



*Alcaldía de Neiva*



*Universidad  
Surcolombiana*



## **PASANTÍA ESTUDIANTIL**

**Recopilación, Análisis Y Validación de la  
información acorde con el SIG.**

### **PROYECTO:**



*Entidad Coordinadora:*

**ALCALDIA DE NEIVA**

Departamento Administrativo de Planeación Municipal  
Dirección Administrativa de Emergencias y Desastres de Neiva

*Entidad Ejecutora:*

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Facultad de Ingenierías  
Ingeniería de Petróleos

Neiva, Marzo de 2007.



*Alcaldía de Neiva*



Universidad  
Surcolombiana



Alcaldía de  
**Neiva**  
*Haciendo el Cambio!*

## PASANTÍA ESTUDIANTIL

**Recopilación, Análisis Y Validación de la  
información acorde con el SIG.**

### PROYECTO:



Elaborada por:

Luisa Fernanda Pérez Sánchez  
Estudiante de Ingeniería de Petróleos

**ALCALDIA DE NEIVA**

Germán Alfonso Reyes Mendoza  
Geólogo Asesor  
Coautor y Coordinador del Proyecto

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Orlando Mayorga  
Profesor Titular – Director de Pasantía

Neiva, Marzo de 2007.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este logro a mis padres Carmen Tulia Sánchez y José Ely Pérez, quienes con gran esfuerzo me han dado todo su apoyo incondicional para realizarme como profesional; a mis hermanos Karla Mercedes y Jorge Andrés con los cuales he podido contar y compartir todos mis triunfos.

*LUISA FERNANDA PÉREZ SÁNCHEZ*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que colaboraron de forma incondicional en el desarrollo de este proyecto especialmente a:

Dios y mi familia quienes hicieron posible la realización de este proyecto;  
A mi compañero y amigo incondicional Faiver Atemo Vásquez por su colaboración y a Luís Eduardo Briñez por su apoyo y colaboración.

### **Departamento Administrativo de Planeación Municipal:**

Arq. Armando Saavedra: Jefe Departamento Administrativo de Planeación Municipal.

Ing. Nelly Vega Cabrera: Coordinadora del POT de Neiva.

Geól. Germán Reyes Mendoza: Director del Proyecto.

Ing. Rodrigo Pedroza Medina: Digitalizador y estructurador de SIG.

Richard Alexander Lugo Angulo: Estructurador del Sistema de Información Geográfica de la Alcaldía Municipal de Neiva.

Cecilia Morales Cuenca: Digitadora SIG.

### **Universidad Surcolombiana:**

Ing. Jorge Orlando Mayorga: Coordinador de la Pasantía Profesor Titular del Programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

Geol. Roberto Vargas Cuervo: Profesor Titular del Programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

### **Entidades Privadas:**

Empresa de Estudios Geotécnicos Ltda.: Geotecnólogo Hermes Figueroa.

## **RESUMEN**

El proyecto de “Recopilación Análisis y Validación de la Información Acorde con el SIG” desarrollado en la meta IV zonificación geotécnica preliminar, del proyecto “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)” comprende los estudios mediante los cuales se subdivide la ciudad en zonas donde se espera un comportamiento sísmico similar para efectos de planificación urbana, diseño sismorresistente, evaluación y estimación de daños, pérdidas y elaboración de planes de contingencia y redacción.

Los resultados de esta investigación constituyen en el soporte técnico - científico para la definición de nuevos sitios de exploración geotécnica profunda, en áreas sin información o de interés geológico-geotécnico, y la instalación de la Red de Acelerografos de Neiva, Previstas en las metas VI y VII de la MSN.

## ABSTRACT

The Project of **“Summary, Analisis and Validation of the Information According to the GIS”** was developed in the target IV preliminary geotechnique of the Project **“Zonification Seismic of Neiva”** (MSN) include the studies which are divided the city in different zones where we have find a performance seismic similar for a purpose such and urbane planning, seismiresisting desing, evaluation and estimacion of damages and working up the plans of contingency and reaction.

The results of this research establish a thecni-scientific support for finding new places of deep geotechnique exploring, in areas without any information or geological- geotechnique and the installation of the accelerographs net of Neiva, forsee in targets VI and VII of MSN.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION	1
2. GENERALIDADES	3
2.1 JUSTIFICACION	3
2.2 MICROZONIFICACION SISMICA DE NEIVA "MSN"	4
2.2.1 Estructuración del proyecto de Microzonificación Sísmica de Neiva	5
2.2.1.1 Fase I (Inicial)	6
2.2.1.2 Fase II (Intermedia)	6
2.2.1.3 Fase III (Final): Microzonificación – Codificación	6
2.3 OBJETIVOS	7
2.3.1 Objetivos generales	7
2.3.2 Objetivos específicos	7
2.4 ALCANCES DEL PROYECTO	8
2.5 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	8
2.6 METODOLOGIA Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	10
2.6.1 ACTIVIDADES ESPECIFICAS DESARROLLADAS	10
2.6.1.1 Preliminares Administrativos y Académicos	11
2.6.1.2 Recopilación de estudios y captura de formatos	11
2.6.1.3 Zonificación geotécnica	12
2.7 ESTUDIOS PREVIOS	12
3. GEOPROCESAMIENTO Y ZONIFICACION GEOTECNICA	16
3.1 VINCULO BADGEN SIG (ARCVIEW 3.2)	16
3.2 ANALISIS DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLOGICA	18
3.3 ZONIFICACIONES GEOTÉCNICAS PREVIAS	22
3.3.1 Estudio de Amenaza de la CAM-UN/Idea.	22
3.3.2 Estudio de Amenaza y Microzonificación Sísmica, Vulnerabilidad estructura y evaluación de escenarios de daño.	26
3.3.3 Estudio de Geotécnico de la Microcuenca de la quebrada la Cabulla.	28
3.3.4 Servicios Geológicos Integrados SGI Ltda.	31
3.4 MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL ÁREA URBANA DE NEIVA	32
3.4.1 Zh-1 Zona Homogénea 1	32
3.4.2 Zh-2 Zona Homogénea 2	33

3.4.3 Zh-3 Zona Homogénea 3	33
3.4.4 Zh-4 Zona Homogénea 4	34
3.4.5 Zh-5 Zona Homogénea 5	34
4. CONCLUSIONES	35
5. RECOMENDACIONES	38
6. BIBLIOGRAFIA	39



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Estructuración del proyecto de Microzonificación Sísmica de Neiva	5
<b>Tabla 2.</b> Zonificación geotécnica en la zona montañosa de Neiva	27
<b>Tabla 3.</b> Zonificación geotécnica en la zona plana de Neiva	27

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación de Neiva, capital del departamento del Huila	9
<b>Figura 2.</b> Formato FOCEG-1 para la captura de estudios geotécnicos de Neiva.	13
<b>Figura 3.</b> Datos introducidos al (ArcView 3.2)	16
<b>Figura 4.</b> Ubicación y Propiedades de los Estratos.	17
<b>Figura 5.</b> Mapa Geológico urbano de Neiva.	19
<b>Figura 6.</b> Mapa de zonificación geotécnica.	23
<b>Figura 7.</b> Mapa de zonificación propuesta.	28
<b>Figura 8.</b> Mapa Microzonificación Geotécnica de la cuenca la Cabulla.	30

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Estudios de suelos recopilados.
- Anexo 2.** Formatos FOCEG-1 diligenciados.
- Anexo 3.** Tabla con estudios Geotécnicos y propiedades Geomecánicas.
- Anexo 4.** Mapa 3 de zonificación geotécnica preliminar del área urbana de Neiva

## 1 INTRODUCCION

En este documento se presentan los resultados de la pasantía efectuada en el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de la Alcaldía de Neiva por Luisa Fernanda Pérez Sánchez, estudiante de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana (USCO), quien bajo la coordinación del geólogo Germán Reyes Mendoza y la tutoría del profesor Orlando Mayorga desarrollo la zonificación geotécnica preliminar del área urbana de Neiva, correspondiente a la meta IV del proyecto “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)”.

La pasantía, soportada en el convenio de cooperación interinstitucional celebrado entre el municipio de Neiva y la USCO, consistió en la compilación de estudios de suelos del área urbana de Neiva, en el vinculo de las propiedades geomecánicas obtenidas y la Base de Datos Geotécnica de Neiva (BADGEN), en ambiente SIG, y la zonificación geotécnica preliminar del área urbana de Neiva.

Los resultados de estas investigaciones constituyen el soporte técnico-científico para la definición de nuevos sitios de exploración geotécnica profunda, en áreas sin información o de interés geológico-geotécnico, y la instalación de la Red de Acelerógrafos de Neiva, previstas en las metas VI y VII de la MSN.

El proyecto de Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN), consta de 3 fases:

Fase I: Geología, geotectónica y geofísica.

Fase II: Geotecnia, instrumentación y modelamiento.

Fase III: Microzonificación, codificación e implementación

Que a su vez dichas fases se encuentran conformadas por 13 metas dentro de las cuales este informe presenta el desarrollo de la meta cuatro

correspondiente a **“Zonificación Geotécnica Preliminar”** a partir de investigaciones realizadas anteriormente, y del análisis de información recopilada entre las cuales encontramos estudios de suelos realizados en el área urbana de Neiva, cartografía de zonas de amenazas, geológicas y geotécnicas; de igual forma información sobre eventos sísmicos previos y deslizamientos, a fin de obtener una primera aproximación sobre el comportamiento dinámico de los suelos para diferentes zonas de la ciudad en caso de un sismo.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 JUSTIFICACION

Considerando la trascendencia de incorporar el tema de la prevención de desastres en la planificación del desarrollo y, específicamente, desencadenar acciones para la mitigación del riesgo sísmico, la Alcaldía de Neiva ha decidido liderar la “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)”, formulado como un proyecto de investigación, desarrollo e innovación, en concordancia con el Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007 “Haciendo el Cambio” (Acuerdo 009 de 2004) y el Plan de Ordenamiento Territorial de Neiva (art. 67 del Acuerdo 016 de 2000).

Actualmente se están ejecutando las metas iniciales del proyecto MSN, coordinado por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal y la Dirección Administrativa de Emergencias y Desastres (DAED) de Neiva, con la participación activa y cofinanciamiento de la Secretaría de Gobierno y Desarrollo Comunitario y la Oficina de Prevención y Atención de Desastres (OPADH) de la Gobernación del Huila. Además por su carácter científico y aplicaciones técnicas, se incorporo la academia regional, representada por la facultad de ingeniería de la Universidad Surcolombiana.

Con la Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN) se inicia en firme la mitigación del riesgo sísmico regional, a través del conocimiento de las sismofuentes regionales, la caracterización física detallada de los suelos de Neiva y tres centros poblados (EL Caguán y Fortalecillas del municipio de Neiva, y la zona industrial de Amorco, del municipio de Palermo), la evaluación en forma anticipada de los efectos que puede originar un sismo máximo probable y la obtención de un código local de construcciones sismorresistentes, toda vez que nuestra región ha sido gravemente afectada

por múltiples eventos históricos (1816, 1834, 1944, 1946, 1957, 1966, 1972 y 1994), siendo especialmente importantes los terremotos de 1827 y 1967, que produjeron muertes y cuantiosos daños en varias ciudades de Colombia, Venezuela y Ecuador (REYES-MENDOZA, 2005b). Esto se debe a la existencia de varios sistemas de fallas geológicas regionales, que determinan que el territorio del departamento del Huila y el municipio de Neiva se ubican en una zona con amenaza sísmica alta, conforme al “Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia”, adoptado por la Ley 400 de 1997.

Igualmente, el proyecto MSN guarda concordancia a lo requerido en el literal A.2.9.2 del Decreto 33 de 1998 (NSR-98) “Las capitales de departamento y las ciudades de más de 100.000 habitantes, localizadas en las zonas de amenaza sísmica intermedia y alta, con el fin de tener en cuenta el efecto que sobre las construcciones tenga la propagación de la onda sísmica a través de los estratos de suelo subyacentes, podrán armonizar las reglamentaciones municipales de ordenamiento del uso de la tierra con un estudio de microzonificación sísmica.

