

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA – MANIZALES
FACULTAD DE MINAS – MEDELLIN

ESPECIALIZACION EN VIAS Y TRANSPORTES

PROYECTO DE GRADO

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y ETAPAS DE INVESTIGACION
EN UN ESTUDIO DE GEOTECNIA VIAL**

Por:

INGENIERO

JUAN CARLOS QUICENO CORTEZ

ENERO DEL 2001

Dedico la culminación de esta etapa de mi vida a mí hija y a mí señora quienes soportaron con paciencia mis ausencias y mí falta de tiempo para compartir y disfrutar de su compañía.

A mí madre y mis hermanos en quienes he encontrado un apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar una etapa más en el camino de nuestra superación personal e intelectual siempre recordamos con gran cariño y un agradecimiento profundo a las personas y entidades que nos brindaron su apoyo incondicionalmente, es por eso que hoy me siento orgulloso de pertenecer a la familia de *AQUATERRA, Ltda*, firma que me brindo todo su apoyo y colaboración durante el tiempo que ha durado esta fase de mi vida.

Sea esta la oportunidad para agradecer muy especialmente a la señorita *CLAUDIA CRISTINA HERNANDEZ*, por todo el tiempo que dispense desinteresadamente para colaborarme con la presentación de mis trabajos e informes de una manera más acorde con las condiciones que estos implicaban.

RESUMEN

Para la construcción de una carretera nueva es necesaria la realización previa de algunos estudios que nos permitan determinar cual de las alternativas propuestas para el trazado de la vía es la más conveniente atendiendo a los requerimientos ambientales, geológicos y geotécnicos de cada una de ellas.

La metodología para realizar los Estudios de Impacto Ambiental actualmente se encuentra bien definida, cosa que en el pasado no se tenía clara o se presentaban sólo para cumplir con un requisito y no con un estudio serio que cuantifique cada uno de los impactos generados en el medio ambiente teniendo en cuenta los factores que lo componen.

Además la parte geológica y geotécnica requieren de tener disponible gran cantidad de información existente sobre temas tales como topografía, hidrología, geología, geotecnia, clima, etc., de las áreas de influencia de las alternativas de diseño, y con base en éstas definir la realización de estudios en más detalle dependiendo de la fase del proyecto, tanto con reconocimientos de campo como con la toma de ensayos de campo y muestras para realizar ensayos de laboratorio que nos permitan identificar las calidades de los materiales, así como definir las zonas de inestabilidad o potencialmente inestables.

Uno de los puntos que hacen crítica la construcción de las vías es la presencia de zonas inestables o potencialmente inestables, que si no son detectadas en las primeras fases del proyecto para poder ser tratadas adecuadamente ocasionarán retrasos en la construcción de la obra y por ende sobrecostos innecesarios. Cuando los estudios geológicos y geotécnicos no son realizados o no en la profundidad necesaria se generarán durante la etapa de construcción y de operación de la vía mantenimientos y costos elevados los cuales pueden llevar incluidos pérdidas humanas.

SUMMARY

For the construction of a new highway it is necessary the previous realization of some studies that you/they allow us to determine which of the alternatives proposals for the layout of the road is the most convenient assisting to the environmental, geologic requirements and geotechniques of each one of them.

The methodology to carry out the Studies of Environmental Impact at the moment is very defined, sew that in it is passed one didn't have white or they were only presented to fulfill a requirement and not with a serious study that quantifies each one of the impacts generated in the environment keeping in mind the factors that compose it.

The geologic part and geotechnical also require of having available great quantity of existent information on such topics ace topography, hydrology, geology, geotechnical, climate, etc., of the areas of influence of the design alternativ+es, and with base in these to define the realization of studies in more detail depending on the phase of the project, so much with field recognitions as with the taking of field rehearsals and samples to carry out laboratory rehearsals that allow us to identify the qualities of the materials, as well as to define the areas of uncertainty or potentially unstable.

One of the points that make critical the construction of the roads is the presence of unstable or potentially unstable areas that if they plows not detected in the first phases of the project to be able to be treated appropriately they will it causes delays in the construction of the work and for so much unnecessary sobrecostos. When the geologic studies and geotechniques are not carried out or not in the necessary depth they will be generated during the construction stage and of operation of the road maintenances and high costs which can take included human losses.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I: LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA VIAS

1. INTRODUCCION

1.2 TIPOS DE EVALUACION

1.2.1 Declaración de Efecto Ambiental

1.2.2 Estudio de Impacto Ambiental

1.3 QUIENES DEBEN EJECUTAR LOS E.I.A.

1.4 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

1.5 CONTENIDO TENTATIVO DEL E.I.A.

1.6 ALCANCE DE CADA UNO DE LOS CAPITULOS DEL CONTENIDO TENTATIVO DEL E.I.A

1.6.A Introducción

1.6.B Objetivos del estudio

1.6.C Descripción del proyecto y sus alternativas

1.6.D Identificación del área de influencia

- 1.6.E** Descripción de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia o Línea Base
- 1.6.F** Identificación del efecto en impacto del proyecto
- 1.6.G** Cuantificación de impactos ambientales de la vía sobre cada indicador y cuantificación del impacto total del proyecto sobre el medio
- 1.6.H** Identificación y especificación de los niveles de mitigación o planes de manejo. Diseño
- 1.6.I** Evaluación de costos
- 1.6.J** programa de supervisión ambiental
- 1.7** ALCANCE DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO SEGÚN LA LINEA BASE
 - 1.7.1** Prefactibilidad – Alcance
 - 1.7.1.1** Componente geosférico
 - 1.7.1.2** Componente Atmosférico
 - 1.7.1.3** Componente Hídrico
 - 1.7.1.4** Componente Biótico
 - 1.7.1.5** Componente Socio – Económico y Cultural
 - 1.7.2** Factibilidad – Alcance
 - 1.7.2.1** Componente Geosférico
 - 1.7.2.2** Componente Atmosférico
 - 1.7.2.3** Componente Hídrico

- 1.7.2.4** Componente Biótico
- 1.7.2.5** Componente Socio – Económico y Cultural
- 1.7.3** Diseño e Ingeniería de detalle
- 1.7.4** Etapa de Construcción
- 1.7.5** Etapa de Operación y Mantenimiento

CAPITULO II: ESTUDIOS DE GEOTECNIA VIAL

2.1 INTRODUCCION

2.2 ALCANCES

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Etapa de prefactibilidad

2.3.1.1 Recopilación y análisis de la información existente

2.3.1.2 Generación de modelos de zonificación geotécnica

2.3.1.3 Definición de zona potencialmente inestables al deslizamiento

2.3.1.4 Reconocimiento preliminar de campo

2.3.1.5 Definición de zonas homogéneas y sitios críticos

2.3.1.6 Elección de alternativa

2.3.1.7 Informe geológico – geotécnico

2.3.2 Etapa de factibilidad

2.3.2.1 Reconocimiento detallado de campo

2.3.2.2 Identificación de zonas geotécnicamente homogéneas

2.3.2.3 Sectorización de laderas

2.3.2.4 Definición de sitios críticos

2.3.2.5 Adopción de parámetros geotécnicos

2.3.2.6 Evaluación de estabilidad

2.3.2.7 Definición de procedimientos de estabilización

2.3.2.8 Informe geológico y geotécnico

2.3.3 Etapa de diseño

2.3.3.1 Exploración de campo

2.3.3.2 Ejecución de ensayos de laboratorio

2.3.3.3 Análisis de estabilidad para Taludes en suelo y roca

2.3.3.3.1 Análisis de estabilidad de suelos

2.3.3.3.2 Análisis de estabilidad de taludes en roca

2.3.3.3.4 Recomendaciones de estabilización

2.3.3.3.5 Informe geológico y geotécnico final

2.4 DEFICIENCIAS EN EL DISEÑO Y EN LA CONSTRUCCION DE

CARRETERAS QUE PRODUCEN DESLIZAMIENTOS

- 2.4.1** Deficiencias en el diseño
- 2.4.1.1** Estudios geológicos y geotécnicos
- 2.4.1.2** Estudios hidrológicos y de drenaje
- 2.4.1.3** Diseño geométrico
- 2.4.1.4** Estudio de movimiento de tierras
- 2.4.2** Deficiencias en la contratación
- 2.4.3** Deficiencias en la construcción

CAPITULO III: PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACION EN TALUDES

