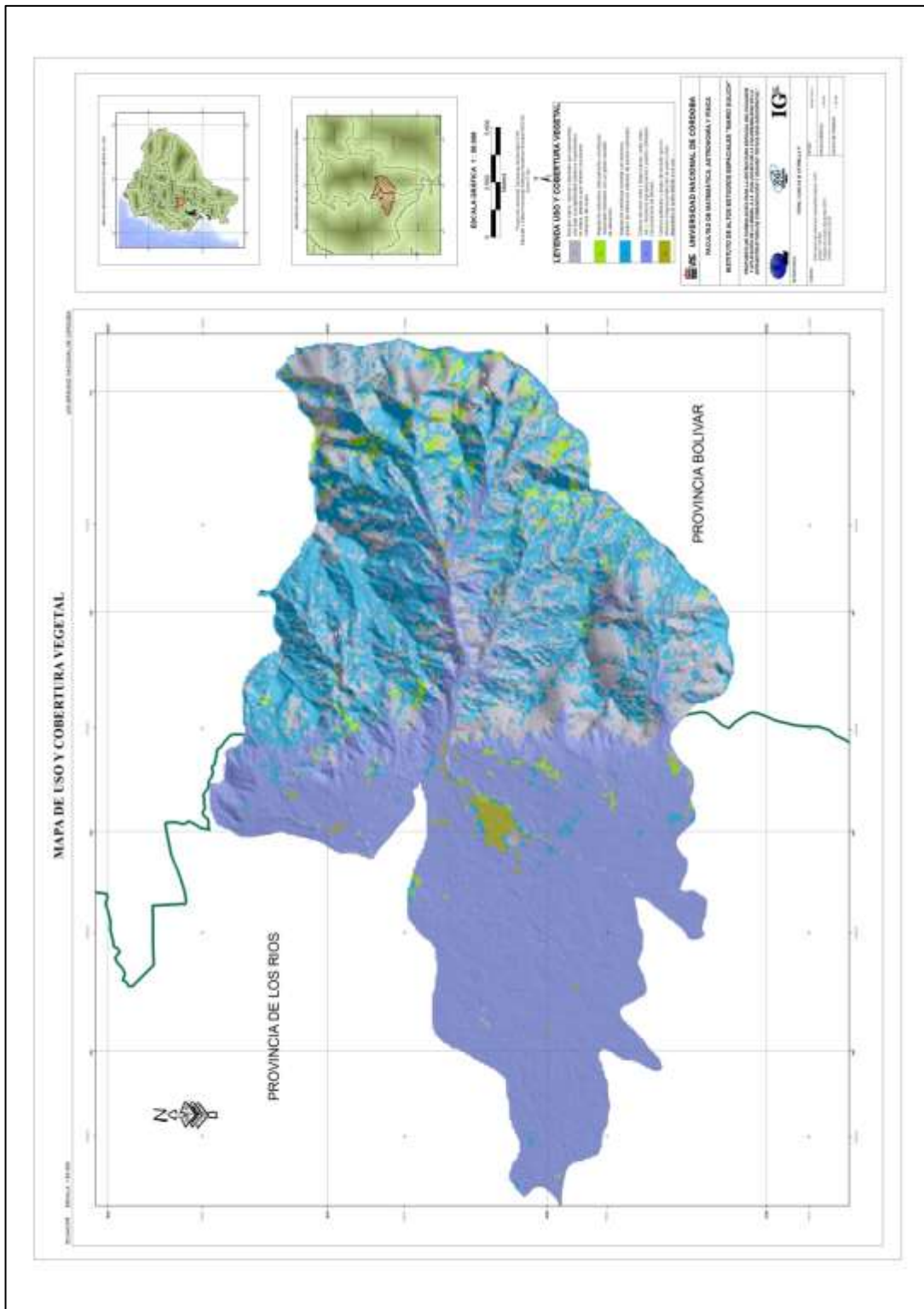
F. ANEXO CAPT.V.12: Mapa de Unidades Geomorfológicas



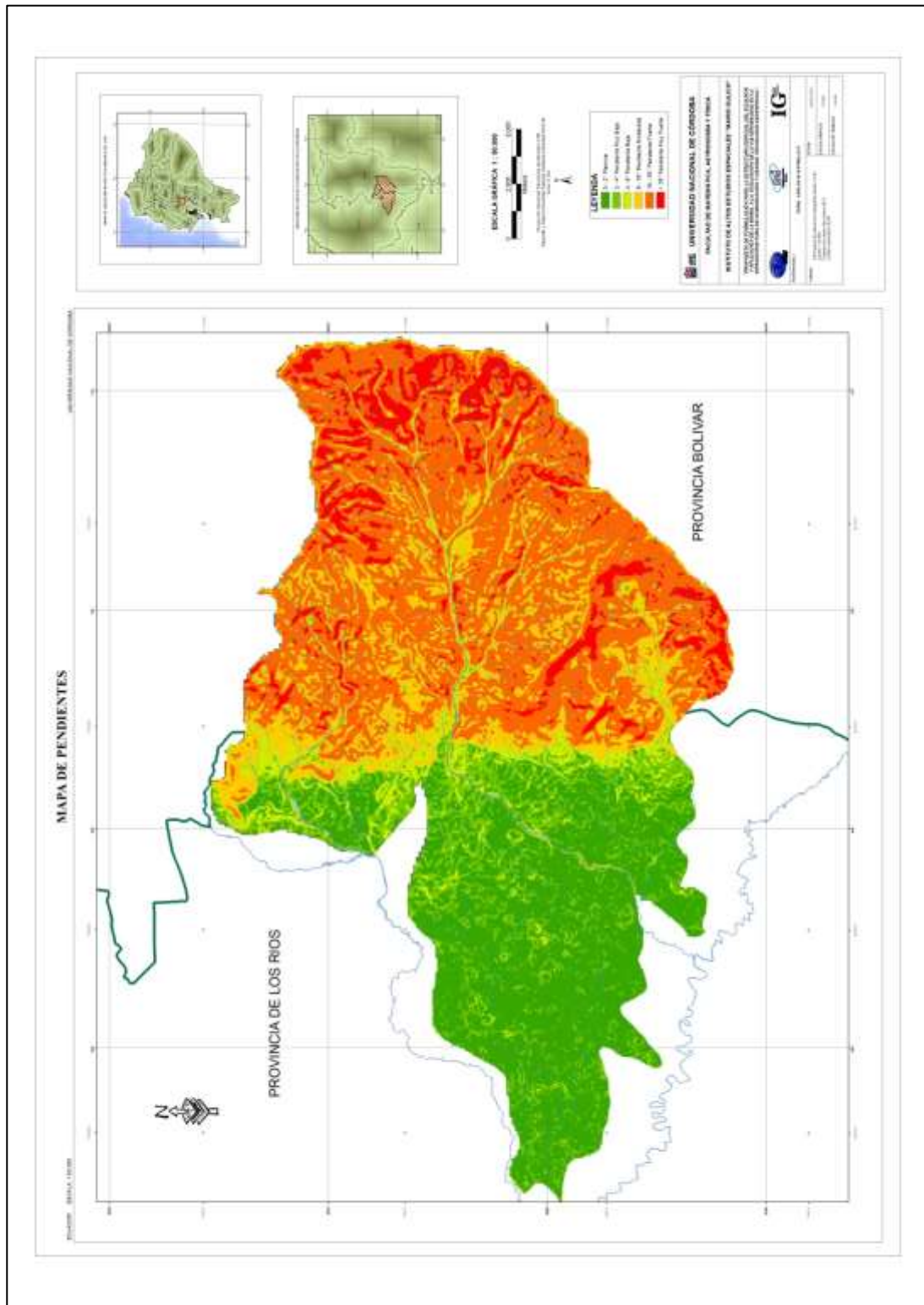
**G. ANEXO CAPT.V.13:** Mapa de Unidades Litológicas