## **2.2 ¿QUE ES LA MICROZONIFICACION SISMICA DE NEIVA “MSN”?**

Comprende los estudios mediante los cuales se subdivide la ciudad en zonas en las cuales se espera un comportamiento sísmico similar para efectos de planificación urbana, diseño sismorresistente, evaluación y estimación de daños y pérdidas y elaboración de planes de contingencia y reacción. Para cada una de las zonas en que se subdivide la ciudad se especifican los requisitos generales para el diseño sismo resistente de estructuras y se cuantifican los fenómenos sísmicos asociados que pueden presentarse.

Una microzonificación sísmica busca evaluar los efectos generales que un sismo máximo probable puede tener en la ciudad. En otras palabras una zonificación sísmica consiste en identificar suelos con comportamiento sísmico similar (homogéneo) que permita definir en cada una de ellas parámetros de diseño para construcciones sismorresistentes. El producto fundamental, entre

muchos otros análisis, estudios, planos e informes, es un mapa en donde se zonifica la ciudad de acuerdo con la respuesta sísmica del suelo, para la formulación de normas precisas para el diseño y construcción sismorresistentes acorde con las circunstancias locales.

Los requisitos de diseño sismorresistentes que se especifican incluyen la fuerza sísmica a nivel de la superficie del terreno para diferentes tipos de estructuras desde casas de 1 y 2 pisos hasta edificaciones de altura, construcciones como bodegas, edificios industriales, tanques entre otros.

### 2.2.1 Estructuración del proyecto de “MSN”

El proyecto “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)” consta de las fases, tópicos de investigación, metas y actividades señaladas en la **tabla 1**.

FASES Y TOPICOS DE INVESTIGACION		META – ACTIVIDAD
I	Geología- Geotectónica- Amenaza Sísmica	<b>Meta I.</b> Geología local
		<b>Meta II.</b> Geología estructural y tectónica semiregional
		<b>Meta III.</b> Neotectónica, paleosismología y amenaza sísmica regional
II	Geotecnia- Instrumentación- Modelamiento	<b>Meta IV.</b> Base de datos y zonificación geotécnica preliminar
		<b>Meta V.</b> Prospecciones geofísicas locales
		<b>Meta VI.</b> Perforaciones profundas / ensayos estáticos
		<b>Meta VII.</b> Instrumentación Red de Acelerógrafos de Neiva (RAN)
		<b>Meta VIII.</b> Determinación de propiedades dinámicas
		<b>Meta IX.</b> Modelamiento de la respuesta sísmica
III	Microzonificación- Codificación- Implementación	<b>Meta X.</b> Microzonificación sísmica de Neiva
		<b>Meta XI.</b> Código urbano para el diseño de construcciones sismorresistentes
		<b>Meta XII.</b> Coordinación, interventoría y asesorías
		<b>Meta XIII.</b> Crisol de información, investigación y educación para la mitigación del riesgo sísmico

**Tabla 1.** Estructuración del proyecto de Microzonificación Sísmica de Neiva.

### **2.2.1.1 Fase I (Inicial)**

Tiene como objetivos: Profundizar en el conocimiento geológico del área urbana y periurbana (de expansión urbana) de Neiva, mediante la caracterización detallada de las unidades cronoestratigráficas, depósitos del cuaternario y de origen antrópico (llenos) y su cartografía en la base digital disponible; evaluar los sistemas de fallas geológicas y sismofuentes potenciales de influencia para la ciudad, en cuanto a la tectónica y neotectónica semidetallada dentro de un área de 50 Km de radio y las características tectónicas regionales preliminares en un radio de 200 Km a partir del centro urbano de Neiva (Parque Santander), actualizar y analizar las características sismológicas generales, integrar datos geológicos y geofísicos, proponer un modelo sismotectónico regional y evaluar la amenaza sísmica regional.

### **2.2.1.2 Fase II (Intermedia)**

Involucra los siguientes tópicos: Recopilar los estudios geológicos de suelos y los estudios geotécnicos, ambientales e hidrogeológicos disponibles, crear una base de datos y actualizar la zonificación geotécnica preliminar; Diseñar e implementar la Red de Acelerógrafos de Neiva (RAN); compilar estudios geofísicos locales, ejecutar campañas nuevas para la adquisición de información, integrar e interpretar resultados; realizar perforaciones profundas, con recuperación de núcleos, y ensayos estáticos; determinar las propiedades dinámicas de los materiales característicos que subyacen a la ciudad de Neiva, mediante ensayos de campo y de laboratorio.

### **2.2.1.3 Fase III (Final):**

Consiste en la siguientes actividades de investigación: Modelar la respuesta sísmica de los perfiles típicos del suelo; definir sectores de subsuelo con comportamiento homogéneo, con los respectivos espectros de diseño

propuesto para cada zona; elaboración un código de construcciones sismoresistente local, como herramienta de mitigación no estructural del riesgo sísmico, para ser puesta a consideración del Concejo Municipal de Neiva, dar participación a estudiantes, profesionales y expertos de universidades y centros de investigación, nacionales e internacionales, durante la ejecución de cada una de las actividades previstas, mediante pasantías, consultoría, asesoría y/o interventoría especializada.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 OBJETIVOS GENERALES**

Realizar la zonificación geotécnica preliminar mediante la recopilación de estudios de suelos realizados entre los años 2000 y junio del 2006; Para la ejecución de la meta IV (Zonificación Geotécnica Preliminar) del proyecto “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)” mediante la modalidad de grado de pasantía estudiantil.

### **2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar de los estudios geotécnicos realizados en la zona urbana de Neiva entre inicios del año 2000 y mediados del 2006
- Realizar vinculo entre la base de datos de las propiedades geotécnicas de las exploraciones efectuadas en los estudios recopilados y el Sistema de Información Geográfica SIG (Arcview 32)
- Zonificar geotecnicamente las zonas de estudio y elaborar la cartografía de dicha zonificación realizada.



## 2.4 ALCANCES DEL PROYECTO

Considerando la inexistencia de un centro de acopio y documentación sistematizada de estudios técnicos de fácil consulta y disponibilidad, no se recopilaron todos los estudios de suelo elaborados para el área urbana de Neiva; por lo cual para el presente proyecto solo se recopilaron aproximadamente 380 estudios. Esta información estuvo disponible en las curadurías 1 y 2 en el Departamento Administrativo de Plantación Municipal conjuntamente de la empresa de estudios de suelos Estudios Geotécnicos Ltda. La cual puso a disposición la mayor cantidad de estudios para la ejecución de este proyecto.

A pesar de las limitantes anteriormente mencionadas este proyecto se realizó conforme como se había establecido inicialmente, obteniéndose resultados aceptables de gran importancia para el desarrollo de la zonificación geotécnica y las metas sucesivas del proyecto MSN.

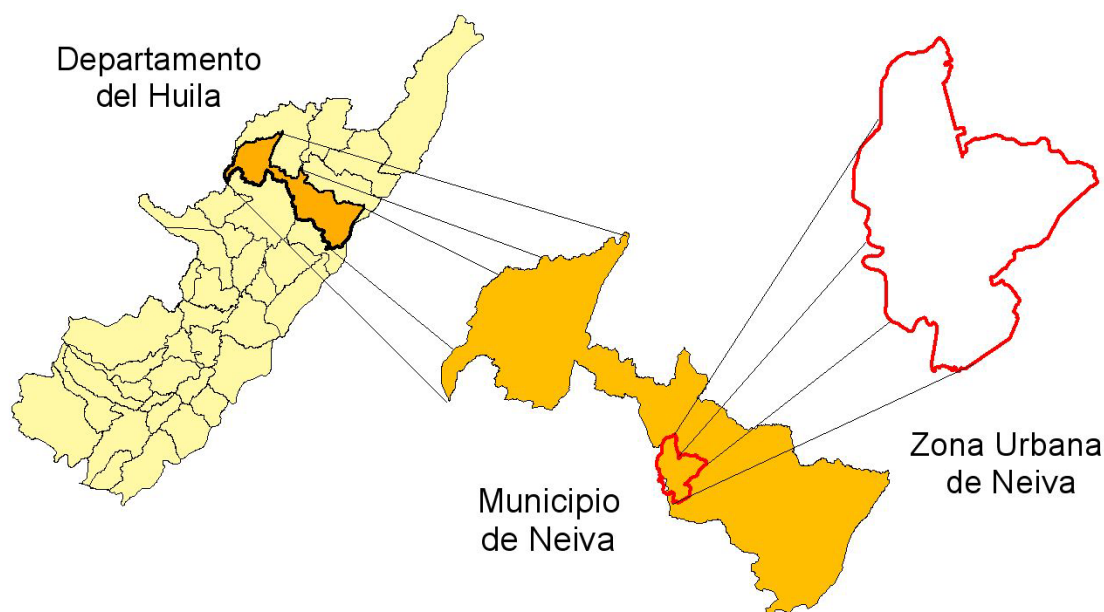
Posteriores evaluaciones geotécnicas deberán articular información de estudios específicos, no solo de carácter público si no también privado, para un mayor nivel de profundización en las características físicas y dinámicas de los suelos que subyacen a Neiva.

## 2.5 LOCALIZACION

Neiva, capital del departamento del Huila. Está ubicada en la margen derecha del río Magdalena, localizada a los 02° 55' 50" de latitud norte y 75° 16' 49" de longitud oeste con altura sobre el nivel del mar de 442 m, una temperatura media de 27.6 °C y una precipitación media anual de 1.308 mm.

El municipio de Neiva, con un área es de 1.468 km<sup>2</sup>, abarca desde la cresta de la cordillera Oriental hasta las estribaciones orientales de la cordillera Central (ver Figura 1). Esta amplia faja de terreno está separada por el río Magdalena

que lo atraviesa de sur a norte. Separados de la cordillera Oriental y situados hacia el sureste de la ciudad se hallan los cerros prominentes llamados Neiva y El Diablo; otros accidentes orográficos notables son los cerros Chichón y El Fraile y la mesa de San Francisco. El sistema hidrográfico del municipio comprende las corrientes que descienden por las vertientes de las dos cordilleras hasta el río Magdalena; entre ellos se destacan los ríos Baché, Cachichí, Cajones, Ceibas, Fortalecillas, Loro y Yaya.



**Figura 1.** Ubicación de Neiva, capital del departamento del Huila, objeto del presente proyecto.

Por las características del relieve, el municipio presenta todos los pisos térmicos: cálido  $578 \text{ km}^2$ , templado  $620 \text{ km}^2$  frío  $352 \text{ km}^2$  y el piso bioclimático de páramo  $3 \text{ km}^2$ .

La ciudad está fundada sobre el eje del valle superior del río Magdalena, cuya parte norte fue denominada "Valle de las Tristezas" por el conquistador español Gonzalo Jiménez de Quesada. Neiva es el centro vial a donde confluyen todas las vías departamentales y de donde parten las que van al oriente, a través de la cordillera Oriental, y al suroccidente hacia Popayán.

Neiva dista de Bogotá 304 km. Una carretera troncal atraviesa el departamento de sur a norte, pasando por la ciudad capital; carreteras secundarias la unen con los restantes 36 municipios huilenses.

La ciudad de Neiva, objeto del presente proyecto de pasantía, constituye el primer puerto fluvial sobre el río Magdalena y cuenta con servicio aéreo nacional a través del aeropuerto “Benito Salas”.

## **2.6 METODOLOGIA y ACTIVIDADES**

Para el desarrollo de las actividades comprendidas en la meta IV del proyecto de “Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)” se dispuso en primer lugar aprovechar la colaboración de entes públicos como privados para la recolección de los diferentes tipos de información necesaria como lo son los resultados de los estudios de suelos realizados en la zona urbana de Neiva como también de planos disponibles en la oficina de Planeación Municipal del área urbana de Neiva a escala 1:2000 como los planos que se encontraban de forma digital del plano anteriormente mencionado, mapa geológico y geotécnico de Neiva además del plano de amenazas existente de Neiva, adicionalmente se aprovecho de la existencia de la Base de Dato Geotécnica de Neiva (BADGEN) diseñada precisamente para el cumplimiento de esta meta, seguido del análisis y la determinación de las propiedades necesarias para el desarrollo de una zonificación preliminar con la colaboración del personal humano que intervinieron en el desarrollo de este proyecto.

### **2.6.1 ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DESARROLLADAS**

Las actividades desarrolladas son las que se describen a continuación.