3.1 INTRODUCCION

3.2 TIPOS DE PARAMETROS

- 3.2.1** Parámetros geométricos
- 3.2.2** Parámetros geológicos
- 3.2.3** Parámetros hidrológicos e hidrogeológicos
- 3.2.4** Parámetros geotécnicos
- 3.2.5** Parámetros ambientales y antrópicos

3.3 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

3.4 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

- 3.4.1** Sensores remotos

3.4.1.1 Fotografías aéreas

3.4.1.1.1 Expresión topográfica

3.4.1.1.2 Sistemas de drenaje y erosión

3.4.1.1.3 Tonalidad del suelo

3.4.1.2 Imágenes de satélite

3.4.1.3 Imágenes de radar

3.4.1.4 Usos y limitaciones

3.4.1.5 Aplicaciones de sensores remotos

3.4.2 Estudio de mapas

3.4.2.1 Planos topográficos

3.4.2.2 Mapas geológicos

3.4.2.3 Mapas agrícolas

3.4.2.4 Análisis de documentos y estudios anteriores

3.5 VISITA DE RECONOCIMIENTO

3.6 ESTUDIO TOPOGRAFICO

3.7 INVESTIGACION GEOTECNICA DETALLADA

3.7.1 Descripción de suelos y rocas

3.7.2 Geología

3.7.2.1 Mapas geológicos

3.7.2.2 Detalles de los deslizamientos

3.7.3 La investigación de los suelos residuales

3.7.3.1 Composición

3.7.3.2 Estructura

3.7.3.3 Comportamiento

3.8 INSTRUMENTACION

CAPITULO IV: METODOS DE INVESTIGACION GEOTECNICA

4.1 INTRODUCCION

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LAS INVESTIGACIONES DE
INESTABILIDADES

4.3 SONDEOS GEOTECNICOS

4.3.1 Exploraciones que permiten la inspección directa del subsuelo

4.3.1.1 Apiques manuales

4.3.1.2 Trincheras

4.3.1.3 Pozos revestidos

4.3.1.4 Galerías y túneles de inspección

4.3.2 Exploraciones que no permiten la inspección directa del subsuelo

4.3.2.1 Barrenos manuales

4.3.2.2 Perforaciones con máquina

4.3.3 Perfiles de los sondeos

4.4 METODOS GEOFISICOS

4.5 MUESTREO

4.6 METODOS DE LABORATORIO

4.6.1 Propiedades físicas

4.6.2 propiedades hidráulicas

4.6.3 Propiedades mecánicas

4.7 ENSAYOS DE CAMPO

4.8 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEDIR LA RESISTENCIA AL CORTE

4.9 ENSAYOS GEOFISICOS

PORTADA

**DEDICATORIA AGRADECIMIENTOS RESUMEN
SUMMARY**

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS Y FORMATOS

LISTADO DE GRAFICOS Y FIGURAS

LISTADO DE TABLAS Y FORMATOS

Tabla 1.01 **Componentes y elementos del sistema ambiental**

Tabla 1.02 **Tipos de indicadores**

Tabla 1.03 **Variables para calificar los impactos ambientales**

Tabla 1.04 **Ejemplo del uso del método de calificación cualitativa**

Tabla 1.05 **Importancia de los impactos**

Tabla 1.06 **Cuantificación de los impactos en carreteras de montaña**

Formato 1 **Levantamiento de laderas**

Formato 2 **Levantamiento de deslizamientos**

Tabla 2.01 **Mecanismos de estabilización física y mecánica**

Tabla 2.02 **Evaluación para zonificación geotécnica y estabilidad de taludes En suelo**

Tabla 2.03 **Evaluación para zonificación geotécnica y estabilidad de taludes En roca**

Tabla 3.01 **Parámetros a determinar en un deslizamiento**

Tabla 3.02 **Escala de fotografías aéreas para diferentes niveles de estudio**

Tabla 4.01 **Programa de investigación del subsuelo**

Tabla 4.02 **Métodos de sondeo**

Tabla 4.03 **Algunos métodos de exploración**

Tabla 4.04 **Clases de calidad de muestreo**

Tabla 4.05 **Tipos y cantidades de muestras para diversos ensayos de laboratorio**

Tabla 4.06 **Ensayo S.P.T. Vs. Densidad relativa de arenas**

Tabla 4.07 **Ensayo S.P.T. Vs. Consistencia de arcillas**

Tabla 4.08 **Tipos de suelos de acuerdo a la fricción**

LISTADO DE GRAFICOS Y FIGURAS

- Figura 2.01 **Evaluación de laderas**
- Figura 2.02 **Ejemplo de mapas temáticos**
- Figura 3.01 **Diagrama de flujo para la investigación y análisis de deslizamientos**
- Figura 3.02 **Símbolos de deslizamientos utilizados para mapeo**
- Gráfico 4.01 **Investigaciones del subsuelo**
- Gráfico 4.02 **Barreno tipo Iwan**
- Gráfico 4.03 **Muestreador de tubo partido para el ensayo S.P.T.**
- Gráfico 4.04 **Cono alemán estático con manguito de fricción**
- Gráfico 4.05 **Presurómetro de Menard**
- Gráfico 4.06 **Corte directo in situ**
- Gráfico 4.07 **Ensayo de permeabilidad**
- Gráfico 4.08 **Ensayo de corte directo**
- Gráfico 4.09 **Ensayo de compresión simple**
- Gráfico 4.10 **Ensayo Triaxial**

CAPITULO I
LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
PARA VIAS

1. INTRODUCCION

Se hace necesario definir algunos conceptos relacionados con el medio ambiente lo mismo que señalar sus componentes desde el punto de vista del Impacto ambiental. Los dos grandes componentes del medio ambiente son: el medio ambiente natural y el social.

El medio ambiente natural está compuesto por cuatro componentes a saber: el atmosférico, el biótico, el hídrico y el geosférico, cada uno de ellos está constituido por diferentes elementos como se observa en la tabla 1.01

De otro lado el medio ambiente social queda definido en el componente socioeconómico y cultural, cada uno de ellos formado por diferentes elementos como se muestra en la tabla 1.01.

Se define como impacto sobre el medio ambiente, el cambio bueno o malo que pueda producir una acción del hombre sobre el medio. Por lo tanto la variable principal en los estudios es la cuantificación de la alteración sufrida por el medio, haciéndose necesario conocer el estado del ambiente antes de producirse la alteración y evaluarlo después de producida.

La alteración puede ser positiva o negativa, temporal o permanente, de magnitud baja, media o alta, un área de influencia puntual, local, regional, nacional o internacional, además puede ser mitigable o no, y afectar uno o varios de los componentes del ambiente.

En la evaluación del impacto ambiental se deben analizar dos grandes áreas: el medio natural y medio social, destacándose 2 aspectos: a) el

ecológico, principalmente orientado hacia los estudios de impacto físico o geofísico; b) el humano, que contempla las facetas sociopolíticas,

socioeconómicas y culturales. Ambos aspectos plantean la cuestión de los efectos a largo plazo sobre los ecosistemas naturales, que son parte integral de la biosfera y de la existencia del hombre.

Tabla 1.01 Componentes y Elementos del Sistema Ambiental (Manual de Gestión Ambiental Vol. I).

Por consiguiente, en los estudios de impacto ambiental (EIA) se procura evaluar las consecuencias de una acción, para estimar que calidad de ambiente habría con o sin dicha acción. Estas evaluaciones deben ser realizadas en la fase previa al proyecto, a fin de efectuar una mejor planificación u formulación de propuestas desde el punto de vista ambiental, y considerar adecuadamente los factores ambientales por parte de las autoridades públicas cuando aprueben una propuesta o determinen una alternativa.

Atendiendo a lo anterior, se aplica el concepto de evaluación del impacto ambiental a un estudio encaminado a identificar, interpretar y prevenir los efectos que las carreteras pueden causar en la salud, al bienestar humano y al entorno, o sea en los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende.

REGREZAR AL CAPITULO 1

2. TIPOS DE EVALUACION

Las evaluaciones de impacto ambiental tienen como objeto identificar, cuantificar y mitigar en forma preventiva o correctiva los diferentes impactos de una carretera o proyecto en los siguientes casos:

- A distintas alternativas del mismo proyecto.
- Con distinto grado de aproximación.
- A distintas fases del proyecto.