H. ANEXO CAPT.V.14: Mapa de Uso y Cobertura Vegetal

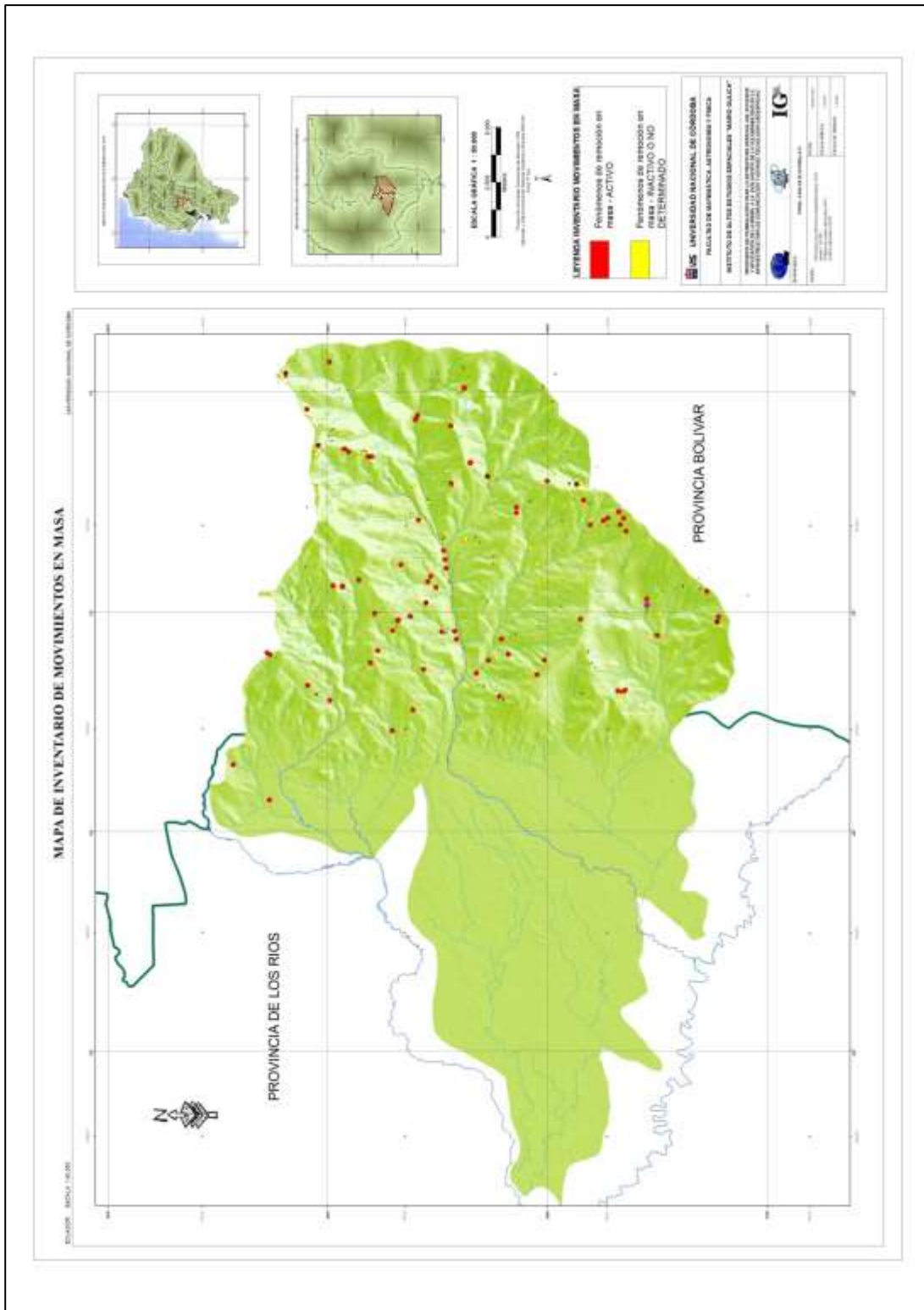


I. ANEXO CAPT.V.15: Mapa de Pendientes