### **2.6.1.1 Preliminares administrativos y académicos**

Fueron realizados en las fechas establecidas, en reuniones entre el director de la pasantía Ing. Jorge Orlando Mayorga, el coordinador del proyecto Geól. Germán Alfonso Reyes Mendoza y el jefe de programa de ingeniería de petróleos, Ing. Ervin Aranda Aranda.

De esta forma se estableció las diferentes actividades concernientes a la pasantía y se procedió a presentar esta propuesta a la oficina de planeación municipal de Neiva y al comité de currículo del programa de Ingeniería de Petróleos para su aprobación y puesta en marcha.

### **2.6.1.2 Recopilación de estudios y captura de formatos**

Se recolecto toda la literatura existente sobre la elaboración de los estudios geotécnicos de suelos de la zona urbana de Neiva recopilándose en general 380 estudios, de los cuales se seleccionaron 200 ya que estos concernían a la zona urbana de Neiva y los restantes correspondían a la zona rural y a distintas jurisdicciones aledañas al municipio de Neiva. De toda esta información recolectada se escogieron 109 estudios y se desecharon 91 debido a que estos no proporcionaban toda la información necesaria para el proyecto, es decir que no contenían las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos; y no había una localización clara de los sitios de exploración geotécnica.

Para la recopilación de estos estudios se acudió a la curaduría primera y segunda del municipio de Neiva donde no se permitió tener absceso a la documentación existente manifestaba que anteriormente ya habían dado copia de estudio al Departamento Administrativo de Planeación (DAP) del municipio de Neiva. En el DAP se encontraron 60 estudios y en la empresa Estudios Geotécnicos Ltda. Se recopiló la mayor cantidad de estudios, que posteriormente fueron evaluados, seleccionados e introducidos en la base de datos (BADGEN), por que cumplían con los parámetros de introducción de

información requeridos por esta y pusieron a disposición todo el material existente que han realizado sobre estudios geotécnicos a partir de enero del año 2000 hasta junio del año 2006 de los cuales se seleccionaron 140 ya que estos están relacionados con la zona urbana de Neiva. Posteriormente toda esta información fue debidamente diligenciada en los formatos FOCEG-1 diseñados por el geólogo Germán Alfonso Reyes Mendosa como se puede ver en la **figura 2**.


### **2.6.1.3 Vinculo BADGEN-SIG Y Zonificacion Geotécnica**

Esta actividad es el objetivo principal de este proyecto debido a que se logro identificar las diferentes zonas, según sus propiedades físicas y geomecánicas, por esta razón se hace una descripción más detallado en el numeral 3.1 Y 3.4.


## **2.7 ESTUDIOS PREVIOS**

A continuación se describen la evolución temporal en la ejecución de estudios geotécnicos de áreas grandes (a nivel de comunas o unidades hidrográficas) disponibles para el área urbana de Neiva.

- Los detalles de estos estudios de zonificación, con la cartografía respectiva, se mencionan en la sección 3.3 con el fin de anteceder y ser comparados con la zonificación geotécnica establecida en el presente proyecto.
- En el estudio de amenazas de la CAM-UN/Idea (1999), el primero semidetallado y en su género a nivel local, se tuvo como resultado un mapa de unidades geotécnicas preliminares del área urbana del municipio de Neiva, a escala 1:12.000, que corresponde al anexo 4 de dicho estudio.



DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE PLANEACIÓN MUNICIPAL  
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA DE EMERGENCIAS  
Y DESASTRES DE NEIVA



**Alcaldía de Neiva**  
Haciendo el Cambio!

**Proyecto "Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN)" – Meta IV: Zonificación Geotécnica Preliminar de Neiva**  
Pasantía estudiantes de ingeniería de petróleo USCO

**FORMATO DE CAPTURA DE ESTUDIOS GEOTECNICOS DE NEIVA.**

FOCEG-1. Diseño: Geol. GARM

REF.	TITULO Y AÑO	CONTRATANTE	CONTRATISTA AUTORES	CONTENIDO	EXPLORACIONES	COORDENADAS			OBSERVACIONES
						X	Y	Z	
									Costilla: Cargite:
									Costilla: Cargite:
									Costilla: Cargite:
									Costilla: Cargite:
									Costilla: Cargite:

**Figura 2.** Formato FOCEG-1 para la captura de estudios geotécnicos de Neiva.

- Un año después en el marco del convenio Interinstitucional “Estudios de Amenaza y Microzonificación Sísmica, Vulnerabilidad Estructural y Evaluación de Escenarios de Daño” ejecutado por Consultoría Colombiana S.A. y el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, se elaboró la primera versión de la Microzonificación Sísmica Preliminar de Neiva, cuyos resultados se presentaron en Bogotá en el foro “Reducción del Riesgo Sísmico de Ciudades Intermedias en Colombia”, en la Pontificia Universidad Javeriana. Dicho estudio esta disponible solo en un informe ejecutivo y las copias de los mapas generados en este proyecto no fueron entregados en medio digital ni analógico; solo están presentes como figuras, con imagen ilegible.
- Posteriormente la empresa Servicios Geológicos Integrados efectuó para la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena la “Valoración ambiental del oriente urbano de la ciudad de Neiva” (SGI, 2003). Debido a que los mapas elaborados no estuvieron disponibles en archivo digital no se incorporaron ni se describen en este proyecto.
- La valoración ambiental - geotécnica de la comuna 10 de la ciudad de Neiva (Consortio Bil Ingeniería, 2003), al igual que el estudio anterior, no produjo mapas geotécnicos disponibles en medio digital, por lo cual no se incorporaron ni se describen en este documento.
- En el año del 2004 se elaboró un estudio geotécnico, autoría del ing. M.Sc. Alarcón B., en predios privados ubicados al suroriente de la ciudad de Neiva Huila (predio La Meseta), de propiedad de la sociedad Duque Rengifo. Estos terrenos, al estar fuera del perímetro urbano, no se consideraron para el desarrollo de la presente pasantía.
- El estudio geotécnico de la microcuenca de la quebrada La Cabulla, realizado por el geólogo Germán Reyes Mendoza, en el segundo

semestre del año 2005, se determinó, mediante exploraciones y ensayos geotécnicos básicos, especiales y análisis de estabilidad de taludes, la existencia de 4 zonas geotécnicas dentro de esta unidad hidrográfica, las cuales fueron las primeras en todo el Huila en ser cartografiadas a escala detallada (1:2.000).

- A finales del 2006 la empresa Servicios Geológicos Integrados (SGI) Ltda. entregó el estudio “Evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de las microcuencas El Venado, Avichente, La Toma, Zanja Honda, La Torcaza, río de Oro, ribera del río Magdalena en el casco urbano del municipio de Neiva (Huila)”, como parte del contrato de consultoría No. 045 de mayo de 2005 suscrito con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, bajo el financiamiento del municipio de Neiva. En dicho estudio se encontraron 8 zonas geotécnicas, basadas en componentes litológicos homogéneos, la granulometría, en los parámetros índices y la clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) de las muestras analizadas. La cartografía, recientemente corregida por SGI Ltda. a solicitud municipio de Neiva y que fue digitalizada en AutoCad, no posee polígonos cerrados e imposibilita su migración a Arcview para ser incorporada al proyecto.



### 3. GEOPROCESAMIENTO Y ZONIFICACION GEOTECNICA

#### 3.1 VINCULO BADGEN - SIG

Una vez evaluadas las propiedades físicas, los parámetros de diseño, clasificación del suelo y las profundidades del tope y la base de los dos estratos superficiales de cada sondeo, como se observa en la tabla “Propiedades de los Sondeos”, plasmada en el Anexo 1, y una vez establecidos los rangos de las propiedades índice seleccionadas e identificadas las muestras representativas de los dos primeros estratos que pertenecen a cada rango, se procedió a introducir esta información en un Sistema de Información Geográfica (SIG). El SIG utilizado fue el ArcView versión 3.2, **figura 3**, que de una forma práctica y sencilla permitió georeferenciar y consultar observar las propiedades como se detalla en la **figura 4**. Además, esto permite el geoprocesamiento para la zonificación preliminar, objetivo principal de este trabajo

Estudios	X(m)	Y(m)	Z(m)	Profundida	Id	Exploracion	No_estrato	LI	Lp	Ip	No_4	No_40	No_200	De
1	816613	867732	515.9	6mts	01-S1	Sondeo 1	5	0.00	0.0	0.0	94.00	45.60	22.50	0.00
1	816589	867739	515.8	6mts	01-S2	Sondeo 2	6	28.40	14.70	13.70	77.10	46.70	28.70	0.00
1	816567	867745	515.7	3mts	01-S3	Sondeo 3	3	0.00	0.0	0.0	100.00	72.70	23.20	1.86
1	816552	867741	515.6	6mts	01-S4	Sondeo 4	5	0.00	0.0	0.0	90.40	51.00	23.10	0.00
1	816506	867736	515.7	3mts	01-S5	Sondeo 5	3	0.00	0.0	0.0	90.60	43.40	22.50	1.83
2	815288	865388	442.1	6mts	02-S1	Sondeo 1	5	22.50	16.10	6.40	63.60	41.30	19.40	2.00
3	815298	865401	442.1	6mts	02-S2	Sondeo 2	5	22.60	15.10	7.50	75.70	30.50	8.30	2.08
4	821203	865591	445.9	6mts	03-S1	Sondeo 1	5	27.90	13.30	10.60	71.10	40.60	25.50	0.00
4	815440	864747	434.2	6mts	04-S1	Sondeo 1	5	0.00	0.0	0.0	96.40	56.20	22.30	0.00
5	816725	869130	545.7	6mts	05-S1	Sondeo 1	6	0.00	0.0	0.0	72.60	38.60	17.60	0.00
5	816723	869093	544.2	6mts	05-S2	Sondeo 2	6	0.00	0.0	0.0	82.90	40.20	14.50	0.00
5	816644	869117	545.2	6mts	05-S3	Sondeo 3	6	0.00	0.0	0.0	91.90	53.60	15.00	0.00
6	816918	869135	546.4	6mts	06-S1	Sondeo 1	5	0.00	0.0	0.0	100.00	72.30	16.20	0.00
6	816900	869111	545.8	6mts	06-S2	Sondeo 2	6	0.00	0.0	0.0	97.80	58.60	15.50	0.00
6	816868	869174	547.2	2mts	06-S3	Sondeo 3	3	0.00	0.0	0.0	99.80	70.40	17.80	0.00
7	815961	866247	454.5	3mts	07-S1	Sondeo 1	3	21.40	14.50	6.90	78.50	48.70	23.40	0.00
7	815958	866238	454.4	5mts	07-S2	Sondeo 2	4	23.40	13.40	10.00	81.40	46.50	26.00	0.00
8	816082	866325	482.6	6mts	08-S1	Sondeo 1	4	20.70	14.80	5.90	91.20	50.40	25.10	0.00
8	816064	866325	844.3	6mts	08-S2	Sondeo 2	4	23.20	14.60	8.70	81.10	43.30	22.70	0.00
9	811265	866349	456.1	6mts	09-S1	Sondeo 1	6	47.80	24.00	23.80	94.00	70.30	45.10	1.64
9	811216	867002	457.8	6mts	09-S2	Sondeo 2	6	30.10	17.40	12.70	85.70	75.60	68.10	1.81
10	817127	864682	441.9	6mts	10-S1	Sondeo 1	6	18.80	12.50	6.30	96.70	63.70	23.30	0.00
10	817124	864671	441.7	6mts	10-S2	Sondeo 2	6	23.60	15.60	8.00	96.40	65.10	30.20	0.00
11	817862	869008	541.9	4mts	11-S1	Sondeo 1	4	0.00	0.0	0.0	100.00	57.00	15.10	0.00
11	817870	869041	542.1	5mts	11-S2	Sondeo 2	6	0.00	0.0	0.0	88.40	40.50	15.40	0.00
11	817874	869084	453.2	4.5mts	11-S3	Sondeo 3	4	0.00	0.0	0.0	95.40	53.70	16.20	0.00
12	814680	865785	434.8	6mts	12-S1	Sondeo 1	6	21.40	17.00	4.40	68.80	29.40	14.70	2.01
12	814656	865800	435.6	6mts	12-S2	Sondeo 2	5	23.90	16.00	7.90	76.10	43.50	23.50	2.03
13	817332	865668	445.6	6mts	13-S1	Sondeo 1	4	22.60	17.10	5.50	90.20	78.00	46.10	0.00
13	817330	865671	445.7	4.5mts	13-S2	Sondeo 2	6	20.80	16.10	2.70	79.90	27.60	14.50	0.00
14	815828	868392	522.2	4.5mts	14-S1	Sondeo 1	8	20.70	12.60	8.10	94.20	61.20	27.70	0.00
14	815833	868444	523.6	4mts	14-S2	Sondeo 2	6	33.80	19.10	14.70	94.20	57.20	45.50	0.00
15	815496	866119	455.1	6mts	15-S1	Sondeo 1	5	14.60	9.90	4.70	74.00	52.80	34.60	1.86
16	817072	867898	517.9	6mts	16-S1	Sondeo 1	5	23.50	15.80	7.70	100.00	63.30	30.70	2.11