Se considera que todo proyecto debe presentar una DEA en su fase inicial, sin embargo la magnitud de los impactos dirán si es suficiente con una DEA, un Plan de Manejo Ambiental (PMA) o es necesaria la realización de un EIA; serán las autoridades pertinentes quienes lo definan.

Dentro de los estudios que las corporaciones autónomas regionales utilizan para otorgar las licencias ambientales están: las declaraciones de efecto ambiental y los estudios de impacto ambiental.

REGREZAR AL CAPITULO 1

1.2.1 Declaración de Efecto Ambiental

Este tipo de estudios son más frecuentes que los estudios de impacto ambiental, ya que responden en sentido estricto al contenido que debe tener una evaluación, por cuanto en ellos se descarta algo tan fundamental como es la consideración de alternativas.

La DEA es un documento que debe someterse a consideración de la autoridad ambiental competente como requiero previo a la ejecución de una vía. En ella se describen las características del mismo incluyendo las pertinentes a la etapa de construcción y las características ambientales existentes en el área de influencia; se identifican y cuantifican además los efectos e impactos originados por las diferentes actividades del mismo, y se proponen medidas de mitigación para reducir los impactos de mayor incidencia.

En la DEA se tratan de alcanzar los siguientes objetivos:

- Evaluación del medio en estado preoperacional, o sea, la valoración de los niveles de alteración existentes.

- Incidencia del proyecto en el medio (determinación de los impactos netos).
- Evaluación del impacto neto del nuevo proyecto, estudio de medidas correctivas e instrumentos de control.
- Cálculo de la capacidad de absorción del impacto por el medio.
- Aceptación del proyecto en su situación actual o introducción de mejora o modificaciones.

REGREZAR AL CAPITULO 1

1.2.2 Estudio de Impacto Ambiental.

El EIA es un documento que se somete a consideración de la autoridad competente, por exigencia de la misma, y como requisito previo a la licencia ambiental para poder ejecutar la vía, en este se describe el proyecto y sus alternativas en forma detallado, describiendo las características del mismo y las acciones a realizar durante las etapas de construcción y operación; se deben analizar las características ambientales existentes en el área de influencia; se proponen medidas de mitigación para reducir los impactos de mayor incidencia y el impacto global del proyecto sobre el medio, y se diseñan y cuantifican los costos de los Planes de Manejo; se propone una supervisión ambiental durante la construcción y un plan de manejo y seguimiento durante la operación.

Los EIA deben ser realizados desde las primeras etapas del proyecto y en forma simultánea e integral con los estudios de prefactibilidad, factibilidad y diseño; continuarse durante la etapa de construcción como una interventoría ambiental y proseguirse durante la operación como un plan de manejo y un programa de seguimiento y monitoreo.

Los estudios de impacto ambiental deben comprender:

- Evaluación del impacto físico parcial, considerando por ejemplo sólo el aire o agua, etc.
- Evaluación completa del impacto físico que abarcaría la consideración de todas las posibles degradaciones.
- Evaluación del impacto geobiofísico y social, contemplando todo el ecosistema en que se encuentra la carretera, comprendidos los aspectos naturales y socioculturales.
- Evaluación completa, es decir, además de lo contemplado en el punto anterior, una evaluación económica con base en los estudios costos – beneficio.
- Evaluación de tecnología.

REGREZAR AL CAPITULO 1

3. QUIÉNES DEBEN EJECUTAR LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL?

Es necesario conformar un grupo interdisciplinario de profesionales cuyo número y disciplinas depende de la magnitud del proyecto, de la etapa en que se encuentre, de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia y de la información disponible y necesaria de recolectar en el campo. Deberá estar conformado el grupo al menos por un especialista en cada una de las siguientes áreas: agrología, antropología, arqueología, biología, climatología, economía y epidemiología, geología, geomorfología y geotecnia, hidrología, ingeniería forestal, ingeniería sanitaria, limnología, sociología, o áreas afines que se ajusten a los requisitos específicos del proyecto. También deben formar parte integral del grupo interdisciplinario ingenieros de la parte civil, mecánica y eléctrica, así como el director técnico del estudio.

REGREZAR AL CAPITULO 1

1.4 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

Son elementos o parámetros que indican la medida de la magnitud del impacto en el aspecto cualitativo y cuantitativo si es posible. Estos son generalmente elementos del medio que pueden ser medidos y su valor puede variar por alguna (s) acción (es) del proyecto.

Por ejemplo, para el componente hídrico, el elemento calidad del agua tiene como uno de sus indicadores la concentración de sólidos totales. En la Línea Base se puede medir el valor actual mediante la toma de muestras. Si varias acciones del proyecto originan aporte de sólidos al cuerpo

de agua receptor, se pueden calcular y conocer el volumen aportado y el caudal del río, para determinar la concentración futura de sólidos durante la construcción del proyecto.

La adopción y elección de los indicadores de impacto es un aspecto fundamental en los trabajos de Evaluación ambiental. Los indicadores más sencillos de utilizar y los más precisos son los estándares de calidad del aire, agua, el ruido, etc.

Los indicadores se definen como aquellos indicadores de un sistema que son de naturaleza física, química o biológica, que pueden ser observados para revelar la información sobre la condición del sistema y sobre los cambios del mismo.

Algunos indicadores como los datos estadísticos de morbilidad o mortalidad pueden indicarse numéricamente. En otros casos se emplean términos como muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno, excelente; o simplemente, aceptable o no aceptable.

En la tabla 1.02 se presentan los indicadores más usuales para cada componente ambiental.

REGREZAR AL CAPITULO 1

1.5 CONTENIDO TENTATIVO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

A continuación describimos el contenido que debe tener una evaluación de impactos en forma general, aunque cada corporación autónoma regional puede definir los tópicos que deben ser tratados dependiendo del tipo de estudio. Estos estudios deberán suministrar como mínimo la siguiente información:

- A. INTRODUCCION**
- B. OBJETIVOS**

- B.1 Objetivo general.**
- B.2 Objetivos específicos.**
- B.3 Objetivos legales.**

C. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

- C.1 Ubicación.**
- C.2 Características generales del proyecto.**

Tabla 1.02 Tipos de Indicadores (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

- C.3 Actividades durante la construcción.**
 - C3.1 Ubicación de campamentos y características.**
 - Area ocupada y tipo de construcción.**
 - Número de personas y tiempo de residencia.**
 - Suministro de agua potable.**
 - Volumen y sistema de tratamiento de aguas negras.**
 - Suministro de energía.**
 - Volumen y sistema de disposición de residuos sólidos.**
 - C.3.2 Zonas de préstamos**

Vías de acceso a la zona de préstamo.

Características. Corredores.

C.3.3 Vías de acceso al proyecto.

Existentes.

Por construir o ampliar. Especificaciones y corredores.

C.3.4 Campamento de materiales.

Ubicación y área. Esquema general.

Fuente de materiales.

Características de los equipos.

Fuente de energía y sistemas de almacenamiento de combustible.

C.3.5 Asentamientos humanos existentes en la zona del proyecto.

Población a reubicar.

C.3.6 Características generales de la vegetación en la zona del proyecto.

C.4 Actividades y manejo ambiental durante la etapa de operación.

D. IDENTIFICACION DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

D.1 Área de influencia sobre el componente geosférico.

D.2 Área de influencia sobre el componente atmosférico.

D.3 Área de influencia sobre el componente hídrico.

D.4 Área de influencia sobre el componente biótico.

D.5 Área de influencia sobre el componente socioeconómico

D.6 Área de influencia para fines del estudio.

E. DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES EXISTENTES EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO O LINEA BASE.

E.1 Componente Geosférico.

- E.2 Componente Atmosférico**
 - E.2.1 Calidad del aire**
 - E.2.2 Niveles de presión sonora**
 - E.2.3 Aspectos climáticos.**
 - E.3 Componente Hídrico.**
 - E.4 Componente Biótico.**
 - E.5 Componente Socioeconómico.**
- F. IDENTIFICACION DE LAS ACCIONES DEL PROYECTO QUE PUEDEN PRODUCIR IMPACTOS SOBRE EL AMBIENTE E IDENTIFICACION DE LOS MISMOS.**
- F.1 Metodología de identificación.**
 - F.2 Identificación de los efectos del proyecto.**
- G. CUANTIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO SOBRE CADA INDICADOR Y CUANTIFICACION DEL IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO SOBRE EL MEDIO.**
- G.1 Metodología de identificación.**
 - G.2 Selección de indicadores.**
 - G.3 Cuantificación de los indicadores y del impacto.**
 - G.4 Cuantificación del impacto total del proyecto sobre el medio.**
 - G.5 Identificación de las acciones del proyecto que requieren un Plan de Manejo especial.**
- H. IDENTIFICACION Y ESPECIFICACION DE LOS PLANES DE MANEJO. DISEÑO.**
- I. EVALUACION DE COSTOS.**
 - J. PROGRAMA DE SUPERVISION AMBIENTAL.**

1.6 ALCANCE DE CADA UNO DE LOS CAPITULOS

1.6.A Introducción

En esta se debe indicar a quién va dirigido el estudio, a qué proyecto pertenece, la etapa en la cual va, especificar mediante que resolución se solicitó. Además se debe decir qué grupo de trabajo le realizó, con qué clase de información, en dónde se recolectó, qué trabajos de campo se hicieron y qué alcance tiene el estudio.