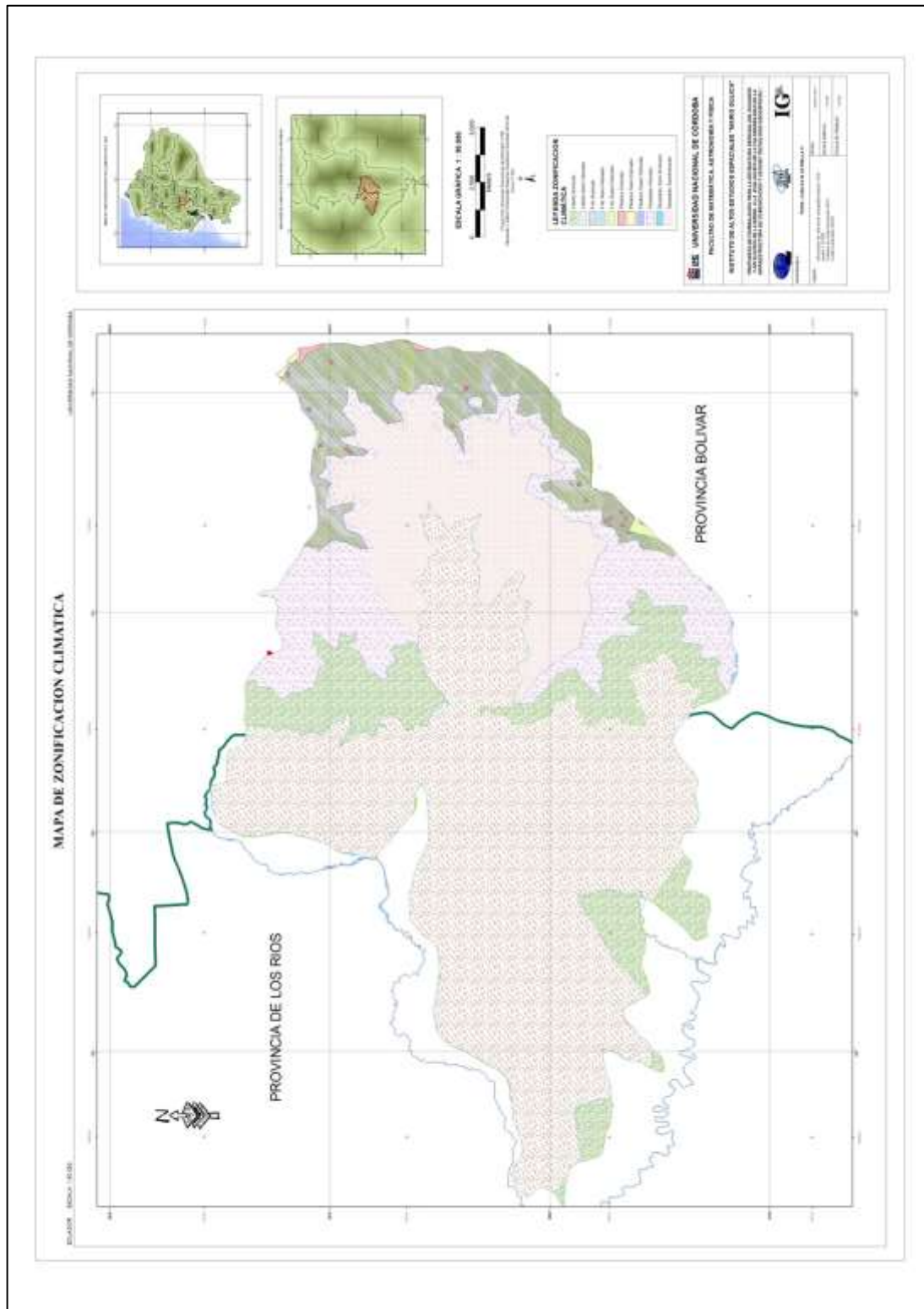




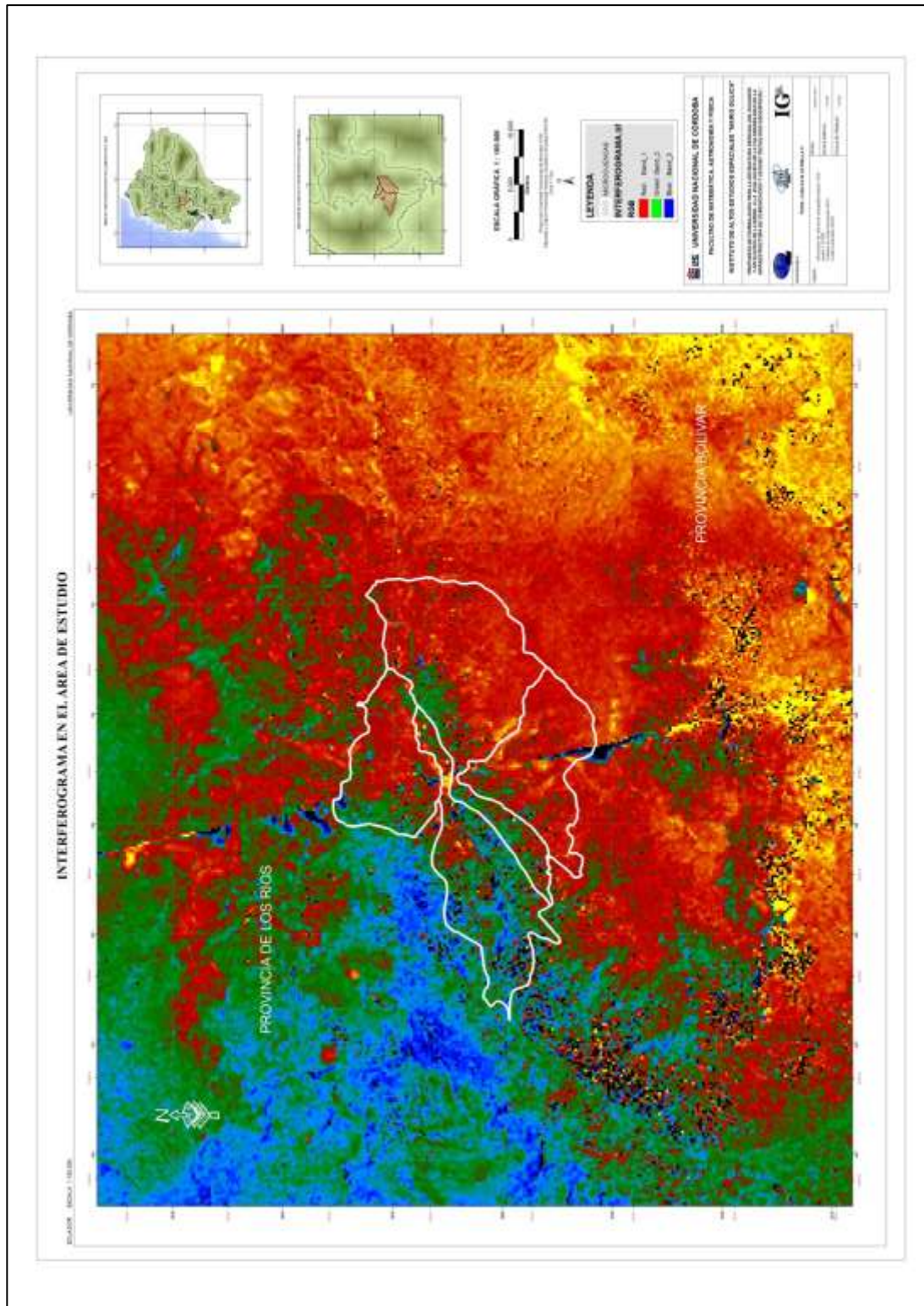
J. ANEXO CAPT.V.16: Mapa de Inventarios de Movimientos en Masa