Figura 3. Datos introducidos al ArcView 3.2

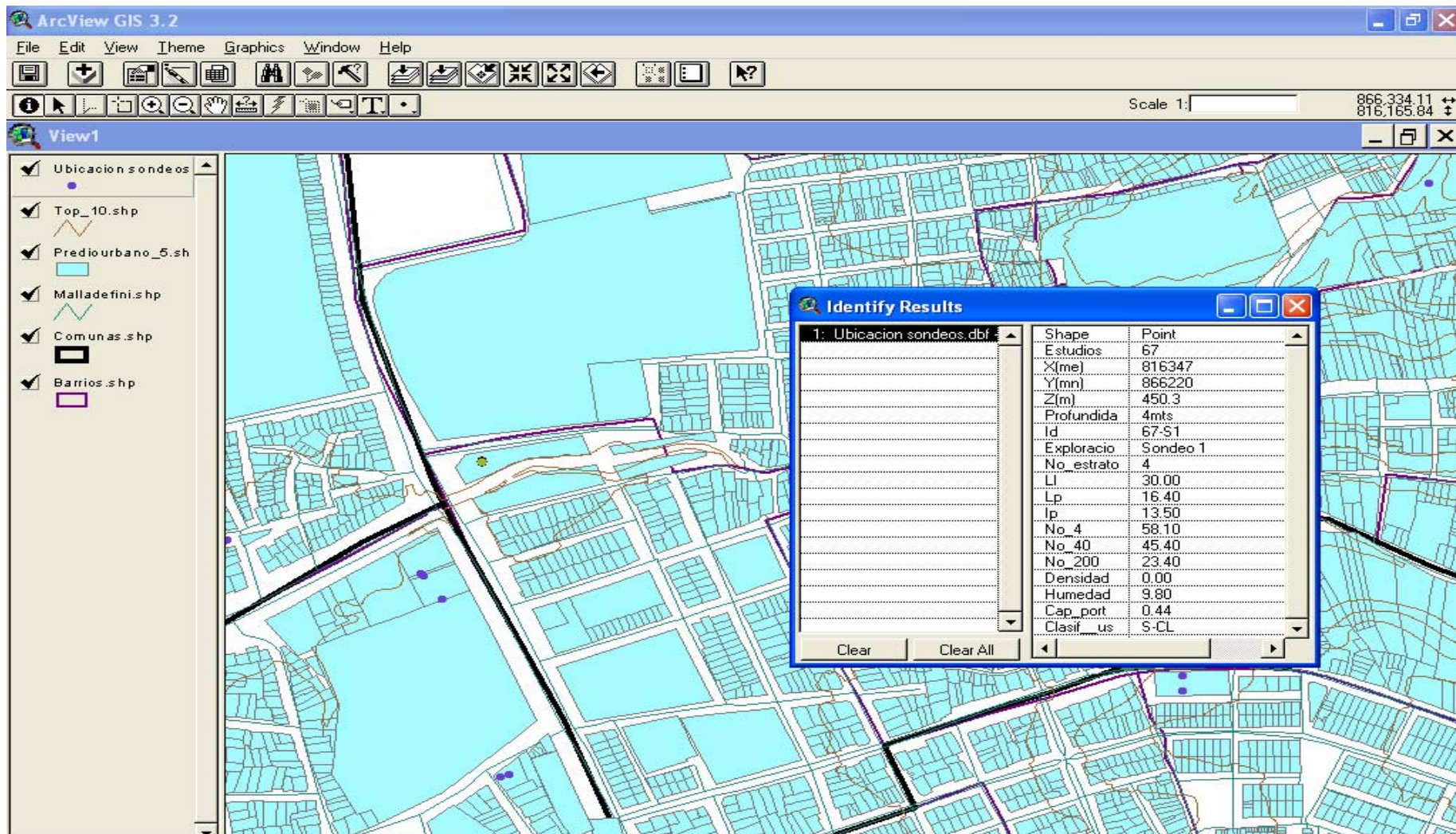


Figura 4. Ubicación y Propiedades de los estratos

### 3.2 ANALISIS DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA DISPONIBLE

Recientemente el municipio de Neiva, y en el marco de la ejecución de la meta I y II del proyecto Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN), celebró un convenio con la Universidad Nacional de Colombia para obtener, entre otros productos, el mapa geológico detallado de la ciudad y la zona industrial de Amborco (municipio de Palermo), integrado por cinco planchas escala 1:5.000 dentro de un área total de 70 Km<sup>2</sup> (ver **Figura 5**) y cuyas evaluaciones se incluyen en el Tomo I. En el Tomo II se analizó la geología estructural y tectónica semiregional del campo cercano (círculo de 50 Km de radio a partir de Neiva).

Según dicho estudio (UNC, 2006) la ciudad se desarrolla en la denominada Cuenca de Neiva, del Valle Superior del Magdalena. En esta zona geológicamente muy activa durante el Neógeno se produjo la acumulación de un grueso paquete de rocas sedimentarias y de origen volcánico constituyendo la Formación La Victoria del Grupo Honda y las Formaciones Neiva y Gigante del Grupo Huila sobre rocas del Paleógeno, Cretácico o Jurásico. Estas rocas fueron parcialmente deformadas formando el Sinclinal de Neiva durante un intervalo, que además de plegamiento, inicia con mucha más intensidad hacia el oriente de Neiva, desarrollando el Sistema de Fallas de Algeciras. La acumulación al oriente de Neiva de la Formación Las Vueltas formada por materiales derivados de la Cordillera Oriental evidencian la migración de la actividad tectónica en esa dirección y la formación en el Plioceno de la Falla de Rivera y los diferentes ramales del trazo principal de la Falla de Algeciras. Este esquema ha permanecido activo durante los últimos dos millones de años contribuyendo en la conformación del paisaje cuaternario.

En el área de Neiva se formaron, como consecuencia del paisaje juvenil, profundos valles de erosión perpendiculares al Río Magdalena entre ellos los ríos Las Ceibas y del Oro. Avalanchas sucesivas detonadas por lluvias intensas

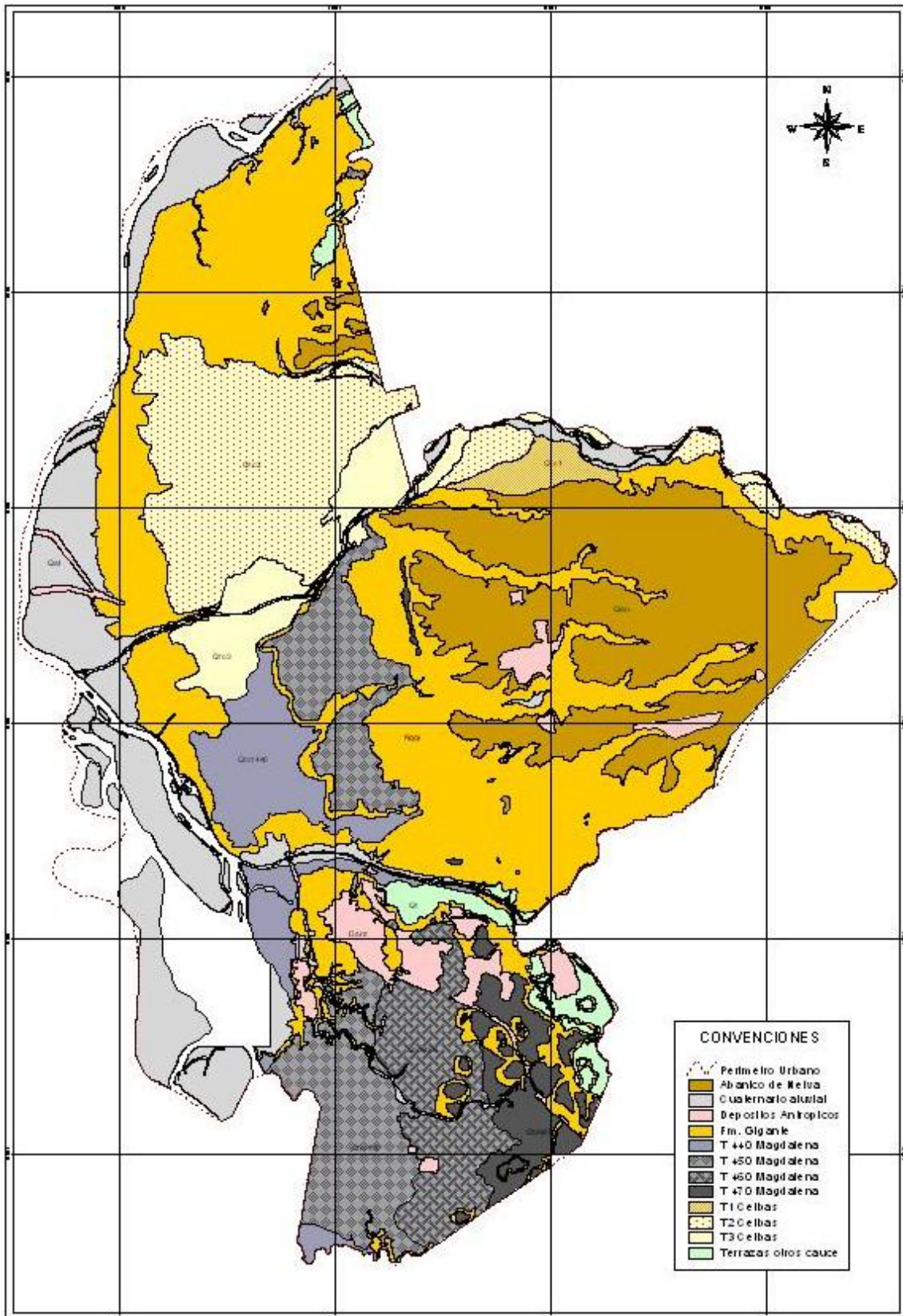


Figura 5. Mapa Geológico urbano de Neiva (tomado de UNC, 2006).

y acentuadas por sismos originaron acumulaciones en forma de abanicos sobre el piedemonte de la Cordillera Oriental como el Abanico de Neiva.

El Abanico de Neiva (Qan) es parcialmente erosionado por el sistema fluvial cuyo control lo ejerce el Río Magdalena al cambiar su nivel de base de erosión. Cuatro niveles de terraza con depósitos fluviales relativamente delgados y esculpiendo la Formación Gigante permite apreciar el continuo progreso de entallamiento del río que día a día profundiza su cauce.

Así, la Ciudad de Neiva está fundada sobre depósitos heterogéneos producto del terraceo ocasionado tanto por el Río Magdalena como por sus subsistemas principales de drenaje, en los que se destaca el río Las Ceibas.

La Cuenca de Neiva es una depresión tectónica intermontana producto del efecto de los sistemas de fallas de Chusma y Algeciras, con un activo proceso de desarrollo durante el Mioceno y Plioceno, que se reflejó en la apreciable acumulación de sedimentos cercanos a los 2000. El área constituyó un depocentro de sedimentación durante la acumulación del Grupo Honda y del Grupo Huila. Luego sufre un proceso de levantamiento diferencial y las unidades anteriormente mencionadas son parcialmente deformadas dando lugar a una estructura sinclinal generalizado o Sinclinal de Neiva. En el área del Campo Río Las Ceibas, al norte de Neiva, el Grupo Honda en la parte basal se asienta directamente sobre la Formación Saldaña, relación que se mantiene hacia el desierto de la Tatacoa y Tello. Por lo tanto para el Mioceno Medio se habrían formado parte de las estructuras e iniciado el proceso de subsidencia de la Subcuenca de Neiva.