Debe también hacerse una descripción general de cada uno de los capítulos indicando qué contiene y presentando un resumen de los principales efectos de la carretera, del impacto total, de los planes de manejo y del programa de seguimiento y monitoreo.

1.6.B Objetivos del Estudio

Estos deben ser claros y precisos, señalando el objetivo general y los específicos así como los objetivos legales.

1.6.C Descripción del proyecto y sus alternativas.

Se hace una descripción con la información existente de la etapa en que se encuentre. Debe ser lo más detallada posible, la realizará el Director Técnico.

1.6.D Identificación del área de influencia

La identificación del área de influencia se hace sobre cada uno de los siguientes componentes ambientales: geosférico, atmosférico, hídrico, biótico y socioeconómico, para fines del estudio.

1.6.E Descripción de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia o Línea de Base.

Se deben estudiar los componentes del medio ambiente, haciendo una descripción completa de cada uno de los elementos que los conforman.

Está tendrá diferente alcance, de acuerdo con la etapa del proyecto en que se encuentren los estudios.

La identificación y análisis de los impactos dependen de la profundidad con que se conozcan las condiciones ambientales existentes o Línea Base.

Esta descripción deberá ir acompañada de mapas, cuadros, diagramas, referencias, procedimientos y toda nota aclaratoria que sirva para determinar el grado de confiabilidad y profundidad de la misma.

1.6.F Identificación de Efectos e Impacto del Proyecto.

Se realiza esta en forma multidisciplinaria con el grupo de trabajo, con base en la descripción del proyecto y en las condiciones de la Línea de Base.

Para realizar esta identificación existen varios métodos así:

Lista de Verificación: Es un método sencillo que consiste en elaborar una lista de las diferentes acciones del proyecto durante las etapas de construcción y operación, señalando en cada una de ellas los efectos que pueden producir sobre el ambiente. Por ejemplo la extracción de material de préstamo y la disposición del material de descapote, son acciones que pueden incrementar la tasa de erosión y aportar sólidos a los cuerpos de agua alterando los elementos suelo, calidad del agua y paisaje.

Esta técnica consiste en un listado comprensivo de efectos ambientales y de indicadores de impacto. La lista de verificación se hace con el fin de identificar en forma general los impactos asociados con las diferentes actividades desarrolladas en la construcción de la vía, describiendo en detalle el efecto sobre cada componente del sistema ambiental y en que etapa se alcanzan estos impactos.

Método Matricial: Este método consiste en dos listados, uno de las acciones del proyecto, y otro de los indicadores ambientales con el fin de identificar las relaciones causa – efecto y espacio – temporales de los mismos.

Consiste en elaborar una matriz colocando en las abscisas las acciones del proyecto, y en las ordenadas los elementos ambientales existentes en el área de influencia e identificados en la Línea Base. Para cada acción del proyecto se identifica qué elementos del ambiente se pueden alterar y en su intersección se coloca un asterisco.

Sistema de Transparencia: Consiste en utilizar los mapas de cada tema y superponerlos al mapa del proyecto, indicando todas las obras de los mismos incluyendo vías y corredores para la línea de transmisión.

Este método es particularmente útil en aquellas etapas de la evaluación ambiental vinculadas al ordenamiento territorial, ya que permite dividir el espacio en unidades geográficas en cada una de las cuales se estudia un conjunto de factores ambientales y se aplican indicadores previamente establecidos. Si bien este método no es suficiente para considerar las interacciones y la dinámica de los sistemas, resulta útil para detectar relaciones especiales complejas así como para identificar aquellas áreas en las cuales se concentra el mayor número de impactos.

Diagramas de Flujo: Consiste en elaborar un diagrama para cada acción, indicando los elementos que pueden alterar y señalando sus posibles efectos.

Los diagramas son herramientas de análisis dinámico que permiten visualizar relaciones funcionales más que estructurales, lo cual hace que se aproximen más a las relaciones de impacto que las técnicas citadas anteriormente. Estos además posibilitan el reconocimiento de las cadenas de efectos y su propagación dentro del sistema ambiental afectado.

Además, los diagramas de flujos se utilizan en la construcción de modelos de simulación y son útiles para la gestión ambiental, ya que permiten visualizar aquellas variables sobre las cuales es factible ejercer acciones, así como detallar los criterios conceptuales sobre los cuales se basan las propuestas de acciones.

1.6.G Cuantificación de impactos ambientales de la vía sobre cada indicador y cuantificación del impacto total del proyecto sobre el medio.

Para esta calificación es necesario primero definir los indicadores ambientales. Los métodos más utilizados para la realización de la cuantificación y calificación de impactos son:

Método de Oferta – Demanda Ambiental: Es el conjunto de características y propiedades de nuestro entorno en un área determinada, independientemente de la vía que se piense desarrollar; es decir, es un área con sus restricciones, susceptibilidades y posibilidades desde el punto de vista ecológico, socioeconómico y cultural.

La demanda ambiental, por su parte, se puede definir como el conjunto de atributos y características de los proyectos de desarrollo que implican algún tipo de daño o deterioro al ambiente ecológico, social, económico y cultural; es decir, son las exigencias del proyecto.

Método de Calificación Cualitativa: Esta metodología utiliza dos matrices de identificación y un cuadro de evaluación de impactos. La primera matriz contiene en uno de sus ejes un listado de las diferentes actividades del proyecto durante las etapas de los estudios previos, es decir, construcción y operación; en el otro eje se relacionan los diferentes componentes en que está dividido el ambiente.

La segunda matriz es una expansión de la anterior, en la cual se incluye para cada componente del medio ambiente un listado específico de posibles consecuencias ocasionadas por las acciones del proyecto, y de indicadores ambientales que pueden ser modificados por éstas.

Estas dos matrices contienen en términos generales los siguientes puntos:

- Se subdividen las actividades del proyecto entre etapas: estudios previos, construcción y operación.
- Se considera el total de las actividades del proyecto y se clasifican de acuerdo a las etapas del proyecto del punto anterior.
- Se subdivide cada uno de los componentes ambientales en subcomponentes y algunos, como el Biótico por ejemplo, se subdivide en elementos.

La interacción de las acciones del proyecto con los diferentes componentes ambientales, sus consecuencias e indicadores, la realiza el grupo de profesionales especialistas de cada disciplina que participa en el estudio.

Para la calificación de los impactos identificados se utiliza la escala definida por el INDERENA, la cual se relaciona en la tabla 1.03

Esta matriz permite conocer en forma integral las interacciones existentes entre las diferentes acciones del proyecto en cada una de las etapas de su desarrollo, y los componentes ambientales.

En la tabla 1.04 se muestra un ejemplo de este método, el cual se basa en el informe ambiental para las obras de estabilización entre el PR95+800 y el PR96+200 de la vía Cauya – La Pintada, elaborado por la firma AQUATERRA, Ltda; y para el período de operación teniendo en cuenta sólo el efecto negativo.