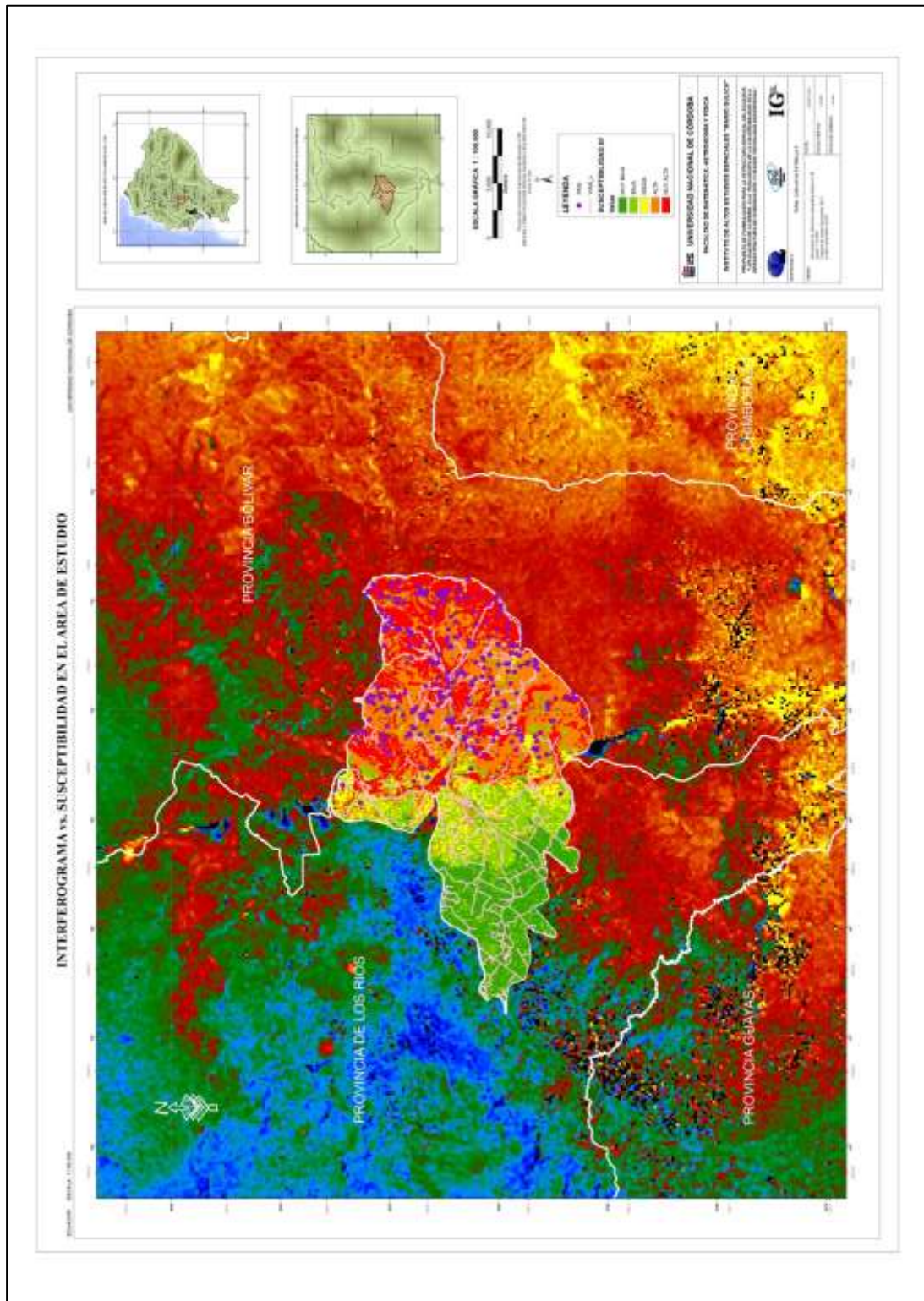


**K. ANEXO CAPT.V.17:** Mapa de Zonificación Climática

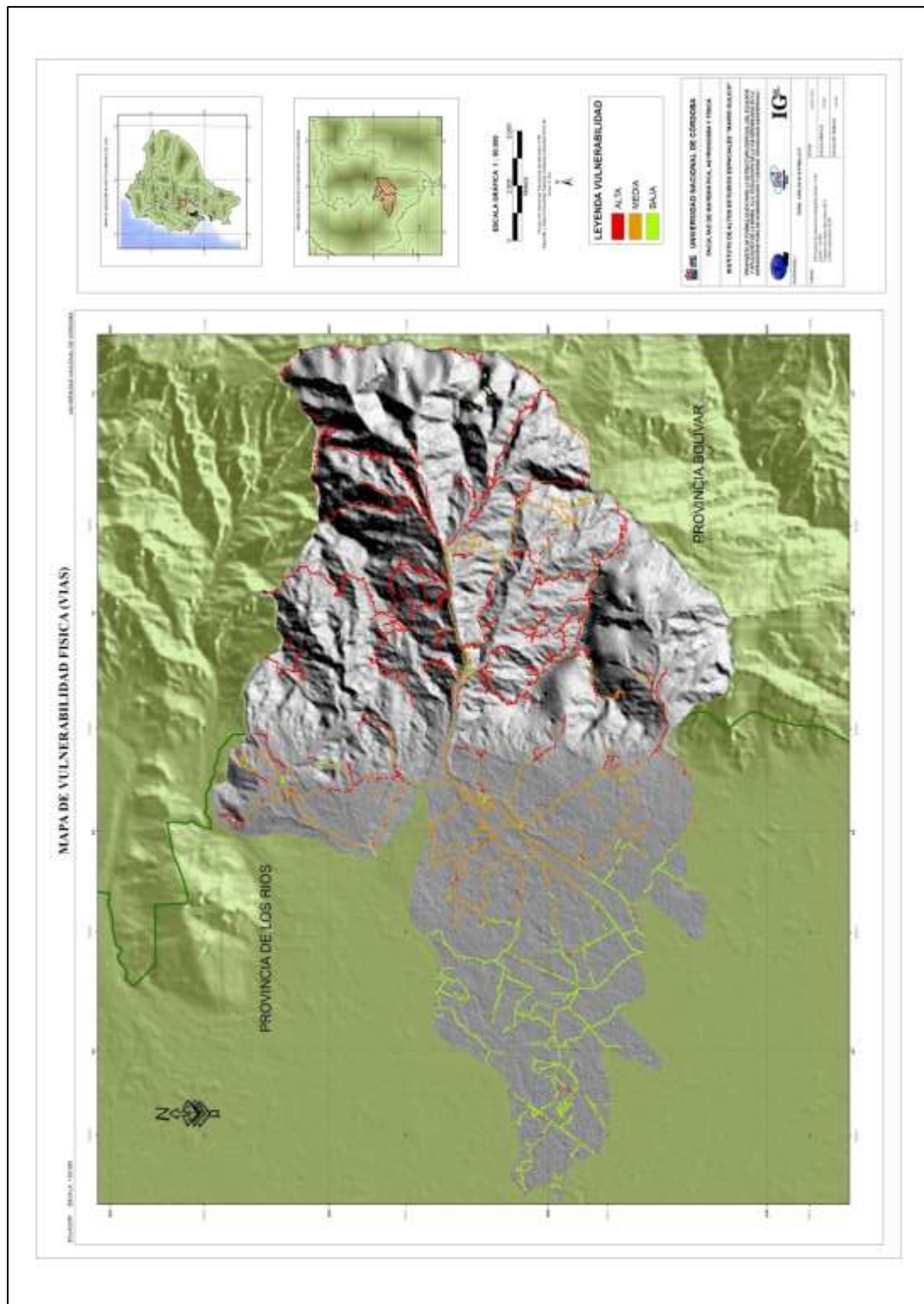


L. ANEXO CAPT.V.18: INTERFEROMETRÍA VS SUSCEPTIBILIDAD





**M. ANEXO CAPT.V.19: MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VÍAS**



**“PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL”.**

**CAPÍTULO VI. PLAN DE ACCIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA**

**1. PLAN DE ACCIÓN**

**A. DETALLE Y ACCIONES PLANIFICADAS**



Diagrama VI.016 Desde la Estructura General (EEE) a la Específica (C4E)

**1) EEE Estructura Espacial Ecuatoriana**

Considerar su aplicación en una estructuración de procesos a corto, mediano y largo plazo (planificación estratégica). Tomar contacto con todos los organismos citados en la presente tesis y generar un compromiso en este objetivo. Desarrollar un plan de implementación y alcance, en donde las máximas autoridades del Gobierno canalicen esta estructura que tendrá una connotación predominante dentro del contexto del país. Su ámbito de competencia servirá en todo sentido, al proceso de toma de decisiones del país, en los campos geo\_aeroespaciales.

**2) Modelos de Gestión**

Una vez se ha establecido las áreas de competencia y accionar de cada Instituto, basado en la distribución del espectro electromagnético, con orientación al ámbito geo\_aeroespacial en todo el territorio nacional; es necesario realizar las coordinaciones del caso para que sus modelos de gestión estén alineados a una sola línea base, tal y cual como se lo está construyendo al momento. El objetivo es evitar procesos que se traslapen o que se generen competencias superpuestas.

### **3) COAG. Centro de Operaciones de Aplicaciones Geo\_Aeroespaciales del Ecuador**

Dentro del Contexto de Generación de una Estructura Espacial Ecuatoriana, se debe ubicar donde va a estar el centro de control, de mencionada estructura, y que se materializa a través de un Centro de Operaciones Geo\_Aeroespaciales, mismo tenga un gran campo de acción en el proceso general de toma de decisión; con varias ramificaciones en todos las áreas vinculantes. Por tal razón la acción planificada a seguir es crear este Centro dentro de la Estructura del Ministerio de Defensa, para que pueda liderar el proceso con fines de seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias. La creación obedecerá a un circuito de metas, que vayan desde la fase cero, pase por análisis de la misión y concluya en el desarrollo de los objetivos.

### **4) C4E Sistema de Comando y Control de Emergencias**

Dentro del Contexto del Centro de Operaciones Geo\_Aeroespaciales del Ecuador, cuya misión está orientada a la seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias. Se debe operacionalizar la estructura, y dar prioridad en este caso a las emergencias en razón de la cantidad de multiamenazas que tiene nuestro país, y por la necesidad de estandarizar procesos, normalizar y homogenizar sistemas, centralizar esfuerzos y descentralizar control y coordinación; que vaya orientado a montar la infraestructura necesaria para cumplir con los objetivos. Como acción planificada es presentar el proyecto de adaptación y creación, mismo está desarrollado en la presente investigación. Una vez terminada esta tesis se realizará una campaña de difusión del objetivo, y se iniciará previa aprobación de las autoridades pertinentes, la implementación de este objetivo.