El flanco occidental del sinclinal se reconoce al oeste de Neiva, hacia el sector de Amborco. La estructura en corto espacio pasa de horizontal a prácticamente vertical al contacto entre la Formación Neiva y la Formación la Victoria del Grupo Honda. La Formación Gigante (Nggi) alcanza a ser afectada por el pliegue y como resultado de la estructura se puede apreciar parte de los materiales que constituyen el segmento superior de dicha unidad. Hacia el centro de Neiva la unidad rápidamente se va horizontalizando de tal manera

que sobre el casco urbano de la ciudad aflora la parte media de la Formación Gigante o infrayaciendo los depósitos cuaternarios. Hacia el flanco oriental del Sinclinal de Neiva (aún en el casco urbano) y subyaciendo el Abanico de Neiva, se pueden apreciar los afloramientos del segmento superior de la Formación Gigante. Por la vía a San Vicente de Caguán, se reconoce un grueso conjunto sedimentario que corresponde a la Formación las Vueltas definido por Van der Wiel (1991). Ya en este sector son claros los afloramientos con buzamientos hacia el oeste indicando el cierre de la estructura sinclinal.

Desde el punto de vista geológico regional, el área urbana y de expansión de Neiva, se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias del terciario representada por la Formación Gigante (Nggi), la cual la incluye tanto limolitas y arenisca como conglomerados polimícticos con matriz arenosa. Sobre estas rocas se han desarrollado suelos residuales que, aunque de poco espesor (< 1 m), cubren zonas de extensión considerable.

Los depósitos cuaternarios de origen aluvial, están asociados principalmente con los ríos Magdalena y Ceibas. Hacia el centro y occidente del municipio afloran las unidades geológicas denominadas como Qt, asociada con unas terrazas formadas principalmente por acción del río Magdalena, la cual se caracteriza por presentar arenas limosas y gravas arenosas con algunas intercalaciones de arcilla, hacia las márgenes de los ríos Las Ceibas y Magdalena afloran los depósitos más recientes, denominados como Qal y se caracterizan por presentar gravas arenosas y arenas limosas.

En cuanto a la geomorfología y el área urbana se ha dividido en cuatro unidades geomorfológicas, las cuales tienen una relación directa con las unidades geológicas descritas anteriormente. Estas unidades geomorfológicas son:

- La Unidad de Terrazas, la cual se presenta al centro y occidente del municipio.
- La Unidad de Abanicos la cual aflora al oriente y sur -oriente de Neiva.

- La Unidad asociada con las rocas terciarias, la cual se divide en las unidades de Vertientes y Escarpes y Superficies Planas, ubicadas al oriente de Neiva.
- Por último la unidad llanura de inundación, asociada principalmente a los ríos las Ceibas, Magdalena, del Oro y la quebrada el Venado.

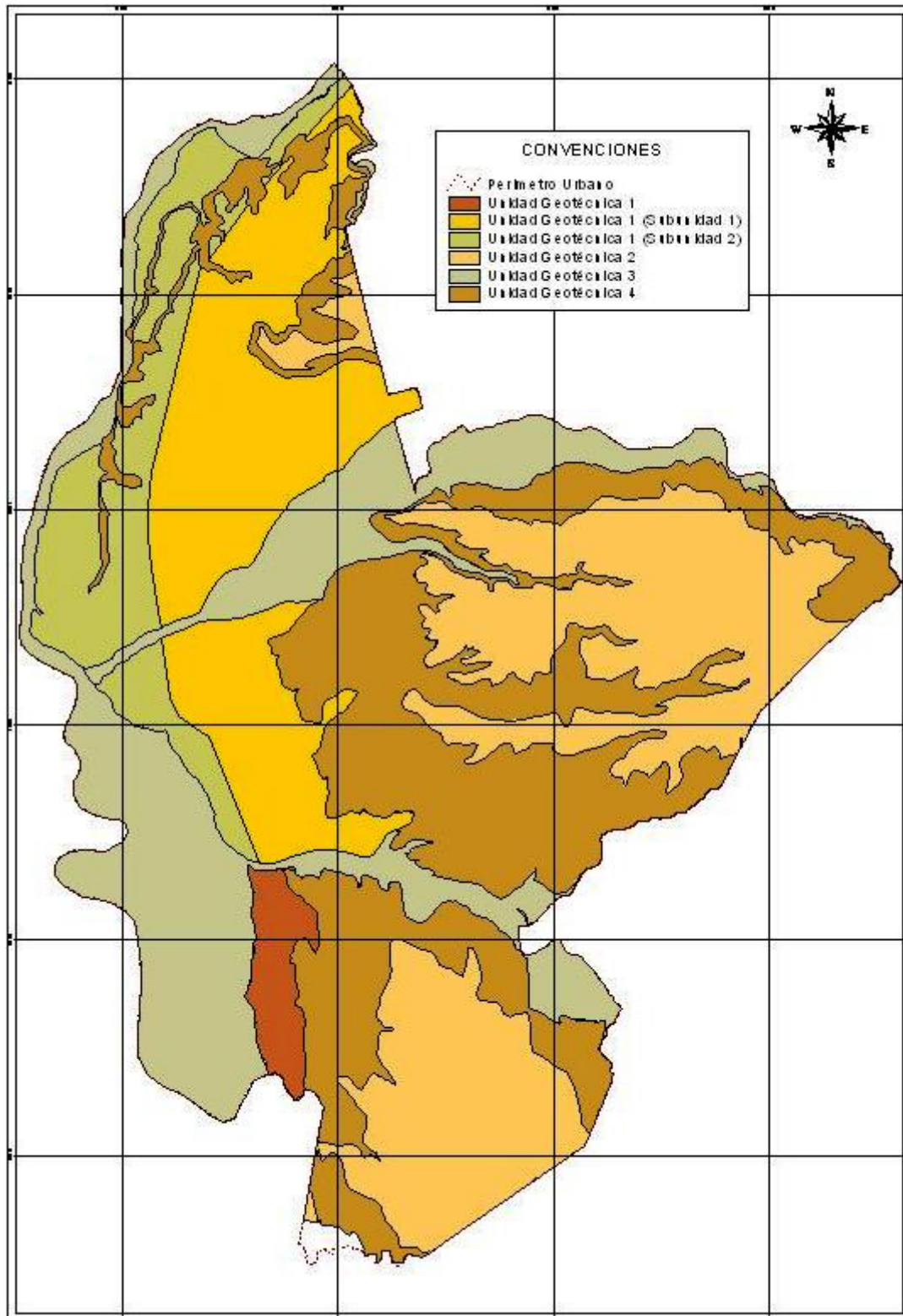
### 3.3 ZONIFICACIONES GEOTÉCNICAS PREVIAS

Conforme se describió previamente en el numeral 2.7, con base en las zonificaciones propuestas en algunos estudios urbanos recopilados que poseen cartografía geotécnica, enseguida se detallan las características de las mismas, en orden de ejecución temporal creciente.

**3.3.1** En el estudio de amenazas de la CAM-UN/Idea (1999) se consideró, de acuerdo con las observaciones de campo y los análisis de la información geotécnica existente, conveniente conservar la división del área estudiada en cuatro zonas geotécnicas de la siguiente manera, indicada en la **figura 6**.

- **Unidad geotécnica 1 (Terrazas).** Se observa, a partir de los datos, que para la zona central de Neiva se tiene la presencia de paquetes de arena hasta una profundidad de 6 m, dichos paquetes se observan hacia la parte norte del área urbana a profundidades similares.

Por otra parte se observa una franja donde el espesor de los paquetes de arena es menor de 2 metros, dicha franja va paralela al río Magdalena, pero aún no es claro si estas diferencias granulométricas obedecen a niveles de terraza distintos sin diferencias o por el contrario obedecen a un mismo nivel de terraza con cambios faciales.



**Figura 6.** Mapa de zonificación geotécnica (Tomado de: CAM-UN/Idea, 1999).



Asociado con el sector donde predominan las arenas limosas se encontró un nivel de arcillas con un rango de potencial de expansión, que varía entre medio y alto, estas zonas se ubican en un área circundante a la CII 11 No 6 - 83 a una profundidad de 1 metro y un espesor de 3 metros.

La presencia de un posible paquete (lente, estrato) de arenas limpias saturadas a profundidades someras (< 6 m) en la zona circundante a la dirección citada, sugiere la necesidad de realizar exploraciones más detalladas para determinar no sólo la extensión de este cuerpo sino su potencial de licuación. Para ello se puede usar la metodología simplificada de Sedd e Idniss usando SPT o CPT.

Los conglomerados con matrices arenosas y limo arenosas, presentan una buena capacidad portante, pero su matriz es fácilmente lavable cuando no se encuentra bien cementada. Cuando esto ocurre es frecuente asociar fenómenos de caída de rocas.

- **Unidad geotécnica 2 (Abanicos).** Se observa a partir de la información recopilada que se trata de un depósito caracterizado por la presencia de una arena arcillosa, en algunos lugares hasta de 6 metros de espesor aproximadamente, a partir de ahí se encuentran algunos paquetes de gravas arenosas, que dependiendo de su localización se presentan muy superficiales; sobre las arenas limosas se encuentran contenidos de gravas finas a medias, pero raras veces llegan a representar más del 40% del suelo.

El nivel de gravas arenosas no presenta más datos consultados que la clasificación según el sistema internacional de clasificación de suelos, que lo catalogan como un GW y GP, el primero corresponde a una grava bien gradada, mal seleccionada y la segunda a una grava arenosa con bajo contenido de finos.

Este material desde el punto de vista geomorfológico presenta una alta susceptibilidad a sufrir erosión concentrada y laminar, además cuando es afectado por corrientes de agua es muy susceptible a presentar socavación

lateral, la cual pone en peligro la estabilidad de los taludes en las riveras de los cauces, este fenómeno se puede observar sobre los márgenes de las quebradas la Toma y Avichente. La gran mayoría de los deslizamientos registrados en la ciudad, ocurren sobre este material.

Por lo antes descrito se recomienda tener especial cuidado con los procesos erosivos y de inestabilidad de taludes que pueda generar cualquier proceso constructivo durante o después de la edificación del proyecto, tomar las pertinentes medidas del caso (cubrir los taludes, revegetalizar, prevenir fugas de agua, realizar estudios detallados para taludes importantes, etc.), para evitar la generación de los mismos.

- **Unidad geotécnica 3 (Depósitos aluviales recientes).** Los datos permiten estimar que en los primeros 3 metros predominan gravas arenosas bien seleccionadas mal gradadas, con algunas bolsas de arenas limosas, luego de 3 metros se presentan intercalaciones de arenas bien seleccionadas (SP).

De forma cualitativa las gravas arenosas, presentan buena capacidad portante y una alta susceptibilidad a presentar lavado de la matriz arenosa lo que favorece el desprendimiento de los cantos, por lo que se debe tener especial cuidado a la hora de desprover el talud de su cobertura vegetal para evitar el lavado de la matriz y por consiguiente, pueda presentar la caída de los cantos. Aunque estos suelos son de características importantes para la construcción parte de ellos se ubican en áreas susceptibles a sufrir inundación, que los convierten en sectores restrictivos para la construcción permanente y solo se deben realizar obras de paso, vías, parques recreativos, etc.

- **Unidad geotécnica 4 (Formación Gigante).** Hay presencia de un material arena limoso para los primeros 2.5 metros, no se relacionan ensayos de penetración estándar ni niveles freáticos. De los informes de suelo consultados se puede extraer que se trata de un material de excelentes características para la cimentación, al parecer los procesos de meteorización

han sido poco intensos y se encuentra la roca a profundidades menores de un metro.

Las unidades geomorfológicas de Vertientes y Escarpes, y Superficies Planas de la Formación Gigante, se desarrollan sobre la Formación Gigante nivel medio la cual se caracteriza por la presencia de limolitas, areniscas y conglomerados con matriz arenosa; las limolitas y areniscas, se presentan muy bien consolidadas, presentan pocos procesos erosivos asociados aun sin cobertura vegetal o suelo las proteja, esto se observa muy claramente en el barrio Galán, donde las limolitas presentes en el área no presentan procesos erosivos asociados y en, algunos lugares del sector labran las viviendas dentro de la roca.