Primero se deben definir las variables ambientales a tener en cuenta:

- 1. Horizonte:** Se pueden presentar tres posibilidades: (L) largo plazo, (M) mediano plazo y © corto plazo. Estas dan la idea del tiempo transcurrido entre la acción que tiene el Impacto Ambiental y la manifestación de esta sobre los factores del medio ambiente considerado.
- 2. Magnitud:** Se relaciona directamente con la intensidad del impacto ambiental. Puede ser (L) leve, (M) mediano y (F) fuerte.
- 3. Duración:** Da la idea del tiempo que el efecto ambiental va a permanecer en el entorno afectado, Esta se clasifica en dos categorías: (T) temporal, donde los efectos ambientales permanecen como máximo durante un año y (P) permanente, cuando la duración estimada supera el año.
- 4. Extensión:** Se refiere al área de influencia del proyecto y sus potenciales deterioros dentro de los límites espaciales. Existen tres categorías: (P) puntual, (M) mediano y (T) total, los cuales dan el alcance geográfico de los impactos ambientales del proyecto.
- 5. Reversibilidad:** Corresponde a la capacidad del entorno natural, afectado por el proyecto, de restituir las condiciones previas a los efectos ambientales a que ha sido expuesto. Se definen cuatro situaciones de reversibilidad de las condiciones naturales: (L) largo plazo, (M) mediano plazo, © corto plazo y la de Irrecuperable (I).

Método Matricial: Este método utiliza la misma matriz de identificación, calificando en cada caso la magnitud del impacto entre 1 y 10, siendo el valor de 1 para impactos de baja magnitud y el valor de 10 para impactos de alta magnitud. Se le coloca además el signo positivo si el impacto es benéfico y negativo si es adverso. Este valor se ubica en la margen superior izquierda del cuadro que intercepta la acción del proyecto con el indicador.

La importancia del impacto se califica de 1 a 10, siendo el primer valor indicativo de baja importancia y el segundo de alta. Este valor se coloca en el margen inferior derecho.

Terminada esta primera cuantificación se procede a multiplicar el valor de la magnitud del indicador con su signo, por el valor de importancia. La sumatoria de estos productos indica el impacto total del proyecto.

Los valores parciales de las ordenadas permiten identificar las acciones del proyecto que producen mayores impactos y los valores parciales de las abscisas indican qué elementos del ambiente son alterados con mayor intensidad por el proyecto.

Mediante este análisis se determinan las acciones del proyecto a las cuales se les deben identificar y diseñar medidas de mitigación.

Método de Calidad Ambiental Global: El procedimiento de cuantificación del impacto ambiental por este método, está basado en la identificación de una serie de indicadores ambientales o características del medio que permiten conocer con una adecuada exactitud la calidad del ambiente de acuerdo con una o varias acciones del proyecto. Estos indicadores se agrupan dentro de componentes y categorías más amplias con el fin de interpretar al medio ambiente en una forma completa y coherente. Para cada uno los escenarios que se deseen estudiar se califican ponderadamente los indicadores y se obtiene un valor que en relación con la mejor calidad ambiental posible, da un indicio de las condiciones del medio con y sin proyecto, y de esta manera permite cuantificar el impacto que se produce sobre el ambiente.

Esta metodología permite identificar los impactos más importantes dentro del contexto del proyecto en forma más equitativa, y define cuáles efectos deben mitigarse y cuáles acciones del proyecto originan los efectos más significativos.

Uno de los procedimientos más indicados para caracterizar los impactos es la aplicación de un test sobre cada uno de los efectos identificados en las etapas previas del estudio y para cada una de las actividades o acciones impactantes del proyecto.

Tabla 1.03 Variables para califica los impactos ambientales (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

Para obtener la importancia se califican ocho parámetros, para los cuales se sugieren como valores máximos en una escala de 100 puntos, los relacionados en la tabla 1.05, sugerida por Conesa (1995). En este al nivel (intensidad) y a la cobertura (extensión) de los potenciales daños como principales caracterizadores de los impactos; mientras que el momento de ocurrencia, recuperabilidad, evolución, relación de causalidad, duración y periodicidad de los mismos daños son determinantes para jerarquizar ambientalmente cada efecto y cada actividad del proyecto.

Tabla 1.04 Ejemplo del uso del método de calificación cualitativa. Evaluación de Impactos Obras de Estabilización Cauya - La Pintada. Fase de Operación (AQUATERRA, 2000).

En la tabla 1.06 se presenta un ejemplo de cuantificación de los impactos geambientales generados por una carretera en terreno montañoso.

1.6.H Identificación y especificación de las medidas de mitigación o planes de manejo. Diseño.

Los planes de manejo se especifican para las acciones del proyecto que tengan los impactos más significativos sobre el medio y para aquellos elementos del ambiente que son afectados en mayor forma por el mismo.

A continuación se enuncia el contenido de un plan de manejo ambiental para proyectos de mejoramiento vial según CORPOCALDES es como sigue:

- 1. Objetivos del estudio**
 - **Objetivo genral**
 - **Objetivos específicos**

- 1. Alcances**
- 2. Síntesis**
- 3. Introducción**
- 4. Manejo del medio Físico**
- 5. Manejo del medio Biótico**
- 6. Plan de gestión social**
 - 1. Programa de educación y capacitación al personal del proyecto**
- 7. Plan de seguimiento y monitoreo**
- 8. Plan de contingencia**
 - 1. Análisis de los riesgos ambientales**
- 9. Cronograma**
- 10. Presupuesto del Plan**
- 11. Anexos**

Otro modelo guía para estos planes de manejo ambiental seguir el siguiente derrotero:

- **Introducción**
- **Análisis de la situación**
- **Evaluación de la Situación**
- **Plan de actuaciones**
- **Estrategia adoptada**
- **Objetivos operacionales**
- **Ejecución y complementación**
- **Evaluación de costos y presupuesto**
- **Seguimiento y revisión del plan**
- **Resumen**
- **Anexos**

Tabla 1.05 Importancia de los impactos (Correal, 1996)

Tabla 1.06 Cuantificación de los impactos en carreteras montañosas (Correal, 1996).

Para considerar la implantación de la mitigación es necesario que después de identificadas y diseñada las medidas, se calcule nuevamente el impacto total del proyecto. Con este valor se determina la mejora de la calidad ambiental en el área de influencia producida por las medidas de mitigación y el verdadero impacto neto del proyecto.

1.6.I Evaluación de Costos.

Varían según la magnitud del proyecto y las características ambientales del área de influencia, pero pueden representar entre un 10% y un 20% del costo total del proyecto.

Los costos de evaluaciones de impacto ambiental en países que tienen información suficiente sobre las características de los diferentes ecosistemas naturales, sobre las condiciones climáticas e hidrológicas y sobre población e indicadores socioeconómicos, varían en 0.05% y 2% del costo total del proyecto.

En países como Colombia donde la información sobre estos mismos aspectos es deficiente, los costos de los estudios pueden ser mucho mayores siempre y cuando los estudios se realicen tal como se ha especificado a lo largo de este capítulo.

1.6.J Programa de Supervisión ambiental

El programa de Interventoría ambiental forma parte integral de los estudios ambientales durante la etapa de construcción. Si durante la implantación se requieren cambios en los diseños o en los alcances de las medidas de mitigación, la interventoría ambiental deberá supervisar los diseños respectivos y aprobarlos antes de su ejecución.

Pretende detectar e identificar las modificaciones de tipo ambiental no previstas, y poner en acción las acciones de control y corrección necesarias.

1.7 ALCANCE DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES SEGÚN LA LINEA BASE.

A continuación se describen en forma detallada los alcances de los estudios ambientales que deben realizarse en cada una de las etapas (prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción y operación), de un proyecto de carreteras, relacionadas con la línea Base.

El estudio realizado en cada etapa será el punto de partida para la siguiente fase, por lo tanto, los estudios deberán ser realizados en forma responsable por un grupo multidisciplinario de profesionales que complementa el equipo técnico del proyecto.

1.7.1 Prefactibilidad – Alcance

En esta etapa debe disponerse de una caracterización general sobre la disponibilidad y aprovechamiento de los recursos, teniendo en cuenta principalmente el recurso geosférico.

Aquí se analizan las alternativas de aprovechamiento más viables desde el punto de vista ambiental. La preselección incluirá anticipar y evaluar en nivel preliminar las consecuencias y efectos de las alternativas evaluadas en sus respectivas áreas de influencia.

En este punto se debe hacer un diseño preliminar de la red de monitoreo, identificando para tal fin los indicadores a usar. Al terminar esta etapa se deben tener identificadas las políticas de desarrollo de la región, sus áreas problema y los vacíos de información. Es bien importante conocer la opinión de la comunidad acerca de la obra.

Terminada la etapa de prefactibilidad, los resultados se reflejarán en un prediagnóstico tanto a nivel de corredores como de área, que debe incluir lo siguiente:

- Descripción del proyecto:**

Clasificación de la vía: nomenclatura, carretera, camino vecinal, tipo de terreno y tránsito proyectado.