### **5) Red de Sitios Remotos (Sucursales Seguras o Áreas Fuertes) del Ecuador**

La determinación de la Red está planteada y validada. Por lo tanto como objetivo planificado es montar la infraestructura descentralizada prevista, y coordinar con los diferentes Ministerios y organismos, a fin de que estos sitios o sucursales seguras consten dentro de su planificación. De igual forma dará soporte inmediato y será parte constitutiva del Sistema de Comando y Control para Emergencias.

### **6) Vulnerabilidad en Sistemas de Comunicación Vial del Ecuador**

Determinar el grado de vulnerabilidad en infraestructura de comunicación vial es una muestra del potencial de análisis de las anteriores instancias (geo\_aeroespaciales). Sin embargo se establece el objetivo de crear más líneas de construcción y análisis.

### **7) Vulnerabilidad de Detalle (Área Piloto: Montaña/Pie de Monte/Llanura Aluvial)**

Se estableció una plataforma de pruebas sensibles a varias tecnologías geoespaciales, con un proceso técnico más pormenorizado, enfrentando el objetivo inicial de la no existencia de cartografía a escala mínima 1:25.000 y luego la falta de datos y coberturas existentes, que generaron el compromiso de hacer iteraciones al modelado y expandir al resto de unidades geográficas.

### **8) Nuevas Acciones o Aplicaciones**

Se desarrolló un eje de emergencias que apoyen al proceso de alerta y respuesta temprana a emergencias, se pretende ahora, dentro de la planificación, generar una planificación en base al tiempo, que esté orientado a seguridad, defensa, desarrollo nacional y mejoramiento de emergencias.

## **9) Personal**

Una de las más grandes complicaciones existentes fue de contar con profesionales con un perfil que puedan dar solución a muchos aspectos que se requerían en el contexto de este proceso. Situaciones técnicas, de generación de geoinformación, de metodologías, de articulación, de compras públicas, de situaciones administrativo financiero técnico, entre otras. Motivo por el cual se pretende crear un equipo multidisciplinario que nos ayude al cumplimiento de los anteriores puntos, y que fortalezcan los derroteros institucionales en el ámbito de estas competencias tanto geoespaciales como aeroespaciales.

## **10) Hardware / Software**

Si bien es cierto tanto para procesos directos o indirectos se usó hardware y software validado, se establece como acción planificada el obtener un inventario de todos los equipos, y software que tengan todos los Institutos de Investigación de la Defensa en un inicio, Y con esta línea base, aumentar el inventario a través de las otras instituciones definidas en el segundo anillo.

## **11) Geoinformación**

Durante el proceso, se genera, se valida, y se ingresa geoinformación proveniente de fuentes propias o de otras, misma deberá estar concentrada en un gran data center; situación que al momento no se cumple con ese estándar. En la propuesta de Ley de Geoinformación debe constar estas singularidades.

## **12) Redes de Investigación**

De acuerdo a la experiencia adquirida en la construcción de la presente tesis, se llegó a determinar la falta de recursos bibliográficos, y de búsqueda de información científica, situación que motivo a realizar las coordinaciones para poder ser parte de las redes de investigación bibliográficas. El nuevo compromiso será vincular nuevas redes y con varios administradores, al proceso de investigación y desarrollo.

## **13) Investigación, Desarrollo, Innovación**

La creación de la EEE, COGAE, C4E, RED DE SITIOS REMOTOS, y la correcta distribución de funcionalidad , abren muchos campos de investigación, desarrollo e innovación dentro del área de competencia. La acción planificada es a partir de este proyecto de tesis generar más proyectos de investigación que sean calificados y financiados por SENESCYT, con el objeto de contar cada vez con más herramientas que apoyen al proceso de toma de decisiones.

## **14) Transferencia de Conocimiento y Tecnología**

Con una base y una estructura creada, que va desde lo general a lo específico, se debe desarrollar un proceso transferencia tanto del conocimiento como de tecnología fin multiplicar las resultantes, y poder con esto tener la aceptación para la inmediata implementación. Se debe realizar convenios con la academia y otras organizaciones, para poder ejecutar el proceso de transferencia

## **15) Cambio de la Matriz Productiva**

La EEE trabaja en todos sus procesos, tanto para la seguridad, defensa, desarrollo nacional y la lucha contra las multiamenazas. Basados en este principio de deben construir como



compromiso varios proyectos que ayuden al cambio de la matriz productiva en diferentes áreas, mismos deberán ser planificados y financiados con SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación del Estado), que vayan en beneficio del país.

## **16) Seguridad**

El mencionado proyecto sustenta un eje de seguridad tanto antrópica como natural dentro del contexto del análisis, por tal razón se puede mantener la misma estructura y cambiar los objetivos, para alcanzar con este proyecto de competencia en este ámbito, dentro de una Estructura Espacial Ecuatoriana, correctamente definida.

## **17) Defensa**

La conformación de una Estructura Espacial Ecuatoriana, tiene dos objetivos de características duales (civiles y militares), tal y como lo hacen todos los países del mundo que planifican estos esquemas. La parte civil con un gran porcentaje generalmente el 75% en beneficio de la sociedad, y la parte militar o defensa un 25% solo en caso de que se rompa el contexto de soberanía, o exista una lucha contra la migración, o amenazas de carácter subversivo. El compromiso será buscar una línea de proyectos a través de la EE, que contemplen estas actividades

## **18) Comunicaciones**

En el presente desarrollo de tesis, se llegó a determinar una falta de recursos cartográficos en el área de comunicaciones. Más aún el uso de sensores, plataformas o sistemas de información geográfica que permitan el análisis de este esquema. Como una acción planificada será el motivar el levantamiento de un layer estructurado de comunicaciones tanto SDH como PDH, en todo el territorio ecuatoriano. Mismo apoyará a todos los procesos, con especial atención a los sistemas de Emergencias

## **19) Tiempo**

El tiempo de desarrollo de la tesis fue muy corto, pese a la flexibilidad proporcionada. Pero es necesario indicar que las situaciones administrativas, coordinaciones, y sobre todo obtención de datos fue un trabajo muy arduo que hizo que la pérdida de tiempo sea eminente. Sin embargo hoy en día existe una gran apertura y acceso a la geoinformación existente., siempre y cuando se lo haga con fines de investigación. El compromiso es seguir puliendo y perfeccionando el modelo, hasta llegar a manejar errores totalmente minimizados.

## **20) Conocimiento (Capacitación, Formación y Perfeccionamiento)**

Todo este proceso ha desencadenado un sin número de expectativas, entre otras el desarrollar un plan de capacitación de herramientas geo\_aeroespaciales, y otro de formación y perfeccionamiento, en el ámbito de maestrías y doctorados. La acción será de tratar de generar un convenio con la Universidad Nacional de Córdoba para la formación de nuestro personal técnico, y conseguir con esto generar proyectos binacionales que busquen el beneficio común, en los campos de competencia antes mentados.