Los conglomerados de la Formación gigante a diferencia de las areniscas y arcillositas son más susceptibles a los procesos erosivos, manifestándose en el lavado de la matriz arenosa, lo que facilita la caída y remoción de los cantos presentes en el conglomerado.

Además de lo anterior, este estudio tuvo como resultado un mapa de unidades geotécnicas preliminares del área urbana del municipio de Neiva, a escala 1:12000, que corresponden a la **figura 6** mostrada anteriormente.

**3.3.2** “Estudios de Amenaza y Microzonificación Sísmica, Vulnerabilidad Estructural y Evaluación de Escenarios de Daño” ejecutado por Consultoría Colombiana S.A. y el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana, finalizado en julio del año 2000.

En este estudio se tuvieron en cuenta dos grandes zonas: La zona montañosa (M) y la zona plana (P), (ver Tablas 2 y 3). En la zona montañosa, se evalúa la susceptibilidad de los materiales al deslizamiento; en la zona plana se califica la aptitud de los materiales para soportar las cimentaciones de las estructuras. Cada zona se dividió en tantas sub-zonas como fue necesario (ver tablas 2 y 3), de acuerdo a las características geotécnicas de los materiales presentes.

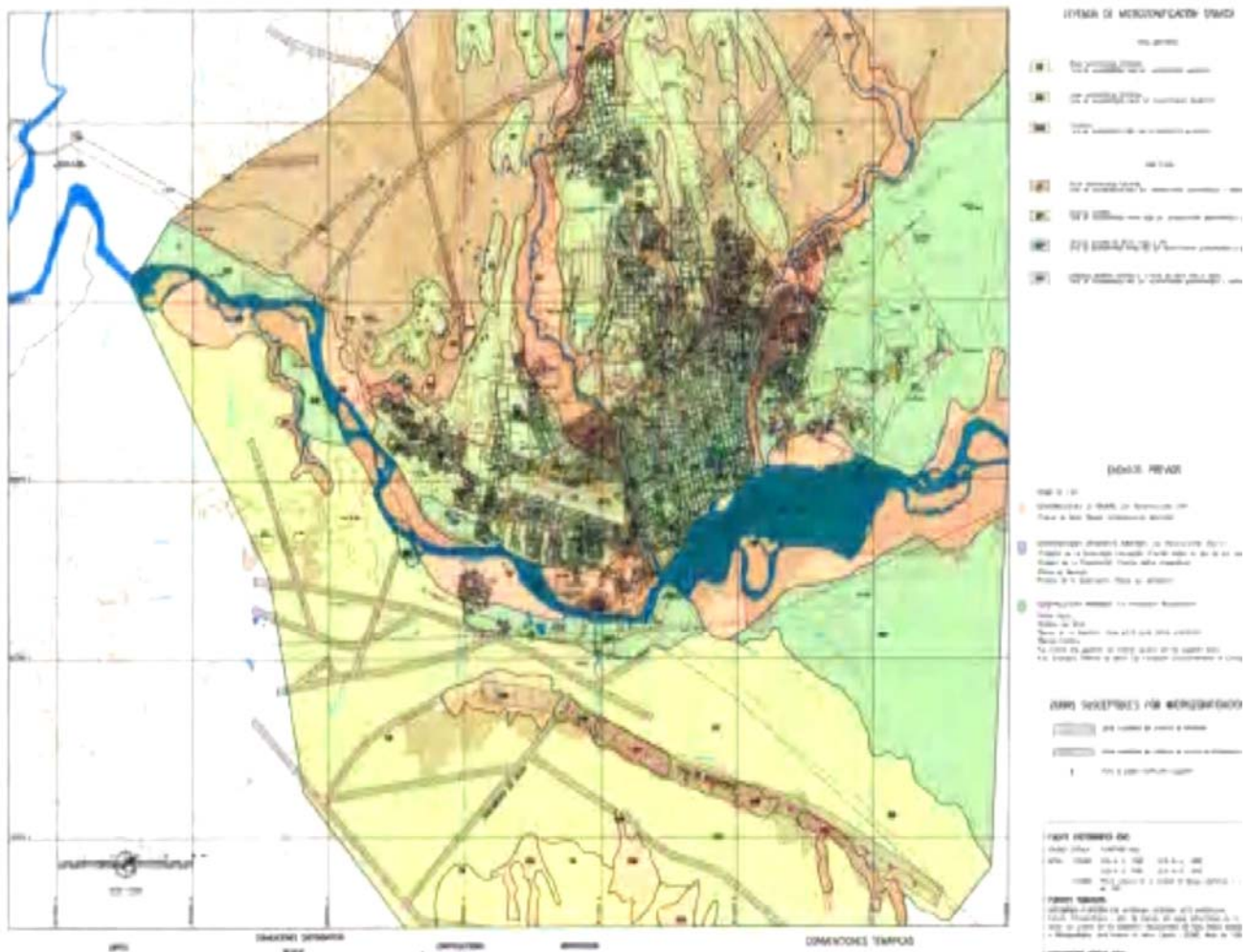
presentes. Los materiales se clasifican como IM, hM, IIIM, IVM, VM ó IP, hP, IIIP, IVP y VP, de más competentes a menos competentes. En la **figura 7** se presenta la zonificación propuesta.

SUB-ZONA	DESCRIPCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD
IM - Rocas Sedimentarias Cretáceas (Formación La Tabla, Grupo Olini y Formación Loma Gorda)	Conformadas por intercalaciones de varias de las siguientes rocas: areniscas cuarzosas, calizas arenosas, lodolitas, fosforitas y liditas.	BAJA
hM - Rocas Sedimentarias Conglomeráticas Terciarias	Gravas de composición polimictica, arenas grises, y arcillas amarillentas y verdosas	MEDIA
IIIM - Coluviones	Depósitos recientes de talus, producto del desgarre de materiales localizados en la parte alta de las laderas y en el piedemonte de las colinas estructurales Terciarias.	ALTA

**Tabla 2.** Zonificación geotécnica en la zona montañosa de Neiva (Tomado de: Consultoría Colombiana - Universidad Javeriana, 2000).

SUB-ZONA	DESCRIPCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD
IP - Rocas Sedimentarias Conglomeráticas Terciarias	Arenas tobáceas blancas y arcillas grises.	BAJA
hP - Abanicos Aluviales	Suelos densos, conglomerados de composición polimictica en matriz arenosa; gravas arenosas y capas predominantemente arcillosas o limosas.	MEDIA- BAJA
IIIP - Terrazas Aluviales de Altura Media a Alta	Gravas de composición polimictica en matriz arenosa o limosa. Se localizan en ambas márgenes de los ríos Magdalena y Ceibas, y de la quebrada El Venado.	MEDIA-ALTA
IVP - Depósitos Aluviales Recientes y Terrazas de Altura Baja a Media	Gravas de composición polimictica en matriz arenosa o limosa. Se localizan a lo largo de los ríos Magdalena, Del Oro y Ceibas, y de las quebradas Buciraco y El Venado	ALTA

**Tabla 3.** Zonificación geotécnica en la zona plana de Neiva (Tomado de: Consultoría Colombiana - Universidad Javeriana, 2000).



**Figura 7.** Mapa de zonificación propuesta (Tomado de: Consultoría Colombiana - Universidad Javeriana, 2000).

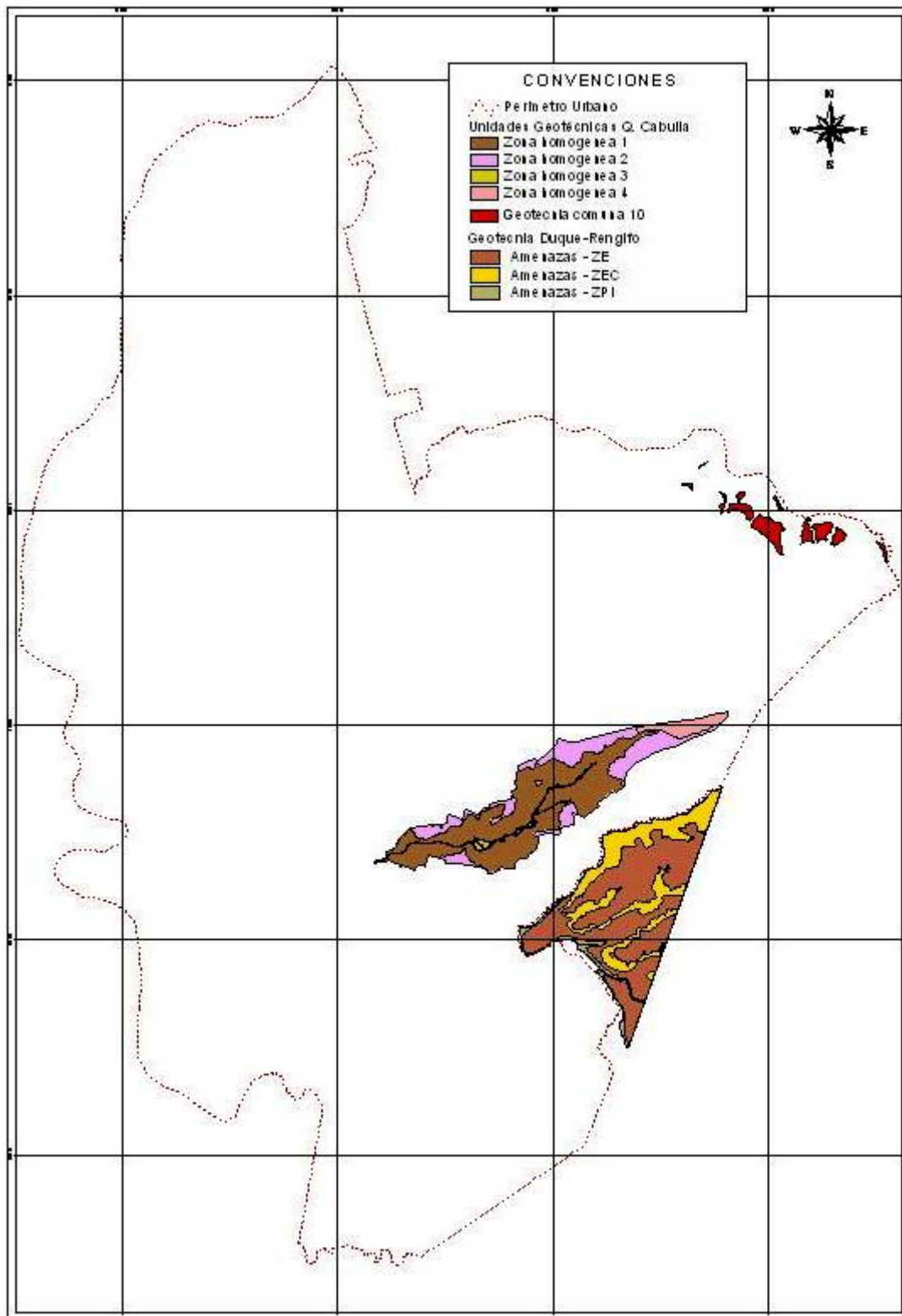
**3.3.3** En el “Estudio Geotécnico de la Microcuenca de la Quebrada La Cabulla, Neiva (Huila)” elaborado por el geól. Germán Reyes M. (2005b) la zonificación geotécnica fue determinada tanto por la caracterización de materiales y procesos.

Lo anterior significa que se basó en los atributos geológico-geotécnicos de la formación superficial, agrupando áreas conformadas por materiales geológicos, de similares tipologías y procedencia, y por los procesos geomorfológicos actuantes, así como las características geotécnicas definidas en los resultados geomecánicos básicos y especiales obtenidos en los diferentes trabajos de exploración y de laboratorio.

Considerando todo lo anterior la microcuenca de la quebrada La Cabulla se subdividió en cuatro zonas homogéneas (Zh), identificadas consecutivamente con números arábigos de 1 a 4 (véase **figura 8**).