Croquis de la vía, inventario con listados de abscisas y ubicación de obras; identificación de los sitios críticos, localización, nivel de construcción, obras de drenaje.

- **Una síntesis del diagnóstico ambiental que incluya una evaluación del sistema ambiental del área de estudio resultante del análisis de las relaciones entre los sistemas. Deben incluirse las propuestas de acción para los aspectos críticos, sectoriales y áreas problema indicando su prioridad.**
- **El conjunto de indicadores utilizados en la evaluación de alternativas, describiendo los criterios metodológicos de selección y aplicación.**
- **Las propuestas de alternativas de traza, disposición de estructuras y equipamiento, que se definirán como más favorables de acuerdo con las potencialidades y restricciones del medio.**
- **Identificación de las alternativas analizadas que impliquen un elevado riesgo ambiental.**

Esta etapa se lleva a cabo con información secundaria y complementada con trabajo de reconocimiento en campo. Los resultados de la misma deben representarse a escala 1:25.000

El alcance de los estudios de cada uno de los componentes ambientales es el siguiente:

1.7.2 Componente Geosférico

- **Topografía**
Determinar para cada alternativa de trazado el tipo de terreno; Porcentajes entre montañoso, ondulado y plano. Debe hacerse una descripción de las pendientes de la vía en todo su trayecto.
- **Geología, sismología**
Actividad de fallas, procesos de denudación. Elaborar mapas geológicos de toda el área del corredor a escala 1:25.000 identificando grandes fallas, posibles reservas minerales e hidrocarburos, problemas sísmicos.

El recorrido de campo debe hacerse en el corredor para el sitio de banca y sus alrededores, identificando los tipos de

inestabilidad y áreas donde se manifiestan procesos erosivos y de sedimentación.

- **Geotecnia**

Debe realizarse una zonificación general de estabilidad, ubicación y potencial de fuentes de materiales.

- **Suelos**

Identificar los tipos de suelo que se encuentren presentes en la zona afectada por el proyecto, su proporcionalidad y pendientes, así como determinar los usos actuales y potenciales. Esta debe representarse en escala 1:25.000.

Es necesario realizar ensayos de fertilidad, determinar espesor de la capa orgánica y estimar posible aporte de sedimentos.

Asegurar que en las alternativas estudiadas se incluyan franjas alrededor de bosques y cabeceras de los ríos.

1.7.1.2 Componente Atmosférico

- **Climatología.**

Con los datos de las estaciones meteorológicas dentro del corredor y cercanas a él, cuantificar en forma general la distribución espacial y temporal de la lluvia, temperatura, humedad relativa, brillo solar, dirección y velocidad del viento, evaporación y balance hídrico general, para realizar un análisis estadístico y poder complementar la serie, debe analizarse un período mínimo de 20 años. Los resultados de las isoyetas se deben presentar en mapas utilizando escalas de 1:25.000

- **Calidad del aire**

Deben identificarse las fuentes de contaminación atmosférica existentes en el corredor, se cuantifican la concentración de partículas y óxidos de azufre existentes.

1.7.1.3 Componente Hídrico

- **Número de cuerpos de agua.**

Identificar los diferentes cuerpos de agua, así como ubicar lagunas, ciénagas y otros cuerpos. Se presentará en escala 1:25.000.

- **Caudales**

Con base en la información hidrológica de los 20 años, determinar los caudales máximos y mínimos. La información debe ser procesada estadísticamente.

- **Calidad físico – química del agua.**

Efectuar análisis físico – químicos de las características del cuerpo de agua principal y de los afluentes que puedan estar dentro del área de influencia de la vía, empleando los indicadores respectivos, mencionados en el aparte 4 de este capítulo.

- **Usos del agua.**

Determinar los usos dados a los cuerpos de agua, tales como asimilación de residuos, consumo de agua, población usuaria, caudales captados, ubicación de las bocatomas, riego y consumo pecuario, etc. La información recopilada debe ser representada en mapas a escala 1:25.000.

1.7.1.4 Componente Biótico

- **Vegetación. Fauna.**

Deben elaborarse mapas de las principales unidades florísticas e identificar su composición en la zona de la vía que se va a construir, así como sus márgenes ya sean perennes o temporales. Estos se apoyan en los mapas de vegetación existentes, fotointerpretación, y de la información suministrada por los habitantes.

En el reconocimiento de campo debe identificarse toda la población vegetal, lo mismo que cuantificar la biomasa a remover por la construcción de la obra. Identificar zonas de reserva forestal y parques nacionales.

- **Ecosistemas**

Identificar y describir las principales interrelaciones bióticas del área de estudio, detectando posibles agentes naturales y antrópicos con efectos negativos o perturbadores.

1.7.1.5 Componentes Socio Económico y Cultural

Ubicar en mapas a escala 1:25.000 los asentamientos humanos existentes en el corredor principalmente en cabeceras municipales. Además debe determinarse la población urbana y rural, crecimiento y tenencia de la tierra, infraestructura de servicios y sistemas de comunicación.

En el área de la salud, cuantificar los hospitales y centros de salud.

Identificar las actividades económicas, asentamientos indígenas, zonas de recreación y aspectos culturales, incluyendo el patrimonio arqueológico e histórico de la región o regiones cercanas que pueden incluirse en el área de influencia del proyecto en estudio.

1.7.2 Factibilidad – Alcance

Tomando como base los estudios realizados en la etapa anterior, se deberán escoger las alternativas del proyecto más viables desde el punto de vista geológico y geoambiental (geocéntrico y ambiental), que hagan técnica y económicamente viable el proyecto en estudio.

Los objetivos específicos de esta etapa son:

- **Definir la oferta global del sistema ambiental y evaluar y sus potencialidades y restricciones.**
- **Garantizar la implantación de los requisitos ambientales al diseño de la ingeniería del proyecto de la obra principal y de las obras complementarias.**

Se pretende anticipar en forma preliminar los impactos de la obra y su operación sobre el ambiente y viceversa, analizando las medidas generales particulares de la prevención, corrección, compensación y mejoramiento del sistema ambiental, los procedimientos de control de su evolución que se desarrollarán en la etapa de diseño.

Se deben precisar las áreas de influencia y de afectación del aprovechamiento, además de estimar los costos y beneficios de la gestión ambiental, para ser tenidos en cuenta en el presupuesto y en la evaluación económico – financiera.

La información cartográfica proveniente de esta etapa se debe representar utilizando escala:1:5000

1.7.2.1 Componente Geosférico

- **Geología, geomorfología, geotecnia y sismología.**

La prospección debe ser semidetallada evaluando la estabilidad de taludes y laderas. Asimismo se debe hacer una zonificación semidetallada de estabilidad y una evaluación de fuentes de materiales.

Los aspectos geológicos y geomorfológicos estudiados se deben representar en mapas a escala 1:5.000.

- **Suelos**

Se representa en escala 1:5.000 el estudio más detallado sobre el tipo de suelos, composición química, su distribución y aptitud potencial para diferentes usos específicos y dinámica freática.

1.7.2.2 Componente Atmosférico

-

- **Climatología**

Diseñar una red de monitoreo y vigilancia climática que integrará el programa de monitoreo y vigilancia ambiental.

Debe profundizar el estudio en conocer mejor las variables climáticas que inciden directamente en las obras.

Estimar los costos para la implantación y puesta en marcha de la red de estaciones meteorológicas y del sistema de monitoreo climático.

1.7.2.3 Componente Hídrico

Se establece el número de cuencas hidrográficas y su orden, debe continuarse con la caracterización de los cuerpos de agua existentes que puedan estar dentro del área de influencia.

1.7.2.4 Componente Biótico

- **Vegetación**

Definir la biodiversidad y la importancia de los ecosistemas naturales afectados, para poner en marcha la estrategia para su preservación y manejo.

- **Fauna**

Determinar el número de especies por kilómetro cuadrado y avanzar en el conocimiento de la biodiversidad.

Es necesario que los biólogos desarrollen un seguimiento para identificar las posibilidades de aprovechamiento sostenido de las especies de importancia económica y la necesidad de preservación de aquellas de importancia ecológica y de control para los vectores o plagas.

- **Ictiofauna**

Realizar un inventario de las especies determinando si existen o no procesos migratorios. Adicionalmente se debe establecer la extracción económica que se haga del recurso pesquero, evaluando en forma preliminar el efecto en la explotación del recurso con la vía.