## **2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- A. El Estado Ecuatoriano dentro del contexto de investigación, desarrollo, innovación, transferencia, vinculación y generación de geoinformación a todo nivel; y con la creación del IGM (Instituto Geográfico Militar), INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) e INAE (Instituto Antártico Ecuatoriano), cubre todos los espacios desde el concepto de territorio "Proyección cónica que nace desde el centro de la Tierra y se proyecta hacia el

infinito". Con esta singularidad se establece el presente estudio, con los esquemas GEO\_AEROESPACIALES, enfocados a las trazas del país que son la seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias; apoyando con esto al proceso de toma de decisiones, y sirviendo como anillo base para buscar integración de la academia (universidades), demás organismos públicos y privados, nacionales e internacionales, para ser de manera coordinada los protagonistas del uso de toda clase de herramientas geo\_aeroespaciales (sistemas de información geográfica, ciencias de tierra y del espacio, observación de la Tierra / sensoramiento remoto, correlación temática, procesamiento de imágenes, sistemas de posicionamiento de satélite, sistemas de posicionamiento global, telemetría, y otros dentro del área de competencia, en búsqueda de un mejor país para vivir.

- B. El tema de investigación y generación de geoinformación, tiene un alcance muy grande, dentro del contexto del Ecuador, en razón de que se realizó un proceso que va, desde la creación de la Estructura Espacial Ecuatoriana (EEE), no existente, que abarque todos los campos relacionados al ambiente geo\_aeroespaciales, y sus correspondientes aplicaciones, y termina en un área de pruebas de vulnerabilidad, como demostración de su necesaria integración, en el área de las emergencias. Es necesario recomendar que se realicen nuevos esquemas en los campos de la seguridad, defensa y desarrollo nacional.
- C. La creación de una ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR (EEE), constituye en nuestro país, una herramienta muy poderosa en apoyo al proceso de toma de decisiones en los ámbitos geo\_aeroespacial, en el sentido de poder con esto, impulsar de manera ordenada y sistemática, los ejes de transferencia del conocimiento y tecnología en todos los ámbitos del rango del espectro electromagnético, proporcionar soluciones en beneficio del cambio de la matriz productiva del país, y enfrentar todos los procesos vinculados a los riesgos naturales, clasificados como multiamenazas, dentro del contexto de la alerta y respuesta temprana a emergencias.
- D. Para fortalecer y dar apoyo a las antes mentadas Instituciones, encuadrados en el PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR (ISBN-978-9942-07-448-5) así como para normalizar, homogenizar, estandarizar y unificar esfuerzos de manera coordinada; y no generar con esto procesos de aislamiento tecnológico, superposición de esfuerzos, o falta de compatibilidad técnica o administrativa, se propone el establecimiento de un organismo orientador y de enlace, denominado **ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA**, que emule a un centro de comando y control, y que fusione indirectamente varias instituciones civiles y militares, públicas y privadas; en búsqueda de objetivos que beneficien a la población ecuatoriana y al sistema geo\_aeroespacial regional. Todo esto marcará un hito en la evolución, mejoramiento continuo, formación, perfeccionamiento y apoyo al proceso de toma de decisiones, dentro del contexto nacional y su correspondiente plataforma al ámbito internacional.
- E. La determinación del período de vida de una infraestructura estratégica (sitios remotos – sucursales seguras) debe ser programada con tiempos de vida útil de 50 años, considerando estudios de períodos de retorno de procesos geodinámicos externos. Sin embargo durante este período de tiempo se debe mantener un monitoreo relacionado con microsismicidad, pluviosidad, lo cual enriquecerá la base de datos de las áreas fuertes o sitios seguros. (AJUSTES DE LOS SITIOS REMOTOS EN PERÍODOS DE TIEMPO CONSTANTES 50 AÑOS).
- F. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA FUNDAMENTAL, BÁSICA Y TEMÁTICA (Segmento Nacional con Método Tradicional (Aerofotogrametría), Segmento Específico, método no convencional por la alta nubosidad (Radargrametría)). En el proceso de construcción de la presente investigación y desarrollo, es necesario destacar que en nuestro País existe, una gran dificultad al momento de generar cartografía fundamental o básica, en razón de la gran variedad climática, geológica, y geomorfológica existente; lugares de gran visibilidad, como donde siempre existe nubosidad; experimentando cambios fuertes, que van de grandes a bajas altitudes, y otros elementos que hacen que el campo geográfico y cartográfico sea muy complejo, y por ende no contemos con toda la cartografía necesaria para levantar las plataformas de pruebas, en el campo de la

investigación o la generación de la geoinformación. Durante el desarrollo del proyecto se realizó un proceso fuerte de minería de datos, y todas las acciones correspondientes para alcanzar de varias instituciones, empresas y organismos, la geodata necesaria. Durante esta acción se obtuvo la cartografía fundamental y básica, en una escala 1:250.000 y 1:50.000 (IGM. Instituto Geográfico Militar), pero en el área de pruebas al requerir una zona que contenga, montaña, pie de monte y llanura aluvial, con el objeto de caracterizar de mejor manera el inventario de movimiento de masa, y al no disponer información base 1:25000 se levantó todo desde fase cero (IEE. Instituto Espacial Ecuatoriano), partiendo de la técnica de radargrametría, generando el DEM de 10 m, realizado por Telespazio usando la constelación Cosmo SkyMed. Por todo lo mencionado es necesario recomendar se implemente el acceso a nuevas tecnologías en el uso de sensores, en esta caso el radar, cuya explotación en nuestro país es casi nula. Con esto podemos solucionar GAPS permanentes y cartografía multiescala.

- G.** El mapa base del Ecuador fue realizado por el Instituto Geográfico Militar (IGM), mediante restitución aerofotogramétrica, sobre la base de fotografías aéreas, un DEM de 90 y con una resultante de 1:250.000, con curvas de nivel a intervalos de 40 m; mientras que la zona de estudio al no poseer cartografía mayor a la antes mencionada, se realiza la adquisición de imágenes Cosmo SkyMed con una toma programada de 30 días de acuerdo a los TDR, trabajando toda la constelación, y a través de una técnica de radargrametría se levanta la cartografía a escala 1:25.000, partiendo de un DEM generado de 10 m de tamaño de pixel. Todo esto nos servirá como línea base para todos los procesos subsiguientes.
- H.** **HARDWARE / EQUIPOS, SOFTWARE, CARTOGRAFIA E IMÁGENES DE SATÉLITE USADOS EN EL DESARROLLO DE LA EEE.** El contar con una infraestructura adecuada es necesario para desarrollar muchos proyectos de investigación. Se detectó una falta de hardware, software, y geodatos, mismos fueron cubiertos de manera básica a través del apoyo del Instituto Espacial Ecuatoriano, el Instituto Geográfico Militar y otras Instituciones vinculadas. Todo esto está mejorando a través de los programas financiados por el Estado.
- I.** **EEE. ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA (Data warehouse – Esquema en Estrella).** Se generó una EEE, con un anillo base que constituyen los Institutos de Investigación de la Defensa, cuyo objetivo principal es el desarrollo nacional, y quienes apoyarán a levantar el siguiente anillo del país, en donde se puede trabajar integradamente con otros ejes como salud, educación, riesgos, academia, agricultura, ganadería, clima, entre otros.
- J.** **EEE COMO HERRAMIENTA AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES (DESIGNACION DE COMPETENCIAS VIA ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO).** Dentro del ámbito de la EEE, existían procesos y competencias traslapadas, lo que hacían que el avance de la investigación y el desarrollo, sean muy lentos, desorientados y a veces en litigio. El desglose y designación de acciones a través del espectro electromagnético es una solución a este problema, por cuanto cada organismo sabe exactamente porque dirección avanzar y en donde pueden apoyarse para el trabajo en equipo en búsqueda del desarrollo de un país, en apoyo al proceso de toma de decisiones. Se recomienda hacer los talleres necesarios a fin de conseguir una armonía total en el proceso.
- K.** **CENTRO DE OPERACIONES GEO\_AEROESPACIALES.** La concentración de apoyo al proceso de toma de decisiones en todas las áreas estarán materializadas por un centro de operaciones, en donde existirá data, y medios para poder cubrir al país en cualquier proceso que lo requiera para su mejoramiento. El cubrimiento de la seguridad, defensa, desarrollo nacional y emergencias son vitales para la vida de un país, por lo que se recomienda cumplir con su implementación y hacer realidad este objetivo.
- L.** **SISTEMA CENTRALIZADO DE COMANDO Y CONTROL PARA EMERGENCIAS (C4E. Comando Control Comunicaciones Computadoras Emergencias).** (Sustento doctrina C4ISR). En el país existe la Secretaria de Gestión de Riesgos, quién es la encargada de enfrentar los procesos de