- **Zona homogénea 1 (Zh-1).** La zona homogénea 1 es la de mayor extensión de todas; está situada en el sector central y sur occidental de la microcuenca corresponde a terrenos rocosos estratiformes, de buena resistencia, asociados a la Formación Gigante, miembro medio (Tmg). La capacidad portante para las cimentaciones superficiales que se desplanten en los niveles de la roca madre (a más de 0,50 m de profundidad) es alta a muy alta, aunque se debe cimentar más profundo para proveer de empotramiento a las edificaciones.
- **Zona homogénea 2 (Zh-2).** La zona homogénea 2 es la de segunda mayor área y está situada prácticamente a lo largo de la parte alta de la microcuenca. Está conformada por depósitos sedimentarios de tipo fluvio-torrencial (Qft) compuesto por gravas heterométricas (dominando los tamaños guijarro), en matriz gravo-arcillosa a areno-arcillosa de baja cohesión. Este tipo de depósito es el que se encuentra cubriendo a la formación Gigante y ocupa las cotas topográficas mayores de los taludes y laderas descritos en el capítulo cinco; a su vez sobre ellos se construyen los rellenos de viviendas en la mayoría de taludes.
- **Zona homogénea 3 (Zh-3).** La zona homogénea 3, compuesta por depósitos aluviales recientes y de terraza (Qal y Qte, correspondientemente), consta de suelos granulares gruesos y con matriz dominante arenosa fina, de baja a nula cohesión.

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado, la zona se sitúa a lo largo de todo el cauce y zonas de terraza aledañas al canal, iniciando desde el extremo sur-occidental de la microcuenca hasta llegar al barrio Los Parques II, donde se divide en dos sectores cada uno situado a un lado del barrio San Carlos (véase



**Figura 8.** Mapa Microzonificación Geotécnica de la cuenca la Cabulla (Tomado de: Reyes, 2005b).

**Figura 8).** En esta zona su mayoría, son suelos arcillosos de baja comprensibilidad e índice plástico.

- **Zona homogénea 4 (Zh-4).** Depósitos antrópicos integrado usualmente por materiales granulares asociados a la unidad geológica Qft y escombros de obras civiles, de compactación variable, baja a nula cohesión en la fracción fina.

La ubicación de los rellenos es espacialmente variada y se pueden encontrar una gran cantidad de pequeños rellenos a lo largo y ancho de la microcuenca, especialmente los utilizados para ampliación de las viviendas ubicadas en la parte superior de los taludes. La capacidad portante del relleno depende de los materiales empleados y el grado de compactación principalmente, por lo que la capacidad portante es variable. Sin embargo, con base en las inspecciones realizadas y los muestreos efectuados, se puede decir que la resistencia de estos varía de media a muy baja. En su mayoría, son suelos arcillosos de baja comprensibilidad e índice plástico.

**3.3.4** El estudio “Evaluación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de las microcuencas El Venado, Avichente, La Toma, Zanja Honda, La Torcaza, río de Oro, ribera del río Magdalena en el casco urbano del municipio de Neiva (Huila)”, realizado por SGI Ltda. (2006) estableció 8 zonas geotécnicas para cinco sectores de la ciudad de Neiva. La clasificación se basó en la litología, la granulometría, en los parámetros índices y la clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) de las muestras analizadas.

Estas ocho zonas son:

- **Zonas homogénea I** Gravas y conglomerados del abanico aluvial y la Formación Gigante; se Encuentran superficialmente. Cantos y fragmentos de rocas subredondeados a redondeados en matriz areno limosa a areno Arcillosa.



- **Zonas homogénea II** Suelos areno limosos de baja plasticidad.
- **Zonas homogénea III** Rocas, areniscas intercaladas con limolitas y arcillolitas de la Formación Gigante, en la que predominan los estratos de arenisca. Asociadas a pendientes moderadas a escarpadas.
- **Zonas homogénea IV** Suelos areno limosos de alta plasticidad.
- **Zonas homogénea V** Suelos limosos de baja plasticidad.
- **Zonas homogénea VI** Arcillolitas y suelos cohesivos con alto contenido de arcilla de alta plasticidad.
- **Zonas homogénea VII** Suelos limosos de alta plasticidad
- **Zonas homogénea VIII** Suelos friccionantes que corresponden a arenas mal gradadas, en depósitos de terraza, depósitos aluviales.
- **Zonas homogénea IX** Rellenos y depósitos antrópicos, con materiales heterométricos y distribución granular aleatoria, generalmente con escombros de construcción que no poseen una gradación definida, ni composición; por lo tanto, su comportamiento es impredecible.

### **3.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA PRELIMINAR DEL ÁREA URBANA DE NEIVA**

De acuerdo a las observaciones realizadas a los mapas de isoplasticidad e iso-capacidad portante (Ver anexo 3 y 4 de la pasantía “Sistematización e Interpretación de Propiedades Geotécnicas, respectivamente) y los resultados de los estudios antes descritos, junto a las propiedades de los suelos evaluados del área urbana de Neiva se obtuvo una propuesta de zonificación geotécnica que consta de cinco zonas homogéneas.

Estas zonas, cartografiadas en el anexo 4, a escala 1:12500, se describen a continuación:

#### **3.4.1 ZONA HOMÓGENEA 1 (Zh-1)**

Rocas litoestratigráficas de la Formación Gigante (Nggi). Esta zona involucra a las unidades de rocas propiamente dichas. Se encuentra distribuida en gran

parte del área urbana de Neiva, en ella hay información de 66 estudios geotécnicos con los cuales se pudo determinar que consta de intercalaciones de areniscas arcillosas, limolitas, arcillolitas y conglomerados, en matriz de media a baja cohesión y plasticidad media a alta. Resistencia baja a media en la capa meteorizada y de resistencia media a alta en la roca madre. Capacidad portante entre media y muy alta. Tiene susceptibilidad media a procesos de erosión hídrica y alta a desprendimientos en niveles duros.

### **3.4.2 ZONA HOMÓGENEA 2 (Zh-2)**

Abanico de Neiva (Qan). En esta zona se recolectaron 83 estudios que están localizados, exclusivamente, al oriente urbano de Neiva, alcanzando las mayores alturas y posición estratigráfica, cubriendo la unidad anterior. Apartir de esta información podemos decir que está conformada por gravas heterométricas, dominando los tamaños guijarro, en matriz gravo-arcillosa, de cohesión y plasticidad baja a media; resistencia media a baja, en los niveles superficiales (menores de 1.0 m) y de media a alta en las profundidades mayores. Debido a su antigüedad, a la acción climatológica, composición y está bastante meteorizada, por lo cual las muestras recuperadas suelen ser un conjunto casi homogéneo de gravas y matriz fina. En los ensayos de laboratorio (destructivos) estas presentan plasticidad, a pesar de tener una textura y estructura original heterogénea. Capacidad portante media a alta, con potencialidad de asentamientos diferenciales. Posee susceptibilidad alta a procesos de erosión hídrica y a fenómenos de remociones en masa, puntuales y superficiales.

### **3.4.3 ZONA HOMÓGENEA 3 (Zh-3)**

Terrazas aluviales (T). Se distribuye desde el centro-norte hasta el centro-sur del área urbana de Neiva. En esta zona se recopiló la información de 97 estudios de suelos que están asociados a depósitos sedimentarios distribuidos sobre las márgenes de drenajes permanentes, conformados por gravas heterométricas (con tamaños hasta bloque), en matriz arenosa a limosa, de

baja plasticidad y capacidad portante baja a media. Posee procesos de erosión hídrica superficial, subsuperficial y fluvial, está última principalmente en sus bordes.

#### **3.4.4 ZONA HOMÓGENEA 4 (Zh-4)**

Depósitos aluviales recientes (Qal) o de canales activos. Se extiende desde el norte hasta el sur del la zona occidental de área urbana de Neiva. Aunque solo se recolectó una pequeña cantidad de estudios, 8 en total, se determina que consta de materiales granulares, típicamente gravas y arenas, con fracción fina de baja a nula cohesión y capacidad portante baja a media. Susceptibilidad muy alta a erosión fluvial.

#### **3.4.5 ZONA HOMÓGENEA 5 (Zh-5)**

Depósitos antrópicos (Dant). Se encuentra en varias zonas distribuidas irregularmente en toda el área urbana de Neiva; De esta zona se recolectaron, al igual que la anterior, siete estudios geotécnicos. Se encuentra integrada por materiales de diferentes fuentes geológicas, escombros de obras civiles, u otros residuos sólidos, de compactación variable, baja a nula cohesión en la fracción fina. Capacidad portante de baja a media. Alta susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa cuando no están confinados, incluyendo asentamientos diferenciales. Es la zona más desfavorable para fundaciones.

#### 4. CONCLUSIONES

- El trabajo plasmado en el presente documento, que contribuyó a la finalización de la Meta IV del proyecto Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN), corresponde a los resultados de la pasantía desarrollada por Luisa Fernanda Pérez Sánchez, estudiante de último semestre de ingeniería de petróleo de la Universidad Surcolombiana, y a los importantes aportes del geólogo especialista Germán Alfonso Reyes Mendoza, asesor del municipio de Neiva y coordinador del proyecto MSN, y del ingeniero geólogo Willmar Edwin Mosquera Castro.
  
- Se recolectaron 380 estudios geotécnicos de la zona urbana de Neiva, en general desde enero del año 2000 hasta junio del año 2006. De ellos se evaluaron y seleccionaron 109 estudios para sistematizarlos en un programa computacional diseñado específicamente para el proyecto.
  
- Para la recopilación de estos estudios se acudió a los archivos del Departamento Administrativo de Planeación del municipio de Neiva, a las Curadurías Primera y Segunda Urbana de Neiva y a la empresa de Estudios Geotécnicos Ltda., quienes gentilmente prestaron la información para su revisión, selección y fotocopiado, ya que los estudios no estaban en medio digital.
  
- Los estudios de suelos seleccionados debieron cumplir con los siguientes parámetros mínimos:
  - a) Que pertenecieran a la zona urbana de Neiva.

- b) Que contuvieran una figura, mapa, esquema o las coordenadas con la ubicación precisa de los sitios de exploración.
  - c) Que las exploraciones correspondieran exclusivamente a sondeos geotécnicos.
  - d) Descripción de datos de campo: Número de golpes en el ensayo de penetración estándar, ó SPT por sus siglas en inglés *Standard Penetration Test*, profundidad de los estratos u horizontes de suelo).
  - e) Descripción tabulada de los resultados de ensayos de laboratorio de propiedades básicas (granulometría, plasticidad, densidad y humedad natural, y clasificación) y fundamentales (capacidad portante).
- 
- Dos de los resultados concretos de la Meta IV de esta pasantía fueron el diagnóstico del estado del conocimiento geotécnico urbano de Neiva y la elaboración del mapa de zonificación geotécnica, que aunque preliminar si es actualizado, obtenido a escala 1:12.500, el cual constituye una herramienta básica para la ordenación física del territorio, la zonificación ambiental y, en general, para la planeación del desarrollo municipal, pero el nivel de detalle no suministra la información necesaria para la realización de proyectos de ingeniería de carácter puntual.
  - La zonificación geotécnica preliminar propuesta se basa en criterios geotécnicos y geológicos, éstos últimos más avanzados que los primeros a nivel local. Se dividió el área urbana de Neiva en cinco zonas homogéneas: La zona 1 está caracterizada fundamentalmente por la presencia exclusiva de rocas, en sentido geológico y geotécnico estricto, las cuales pertenecen a la Formación Gigante; la zona 2 consta de sedimentos antiguos del Abanico de Neiva bastante meteorizada; la zona 3 está conformada por los distintos niveles de terrazas aluviales urbanas; a la zona 4 pertenecen todos los depósitos aluviales recientes e inconsolidados (o depósitos de canal activos), supeditados a los

drenajes urbanos; y la zona 5 integra los depósitos de origen antrópico (llenos, escombreras, terraplenes importantes, etc.), es decir, los hechos por el hombre como parte de la ocupación y crecimiento urbanístico de la ciudad, que debido a su heterogeneidad composicional, geometría, compactación y confinamiento son los más desfavorables desde el punto de vista geomecánico, por lo cual debe ser priorizada su identificación, caracterización y mitigación.