1.7.2.5 Componente Socio – económico y Cultural

La caracterización socio – económica no debe ser restringida a aquellos núcleos poblacionales próximos al corredor, sino que también deben considerarse áreas lejanas cuyo medio sea afectado con el proyecto. Debe tenerse en cuenta los siguientes puntos:

Usos del suelo, representado en escala 1:5.000.

Distribución y tamaño de los grupos poblacionales: localización, densidad y dispersión – concentración.

Vías de comunicación y otros servicios públicos.

Análisis demográfico: debe diseñarse un censo poblacional.

Aspectos especiales: nivel de salud, nivel educacional, características étnicas, empleo, patologías sociales.

También debe hacerse una prospección arqueológica detalla.

1.7.3 Diseño e ingeniería de detalle.

Se deben intensificar los trabajos de campo para generar información primaria ajustando los indicadores, estándares e índices seleccionados por el proyecto. Los resultados cartográficos provenientes de esta etapa deberán representarse a escala 1:2.000. En este punto se deben establecer programas y proyectos que permitan:

- **Profundizar el conocimiento del sistema ambiental.**
- **Implantar el programa de monitoreo y seguimiento, que se conformará con las redes sectoriales desarrolladas en las etapas anteriores.**
- **Determinar los costos y beneficios de la gestión ambiental con el fin de incluirlos en el presupuesto del proyecto.**
- **Proponer medidas de mitigación y diseñar un plan de contingencia.**
- **Diseñar un plan para definir las funciones del equipo técnico responsable de continuar la gestión ambiental durante la construcción y operación de la obra.**

Los programas que se deben adelantar como mínimo durante la etapa de diseño son:

Programas de subsistencia natural.

- **Programa de clima.**

Poner en marcha la red de monitoreo sectorial.

- **Programa de denudación, sedimentación y degradación de tierras.**

Llevar a cabo el monitoreo de los parámetros que cuantifican la denudación y la sedimentación.

Realizar el diseño del programa general de control y manejo de tierras, que incluya el ordenamiento del corredor y los cambios producidos en la morfología fluvial por el diseño de obras seleccionado.

- **Programa de calidad de agua.**

Evaluar los efectos sobre la calidad del agua, y proponer el plan sectorial de monitoreo y vigilancia a desarrollar en la etapa de construcción.

- **Programa del medio natural.**

Formular planes de manejo en función de los objetivos planteados en la etapa de factibilidad.

- **Programas del subsistema social.**

. Programa de comunicación social

Diseñar e implantar en función de los patrones culturales predominantes, una forma de comunicación entre y con la comunidad.

Identificar las necesidades de la comunidad y las acciones necesarias para satisfacerlas mediante una activa participación.

. Programa de promoción social.

Identificar, con la participación de la población involucrada, los efectos positivos y negativos que incidan directa o indirectamente en el medio social y en la calidad de vida.

. Programa de relocalización.

Definir las etapas del proceso de relocalización y diseñar las acciones y el cronograma de ejecución de cada una de las etapas; identificar los conflictos y tensiones sociales que se puedan presentar en las diferentes etapas del proceso de relocalización y proponer medidas preventivas. Igualmente definir las formas alternativas de relocalización (indemnización, traslado total o parcial, subsidios, asistencia técnica y financiera, etc.).

. Programa de calidad de vida y condiciones de trabajo en la obra.

Diseñar y formular propuestas para garantizar un elevado nivel de vida y de trabajo que comprenda la adecuada provisión y operación de alojamiento, comedores, instalaciones sanitarias, agua potable, etc.

- **Programa de salud**

Definir los servicios y prestaciones que se vayan a incorporar en la zona de obras, relocalizaciones y área de influencia, de acuerdo con los programas de atención médica y saneamiento.

- **Programa de patrimonio cultural**

Selección de sitios de interés que serán afectados por la construcción de la obra, e inicio de actividades intensivas en las mismas. Diseño de una guía de información básica del patrimonio cultural inventariado y de los alcances de las acciones propuestas de rescate y conservación para su difusión entre los contratistas.

- **Programa de monitoreo, vigilancia y control ambiental**

Implantar este programa realizando los ajustes de los indicadores necesarios para el monitoreo sistemático del área de afectación y diseñar la operación de las acciones de control ambiental.

1.7.4 Etapa de Construcción

Se deben poner en práctica los planes de manejo diseñados en la etapa anterior, dado que el mayor impacto ambiental que ocasiona una vía se genera durante su etapa de construcción.

Debe incluirse también un programa de supervisión ambiental que asegure el cumplimiento de las condiciones de preservación ambiental previstas en el diseño.

1.7.5 Etapa de operación y mantenimiento.

Durante la operación de la vía se debe ejercer un control ambiental de funcionamiento con el fin de minimizar los efectos adversos y optimizar los beneficios previstos con anterioridad. Con este control no sólo se logra un beneficio para el ambiente, sino que se asegura una mayor vida útil de la obra de ingeniería.

Esta descripción deberá ir acompañada de mapas, cuadros, diagramas, referencias, procedimientos y toda nota aclaratoria que sirva para determinar el grado de confiabilidad y profundidad de la misma.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE GEOTECNIA VIAL

2.1 INTRODUCCION

Una de las actividades de consultoría comúnmente realizadas es el estudio de proyectos lineales, tales como vías nuevas o rehabilitaciones de vías existentes, líneas férreas, conducciones de agua o hidrocarburos, etc. Una parte de estos estudios corresponde a la evaluación de laderas y taludes, la cual consiste en obtener toda la información posible sobre las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales que permiten realizar un diagnóstico de los problemas lo más preciso posible y un diseño efectivo de solución. Para el propósito de la investigación es necesario conocer cuáles son los parámetros básicos que afectan la estabilidad.

Existe una diferencia fundamental entre las estructuras individuales o en grupos y las obras de desarrollo lineal. Las primeras ocupan áreas limitadas, relativamente pequeñas; por lo tanto puede ejecutarse un programa de investigación geotécnica que permita obtener información detallada de las condiciones del subsuelo. En cambio, las segundas cubren áreas tan extensas que no siempre es posible realizar estudios detallados a lo largo de la ruta completa. El estudio geotécnico de estos sistemas debe basarse en una evaluación amplia, lo más completa posible, de las condiciones regionales, con investigaciones detalladas en sitios de estructuras importantes y en zonas de inestabilidad activa o potencial ineludibles.

El estudio geotécnico tiene como propósito determinar los parámetros de comportamiento geotécnico de los materiales comprometidos, analizar las condiciones de servicio a que sean sometidos y predecir su comportamiento; teniendo en cuenta las condiciones geológicas, hidrológicas y topográficas de la región.

Para realizar la evaluación de laderas involucradas en los proyectos lineales, actualmente se está utilizando la sectorización geotécnica y a partir de ésta se diseñan los taludes y se determinan las medidas necesarias que garantizan en el tiempo la estabilidad de las obras.

Desafortunadamente no es muy común que en los proyectos lineales se inviertan recursos en la investigación de los materiales de los cortes. Es frecuente que sólo se realice exploración profunda en sitios de obras de

concreto en puentes importantes. A veces, las condiciones adversas del terreno donde se planean desarrollar este tipo de proyectos, no permiten un reconocimiento de campo detallado con información suficiente, ya sea por las pendientes de las laderas, por la magnitud del proyecto, por la existencia de bosques o selvas que ocultan la información básica, etc.

Si se evaluarán los costos de la remoción de derrumbes que deben realizarse durante el mantenimiento de las vías, se justificaría ampliamente la inversión de tiempo y de recursos en la ejecución de sondeos profundos, para mejorar el conocimiento de las características geotécnicas de los materiales y su comportamiento al ser perturbados por una excavación.

2.2 ALCANCES

Se tendrán en cuenta las tres primeras fases de todo proyecto de gran envergadura, como son: Fase I Prefactibilidad, Fase II o Factibilidad y Fase III o Diseño.

Fase I o Prefactibilidad: Es la etapa donde se analizan desde el punto de vista técnico y económico diferentes alternativas de diseño. Se pretende elegir la alternativa que se acomoda a los objetivos planteados y definir la viabilidad del proyecto. La información existente es escasa. Se parte de información general presentada en escalas de 1:25000 a 1:10000.

Fase II o Factibilidad: Es la etapa donde se profundiza técnicamente en la alternativa elegida. Se obtiene información más detallada a partir del trabajo de campo. La información recuperada se presenta en escalas menores de 1:5000 y se definen procedimientos de diseño.