emergencias o desastres naturales. Sin embargo su accionar de una o de otra manera está ligado a coordinar y tomar decisiones con otros organismos, con especial atención al Ministerio de Defensa Nacional; generando con esto una operación a gran escala, la cual se podrá enfrentar de manera sistemática y técnica a través de un centro no solo de control, sino de Comando y Control para Emergencias (C4E), con una flexibilidad estructural muy grande, que permitirá de manera conjunta solventar de manera rápida, las necesidades generadas por el país en estos casos, apoyando con esto a la misión de mencionada Secretaria. Este C4E está realizado bajo una relación de doctrina con sistemas de otros países, y un escalamiento organizacional C,C2,C3,C4, C4E que demanda sus multicompetencias.

- M. DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE SITIOS REMOTOS (SUCURSALES SEGURAS O AREAS FUERTES) / DESCENTRALIZACIÓN.** (Modelo Multicriterio, Modelo DELPHI y Redes Geodésicas. Triángulos de Delanauy y Polígonos de Voronoi (Thiessen)). La descentralización del proceso C4E, materializada en una red de sitios remotos (sucursales seguras o áreas fuertes) se fundamentó en un lanzamiento de procedimiento geodésico, partiendo de un análisis multicriterio que concentre accesibilidad, seguridad y cobertura de comunicaciones al máximo límite, y poder con esto ubicar en el país las áreas mejor dispuestas con las características antes mencionadas, cuya finalidad es determinar zona de evacuación ante desastres, así como convertir cada una de estas áreas en responsable de una zona, que cubra el país, y poder reaccionar rápidamente ante procesos de alerta y respuesta temprana a emergencias. Se recomienda de igual forma el uso de esta red para validar la ubicación correcta de sistemas de educación, salud, ordenamiento territorial, sistemas viales, entre otros, dado por sus características y análisis desarrollado.
- N. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL** (Proceso Analítico Jerárquico / Analytic Hierarchy Process (AHP)). Partiendo de la selección del área de pruebas, en función de la importancia de la cuenca más representativa del país como es la Cuenca del Río Guayas, se toma de sus subcuencas, 4 microcuencas como son (Pechiche, Cristal, Balsas y Potosí), mismas cumplen con las características de montaña, pie de monte y llanura aluvial, para su desarrollo en vulnerabilidad de sistemas de comunicación vial frente a la amenaza de movimientos en masa, en donde se concluye que en el Ecuador la mayor cantidad de carreteras tienen una vulnerabilidad alta y media, afectando con más fuerza la región interandina y parte de la costa. Se puede recomendar al respecto generar sistemas de alerta temprana para poder minimizar el nivel de afectación tanto a la vida, como a la infraestructura.
- O.** Los problemas causados por el calentamiento global generan impactos cada vez más frecuentes sobre nuestras vidas. No existe una política de prevención de riesgos sólo hay una política reactiva frente a fenómenos naturales que hace que , cuando se produce el fenómeno actuemos, pero sin reacción de comando y control para enfrentar las multiamenazas. Se debe generar un plan en donde todos los Municipios se integren a la red de sitios remotos, y una vez implementada, desarrollar sus mapas de vulnerabilidad, riesgos, planificación y desarrollo territorial. Todos bajo la misma doctrina y normativa para evitar problemas de no concatenación.
- P.** La fragilidad ecológica en la red vial de nuestro país, y en particular de la zona de estudio, debe considerar el análisis y evaluación fundamentada en la interrelación de las características y la sensibilidad ambiental, a través de la superposición cartográfica temática, estimando el riesgo para el ambiente natural o para las obras y actividades del sistema vial; mostrando la complejidad de los problemas y sus interrelaciones, que pueden incidir a corto, mediano y largo plazo. La complejidad de las interrelaciones, trae como consecuencia el aprovechar la tecnología de punta disponible en el mercado, que son el sensoramiento remoto y los sistemas de información geográfica. Herramientas poderosas que nos ayudan al análisis de los factores de manera dinámica y gráfica, permitiendo con esto, obtener resultados, para la toma de decisiones acertadas.
- Q.** Para el Ecuador el uso del sensoramiento remoto en el óptico es limitado, en razón de que la mitad del país siempre está cubierto por nubes. El área de estudio específico en lo que refiere a

vulnerabilidad en los sistemas de comunicación vial, fue seleccionada en razón de la necesidad de contar con tres elementos (montaña, pie de monte y llanura aluvial) con el objeto de poder caracterizar el proceso con más veracidad. Lamentablemente los pocos lugares existentes en nuestro país con estas características en su mayor parte están cubiertas de nubes, por lo que el uso del sensoramiento remoto en el óptico es limitado, y para los fines consiguientes la resolución espacial es muy grande, y nos encontramos con la limitación que no existía cartografía por lo menos a escala 1:25000, por tal razón a través del uso de la constelación Cosmo SkyMED, con el método de radargrametría se generó un DEM de 10m, y sobre el cual se realizó el proceso para construir la cartografía base de 1:25000, con el trabajo de campo respectivo.

- R. La restitución fotogramétrica utiliza pares de imágenes, parcialmente solapados y tomados desde puntos de vista diferentes, que forman los denominados pares estereoscópicos. Del examen de puntos homólogos y de su paralaje se deducen las cotas de referencia necesarias para reconstruir la topografía. Los restituidores fotogramétricos actuales realizan esta labor grabando resultados en un formato digital compatible con sistemas de información geográfica. Es necesario el acceso al terreno para establecer un conjunto de puntos de apoyo que permitan fijar valores de altitud en una escala absoluta. Los pares estereoscópicos han sido hasta hace pocos años exclusivamente fotogramas aéreos. Actualmente a estas fotografías se han sumado las imágenes digitales tomadas por sensores pancromáticos transportados por satélites. Los radares de apertura sintética mediante técnicas definidas como radargrametría permiten generar MDE de buena precisión. Aunque probablemente es la técnica del futuro, las dificultades operacionales son aún significativas. Sin embargo, la magnitud del error del MDE resultante permite establecer ya una competencia real con los métodos más convencionales.
- S. El resultado de la interferometría define una anomalía con una dirección nor-nor oeste, sureste, misma que puede definir el límite de la Cuenca del Guayas en la zona de pruebas. Adicionalmente en la parte centro sur del área de pruebas, existe una evidencia de mayor subsidencia en medio de dos zonas de levantamiento, lo que puede implicar un sistema pull-apart debido a un desplazamiento de falla dextral (abajo - arriba), relacionado con el sistema norandino. Al sobreponer el elemento de susceptibilidad, valida el lineamiento antes dicho, evidenciando las divisiones de montaña, con pie de monte, fuertemente, y llanura aluvial.
- T. Los sitios remotos (sucursales seguras o áreas fuertes) obtenidas en este análisis, son la clara evidencia de que nuestro país tiene un sin número de dificultades geográficas a procesos de alerta y respuesta temprana a emergencias. Del área total del Ecuador 283.560 km<sup>2</sup> tan solo 2633,74 km<sup>2</sup>, distribuidos en 83 sitios remotos, son considerados sucursales seguras. Por lo que es necesario recomendar se priorice este tipo de acciones que vayan en función de salvaguardar las vidas y la infraestructura a través de planes consistentes y funcionales.