- Finalmente, cabe destacar que en este tipo de proyectos científicos son fundamentales la articulación y participación del conocimiento humano disponible, tanto en las administraciones municipales, la academia regional y las empresas especializadas. Se demuestra que si es posible desarrollar proyectos de investigación, como la meta IV de la MSN, de iniciativa local, de bajo costo y participativos, con importantes implicaciones ingenieriles y aplicaciones sociales.

## 5. RECOMENDACIONES

- Proponer la estandarización de los estudios de suelos sucesivos y su centralización, acopio y consulta en alguna dependencia municipal o de la Universidad Surcolombiana. Esta labor puede ser gestionada por el Departamento Administrativo de Planeación y requerida mediante acuerdo o decreto municipal a los urbanistas, curadores y empresas de estudios de suelos.
  
- Considerando el tamaño que tiene la ciudad de Neiva es indispensable que los informes de los estudios de suelos contengan un mapa de ubicación y localización de las exploraciones, con sus respectivas coordenadas planas, un registro fotográfico y los perfiles estratigráficos con las condensaciones de los resultados de laboratorio y que además se entreguen en medio digital y análogo.
  
- Las principales zonas de interés para nuevas evaluaciones geotécnicas de detalle son:
  - Zonas del Abanico de Neiva (Qan).
  - Zonas de Rocas estratigráficas de la Formación Gigante (Nggi).
  - Zonas aluviales recientes, especialmente asociados a la quebrada la Toma.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN B., C. (2004) Estudio geotécnico de los terrenos sur orientales y orientales de la ciudad de Neiva, huila, de propiedad de la sociedad Duque Rengifo s. en c. informe no. 1.45-49-04. Bogotá, D.C, septiembre del 2004. 25 p.

ARANGO G. J. (2002) Relaciones lluvias – deslizamientos en la ciudad de Manizales. En: Memorias del Simposio Latinoamericano Control de Erosión (2002). Bucaramanga, marzo de 2002. 17 p.

COMITÉ AIS 300 - Amenaza Sísmica, (1998). Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, Investigación realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, la Universidad de los Andes y el INGEOMINAS, publicación especial de INGEOMINAS, octubre de 1998. 252 p.

CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A. E INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNIVERSIDAD JAVERIANA (2000). Estudios de Amenaza y Microzonificación Sísmica, Vulnerabilidad Estructural y Evaluación de Escenarios de Daño, julio de 2000. 29 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA (CAM) – Instituto de Estudios Ambientales (Idea) de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (1999). Evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico (actividad sísmica y volcánica), geomorfológico (remociones en masa y erosión) e hidrometeorológico (dinámica fluvial, inundaciones y sequías), y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del departamento del Huila. Tomo IV: Nivel Urbano, municipio de Neiva. Neiva, septiembre de 1999. 115 p.



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS LTDA. (2004). Evaluación y caracterización del impacto ambiental y plan de manejo ambiental para la zona hídrica M-55. Informe final. Constructora Santa Lucía Ltda. Neiva, enero de 2004.

FOTOGRAMETRÍA ANALÍTICA FAL Ltda. (1986). Plano aerofotogramétrico de la ciudad de Neiva (46 planchas a escala 1:2.000). Plan maestro de alcantarillado de Neiva. Bosco H. Chicaiza R. – Empresas Públicas de Neiva. Bogotá, febrero de 1986.

GARCIA N. J., IBAÑEZ A., D. G. y CASTRO M., E. (2002). Zonificación geotécnica del Área Metropolitana de Bucaramanga. En memorias (en CD) del IX Congreso Colombiano de Geotecnia. Medellín, noviembre de 2002. 13 p.

GÓMEZ M., H. y DIEDERIX, H. (1993). Mapa geológico del sur del departamento del Huila, escala 1:100.000, Revista CIPRES, publicación científica del Centro de Investigaciones en percepción remota y sistemas de información georeferenciada, Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC), Volumen 14, No. 1, Santafé de Bogotá. p. 1-36.

GONZÁLEZ V, L. I., FERRER, M., ORTUÑO, L. y OTEO, C. (2002). Ingeniería Geológica. Prentice Hall, impreso en España. 715 p.

INGEOMINAS (1998). Geología de la Plancha 322-Neiva, escala 1:100.000, por Gabriel Rodríguez, Paulina Ferreira, Francisco Velandia y Alberto Núñez, Santafé de Bogotá.

INGEOMINAS (1989). Mapa Geológico generalizado del Departamento del Huila, escala 1:400.000. Bogotá.

INSTITUTO GEOGRÁFICO “AGUSTÍN CODAZZI”, IGAC (1997). Plano digital de la ciudad de Neiva (52 hojas a escala 1:2.000). Trabajo efectuado para el Municipio de Neiva. Santafé de Bogotá, agosto de 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (1998). Manual de estabilidad de Taludes. Geotecnia Vial. Primera edición. Santafé de Bogotá, D. C.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA, INGEOMINAS (1999). Estudio hidrogeológico y plan de manejo del agua subterránea en el sector nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila. Informe final. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Santafé de Bogotá, febrero de 1999. 260 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA, INGEOMINAS (1992). Zonificación Geotécnica de Popayán. Publicaciones Especiales del INGEOMINAS. Vol. 2. Santa Fé de Bogotá, D. C. 1992.

REYES M., G. A. (2005a). Estudio Geotécnico de la Microcuenca de la Quebrada La Cabulla, Neiva (Huila). Informe final. Alcaldía de Neiva, Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Neiva, agosto de 2005. 82 p.

REYES M., G. A. (2005b). Documento ejecutivo proyecto MSN Neiva (Huila). Informe interno. Alcaldía de Neiva, Dirección Administrativa de Emergencias y Desastres de Neiva - Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Neiva, octubre de 2005. 15 p.

REYES-MENDOZA, G. A. (2005a). “Gestión técnico-administrativa y retos de los proyectos de microzonificación sísmica de ciudades intermedias de Colombia”. En: IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica. Barquisimeto (Venezuela), noviembre de 2005. 5 p.

REYES-MENDOZA, G. A. (2005b). “Caracterización preliminar de fuentes sismogénicas aplicada a proyectos de microzonificación sísmica: Resultados regionales e implicaciones locales para la ciudad de Neiva, Huila (Colombia)”.

Poster presentado en el IV Coloquio sobre Microzonificación Sísmica. Barquisimeto (Venezuela), noviembre de 2005. 5 p.

REYES M., G. A. (2003). Diagnóstico Ambiental del Área Urbana de Neiva, Huila (Colombia), Basado en Consideraciones Físicas del Territorio y Gestión de Riesgos, en memorias del IX Congreso Colombiano de Geología - III Encuentro de Corporaciones Autónomas Regionales sobre Temas Geoambientales, Medellín, agosto de 2003. 2 pp.

REYES M., G. A. (2002). "Problemas geomorfológicos en áreas urbanas del valle alto del río Magdalena: Estudio de caso de Neiva, Huila (Colombia)". En: Memorias del Simposio Latinoamericano Control de Erosión 2002. Bucaramanga, marzo de 2002. 7 p.

RICO R., A. y CASTILLO H (1982). La Ingeniería de suelos en las vías terrestres Volumen I. Editorial Limusa. México. 17-35 p.

SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI Ltda. (2003). Valoración ambiental del oriente urbano de la ciudad de Neiva. Parte 2, sección 1, capítulo 7 Geotecnia. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva, junio de 2003. 35 p.

SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI Ltda. (2006). Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo de las Microcuencas El Venado, Avichente, La Toma, Zanja Honda, La Torcaza, Río de Oro, Ribera del Río Magdalena en el Casco Urbano del Municipio de Neiva (Huila). Contrato de consultaría No. 045 de mayo de 2005 suscrito con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Volumen I, Capítulo 2.4 Geotecnia. Neiva, noviembre de 2006. 17p.

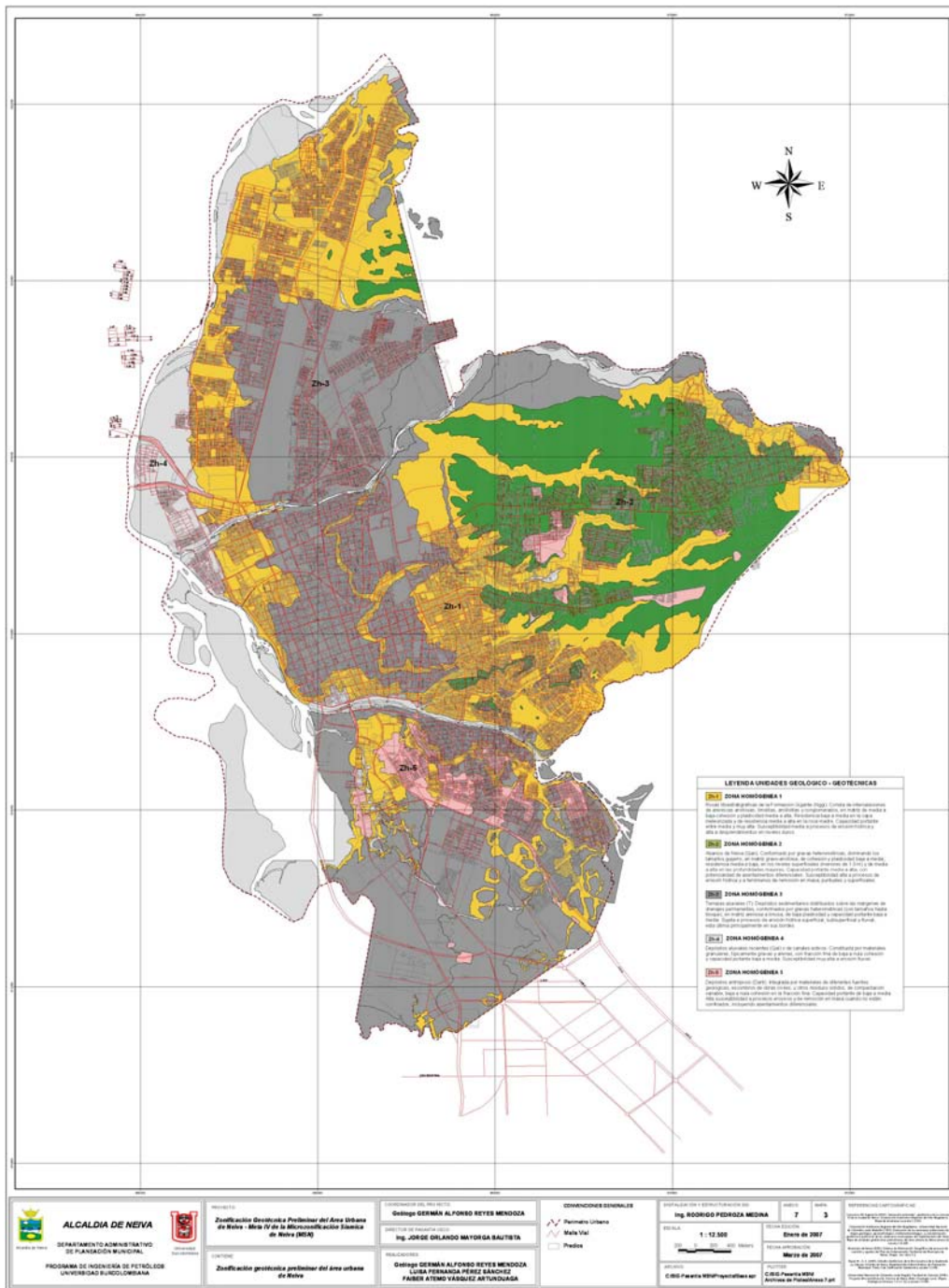
SUAREZ B., E. y RICO R., A. (1991). Mecánica de suelos Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Editorial Limusa. México. 95-104 p.

TERZAGHI, K. y PECK, R. (1980). Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Editorial El Ateneo S.A. España. 25-28 p.

UNC-DG, Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias - Departamento de Geociencias (2006). Metas I y II de la Fase I del proyecto Microzonificación Sísmica de Neiva (MSN). Tomo I: Geología local. Alcaldía de Neiva, Dirección Administrativa de Emergencias y Desastres. Santafé de Bogotá, junio de 2006. 40 p.

VARGAS C., R (2001) Geología y Amenazas Geológicas del Municipio de Neiva. Neiva junio del 2001.15p.

# ANEXOS



Anexo 4. Mapa de Zonificación Geotécnica Propuesta de Neiva.