### **3. BIBLIOGRAFÍA**

- A. Ley Orgánica de La Contraloría General del Estado, Ley N.2002-73
- B. Bases digitales, usadas con plataforma ESPE (miespe.edu.ec) (e-libro, ProQuest, ebrary, Gale, SpringerLink, Hinari, ASTM, MITOPENCOURSEWARE, Visibility, EBSCO HOST, EBL, Biblioteca IVEC, ESPE, IEEE Xplore, Taylor & Francis, Repositorio Digital, Cobuec, Bio One y Bibliotechnia)
- C. Gemma, 2007, Movimientos en Masa en la Región Andina, Geociencias, ISSN 0717-3733.
- D. ESPE 2012, Implementación de la Gestión de Procesos, UDI. Unidad de Desarrollo Institucional
- E. Infraestructura Ecuatoriana de datos Geoespaciales, Terminología par información geográfica, 2013, (Norma ISO/TS 19194-2008 Geographics Information – Terminology / ISO/TC 211 Multi.lingual Glossary of Terms)
- F. Agenda Nacional de Seguridad Interna y Externa, Ministerio Coordinador de Seguridad Interna y Externa, SEGURIDAD Y GESTIÓN DE RIESGOS, Secretaria de Gestión de Riesgos, J.M Impresores, Quito-Ecuador, Escenario 2013

- G.** El origen del color en la naturaleza, química del color, Ricardo Rafael Contreras, Vicerrectorado Académico CODEPRE, 2011
- H.** El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones, Bernardo Fontal, VII Escuela Química, 2005
- I.** AT RISK, Natural hazards, people's vulnerability and disasters, Second Edition, Ben Wisner, Piers Blaikie, Terry Cannon and Ian Davis, London and New York, 2005
- J.** GlobeSAR, Interferometría mediante radars, Natural Resources, Canadá, Apuntes Maestría
- K.** Interferometría de Radar con ERDAS IMAGINE 8.5, preparado por Gabriel Platzeck
- L.** Imagine, Radar Mapping Suite, User's Guide, Atlanta Georgia, 2001
- M.** Simposio "IDE América" Carta Internacional "Espacio y Desastres Mayores", Guillermo Toyos, Gabriel Platzeck, Brenda Jones, Instituto Panamericano de Historia y Geografía (IPGH), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá-Colombia, 2007
- N.** Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, Kobe, Hyogo, Japón, 2005
- O.** VULNERABILIDAD, El entorno social, político y económico de los desastres, Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis y Ben Wisner, Primera Edición Julio 1996
- P.** Universidad Estatal de Bolívar, Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano, Escuela para Desastres y Gestión de Riesgos, Autora María de Mora, Guaranda-Ecuador, 2013
- Q.** Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias, UNISRD, Charter Internacional, Gabriel Platzeck
- R.** Apuntes de Postgrado en Vías Terrestres, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Fricson Moreira, 2011
- S.** Ley de Caminos y Carreteras del País, Derechos de vías, MTOP, Ecuador
- T.** Centro Universitario de Mérida, Ingeniería Técnica en Topografía, Fotogrametría III, Juan Antonio Perez, 2001
- U.** C4ISR SYSTEMS, Technology Applied to Command and Control, Fernando del Pozo García, OTAN, 2011
- V.** MOVE, Methods for the Improvement of Vulnerability Assessment in Europe, Assessing Vulnerability to natural hazards in Europe: From Principles to Practice, A manual on concept, methodology and tools, Project-GRANT, 211590, 2011
- W.** MPRA, Munich Personal RePEc Archive, A Summary on Fundamentals of Remote-Sensing and Applications, Juan MC Larrosa, Universidad Nacional del Sur, 2000
- X.** Plan de Desarrollo de las líneas de Investigación Estudios Geoespaciales, 2013-2014
- Y.** Studio di Vulnerabilità della rete stradale nella Provincia di Firenze, a nord del capoluogo, Analisi preliminare a supporto della predisposizioni dell'esercitazione in Mugello, Geol Christian lasio, 2010
- Z.** Aplicación de técnicas SIG, Sensoramiento Remoto y Análisis Multicriterio para la Detección de Suelos y su Proyección para el 2010. Caso de Estudio: Estuario de Santos (Brasil), 2009
- AA.** Diseño de un Sistema de Alerta y Respuesta Temprana a Incendios de vegetación – SARTiv, Nicolás Mari
- BB.** Curso SIG, TIN (Triangulated Irregular Network)
- CC.** Exploring constraints and benefits of PSI technique for landslide detection and monitoring from space, Christian lasio, 2011
- DD.** Remote Sensing and GIS for documentation and evaluation of the socio-economic and environmental impact of the floods 2000 in central Mozambique
- EE.** Fundamentos de Teledetección Espacial, Emilio Chuvieco, segunda edición, Ediciones RIALP S.A, Madrid, 1995
- FF.** Ajuste de la Red de Control básico vertical en función de números geopotenciales, Capt, de E. Coyago Ricardo, Sangolquí-Ecuador, 2010
- GG.** Introducción a los deslizamientos, el uso de sensores remotos en el mapeo de deslizamientos, Unesco, Cees van Westen, International Institute for Geo\_Information Science Earth Observation, ITC, Enschede, The Netjlands, 2011
- HH.** Movimientos en Masa en la Región Andina, una guía para la evaluación de amenazas, servicio nacional de geología y minería, publicación geológica multinacional N.4, Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007
- II.** Revista de Climatología, Vol 14(2014):1-11 ISSN 1578-8768 "Escenarios Climáticos en presencia de Fenómeno El Niño (FEN) en las Micro-cuencas Cristal, Potosí, Pechiche y Balsas

- del Ecuador”, Erith Muñoz, Flor Chiriboga, Alicia Caizaluisa, Miltón Ramirez, Carlos Estrella, Recibido 18AGO2014
- JJ.** IEEE\_Xplore, A Method to Generate C4ISR Architecture Framework and Cascading Failure of the Constructed Network, Li Baoqiang, Li Biao and Tian Shurong, 978-1-4577-0536-6/11/2011 IEEE
- KK.** IEEE, A theoretical Approach to C4ISR Architectures, J Dinarogonas, The Mltre corporation, Eatontown, Milcon 2004 – IEEE Military Communications Conference
- LL.** SPRINGER, An ontology-based Integrated Approach to Situation Awareness for High-Level Information Fusion in C4ISR, María Cruz Valiente, Rebeca Machin, Elena Barrioncanal and Miguel Sicilia, 2011
- MM.** SPRINGER, Chapter 2, Vulnerability Theory, M.J Zakour and D.F Gillespie, Community Disaster Vulnerability Theory, Research and Practice, DOI 10.1007/978-1-4614-5737-4\_2, Springer Science Business Media New York 2013
- NN.** Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales, Proyecto “Generación de Geoinformación para le Gestión del Territorio”, Guía Metodológica para la Gestión de Riesgos, 2011\_2016
- OO.** Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales, Proyecto “Generación de Geoinformación para le Gestión del Territorio a nivel Nacional”, Componente Vulnerabilidad y Riesgos , Manual de Procedimientos, Abril 2012