Fase III o Diseño: Se refina el diseño para construcción de cada una de las obras involucradas en el proyecto. La información se maneja en escalas de 1:2000 y se obtienen planos detallados.

Con la evaluación geotécnica de laderas se pretende involucrar actualmente, en principio, la utilización del sistema de información geográfica (S.I.G.) para la generación de modelos de zonificación, así como el uso de formatos para diligenciar en campo el levantamiento de laderas y sitios inestables.

2.3 METODOLOGIA

Para realizar la evaluación de laderas en proyectos lineales, se puede seguir un procedimiento como el descrito en la figura 2.01, donde se muestran las actividades y su interdependencia en el tiempo de ejecución, para cada fase del proyecto.

2.3.1 Etapa de prefactibilidad

A continuación se describe cada actividad a realizar en esta fase del proyecto:

2.3.1.1 Recopilación y análisis de la información existente.

Se utilizan como información primaria de referencia: estudios geológicos, estudios geotécnicos, fotografías aéreas, diseños geométricos, informes técnicos de proyectos similares, y toda aquella información que pueda ser utilizada por los ingenieros de diseño para ubicarse en la zona del proyecto.

Adicionalmente se consigue información de cartografía básica en forma de archivos digitales (Raster) con información sobre curvas de nivel, geología, geomorfología, litología, usos del suelo, precipitaciones, etc., necesarios para generar mapas temáticos del S.I.G.

2.3.1.2 Generación de modelos de zonificación geotécnica

En la actualidad y para proyectos de gran envergadura se ha implementado el uso de sistemas de información geográfica (S.I.G.) como una herramienta que facilita la captura, el procesamiento y el análisis de la información

georeferenciada. Información que servirá de apoyo a los estudios de alternativas y diseños definitivos.

A lo largo de la fase de Prefactibilidad se tiene como objetivo principal generar un mapa general de riesgo geotécnico a partir de la información en Formatos Raster. Con esta información se producen los mapas temáticos a escalas 1:25000 a 1:10000, para su aplicación concreta, como por ejemplo, en análisis de la susceptibilidad al deslizamiento.

Inicialmente se definen los factores que influyen en el deslizamiento. Estos son, en primer lugar, las características intrínsecas, como litología, tectónica, pendientes, geomorfología, precipitación media anual, usos del suelo. En segundo lugar, factores *disparadores* de fenómenos de estabilidad como los sismos representados en mapas de isoaceleración y lluvias intensas, representados en mapas de precipitación máxima diaria. Posteriormente con los mapas temáticos, se generan los modelos digitales del terreno (D.T.M.) para elaborar los mapas y determinar las áreas de influencia de cada elemento.

Posteriormente, se realiza una calificación de las propiedades consideradas, en función de la susceptibilidad al deslizamiento. Se elaboran mapas Raster (evaluación de las propiedades en celdas de 0.5m * 0.5m) con base en las calificaciones establecidas. Se superponen los diferentes mapas temáticos, procedimiento denominado *Algebra de Mapas*, donde se generan los modelos de zonificación geotécnica de las áreas involucradas.

En la figura 2.02 se presenta un ejemplo de los mapas temáticos obtenido para el Proyecto Carretera Santa Fé de Antioquía – Puerto Valdivia.

2.3.1.3 Definición de zona potencialmente inestables al deslizamiento

Al superponer los mapas temáticos obtenidos a partir del S.I.G. (mapas de rangos de pendientes, precipitación media y máxima, tipo de cobertura vegetal, unidades geomorfológicas, corredores de falla), se obtiene un mapa de susceptibilidad al deslizamiento.

En el anterior mapa se presenta la calificación de 1 a 5, de aquellas zonas donde se combinan los factores más favorables o desfavorables para que se generen deslizamientos.

Esta información es primordial para ubicar al diseñador en la zona de estudio, antes de realizar las labores de campo, para identificar de antemano las zonas críticas que deberán ser estudiadas.

2.3.1.4 Reconocimiento preliminar de campo.

En esta etapa no hay información detallada del trazado; solamente se tienen definidos corredores sobre planos en escala de 1:25000 o 1:10000 para las alternativas planteadas.

A partir del mapa donde se indican las zonas susceptibles al deslizamiento, se realiza un reconocimiento preliminar de campo para evaluar de una manera conceptual, desde el punto de vista geológico y geotécnico, cada alternativa posible. También se debe verificar que la información del mapa corresponda con lo observado en campo.

Es primordial analizar el tipo de material en los cortes, la litología, espesor de los suelos residuales, procesos erosivos en la zona, condiciones estructurales de la roca, los tratamientos necesarios para garantizar la estabilidad de las obras, sitios críticos que requieran diseños especiales, etc., e información adicional como las condiciones de fundación para las obras de concreto, existencia de zonas desfavorables para viabilidad técnica de las alternativas planteadas del trazado del proyecto en estudio, entre otras actividades.

2.3.1.5 Definición de zonas homogéneas y sitios críticos

Posteriormente al reconocimiento de campo y a la verificación de las zonas potencialmente inestables, se definen las zonas geotécnicamente homogéneas y los sitios críticos para cada alternativa planteada.

Una zona homogénea es aquella que pertenece a una misma unidad geomorfológica y que posee características similares, que generan un comportamiento semejante desde el punto de vista geotécnico. Dentro de estos aspectos, se deben incluir la composición geológica, la pendiente transversal, los usos del suelo, la morfoestructura, el clima, las obras requeridas, altura de los cortes y llenos, etc.

Se define como sitio crítico todos los lugares o sectores en que por las características que poseen, se prevé que requieran tratamiento y/o diseños especiales. Se incluyen situaciones como: procesos erosivos activos, cruces de depósitos de vertiente, cruces de zonas de empozamiento, cortes altos en suelos residuales o transportados, cortes en rocas fracturadas no competentes, zonas de terraplenes altos, etc. Se debe analizar su localización, importancia e incidencia en la estabilidad futura de las obras y definir con anterioridad los diseños especiales que se realizarán para garantizar la estabilidad.

De la evaluación geológica y geotécnica conceptual, se obtiene la información necesaria para tomar la decisión de cual alternativa planteada es la más viable desde el punto de vista técnico.

2.3.1.6 Elección de alternativa

La alternativa elegida será aquella que presente las mejores condiciones desde el punto de vista geológico y geoambiental (geotécnico y ambiental), que hagan factible técnica y económicamente el proyecto en estudio. Aunque en algunos casos prima el factor social en cuanto al bienestar de una comunidad y apartándose un poco de lo técnico.

2.3.1.7 Informe geológico – geotécnico.

En este informe se presenta el análisis de la información obtenida a través del trabajo realizado en campo y en oficina. Se presentan los mapas temáticos y el de susceptibilidad al deslizamiento; se analizan las zonas potencialmente inestables al deslizamiento y los sitios críticos. Se presenta una evaluación de toda la información obtenida para cada alternativa planteada.

2.3.2 Etapa de factibilidad

Una vez definida la alternativa más viable para el desarrollo del proyecto, se procede a realizar un estudio más detallado. En esta fase se requiere la toma de fotografías aéreas del corredor para obtener restituciones en escala

1:5000 a 1:2000. Con esta información se realiza el diseño geométrico, donde se obtiene información detallada sobre el trazado, permitiendo una ubicación más precisa en campo.

2.3.2.1 Reconocimiento detallado de campo

Teniendo una visión general del proyecto y de acuerdo con las condiciones de estabilidad que se observan en la ladera y los taludes, se realiza un levantamiento topográfico de campo detallado, recorriendo el eje del proyecto, observando los principales aspectos geológicos, geomorfológicas y geotécnicos del corredor.

Con el anterior levantamiento se determinan las zonas geotécnicamente homogéneas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar las condiciones geológicas de los terrenos involucrados en el proyecto. Se debe hacer especial énfasis en la definición e identificación de los sectores o zonas del corredor, que geológicamente presentan problemas de estabilidad activa o potencial, para la construcción y operación del proyecto.

Para realizar la evaluación geológica deben realizarse las siguientes actividades, en forma simultánea, recopilación y evaluación de la información geológica disponible, interpretación de las fotografías aéreas existentes (ver Capítulo III) para complementar la cartografía geológica de la zona, haciendo énfasis en la identificación y definición de las diferentes unidades litológicas de edad cuaternaria existentes, constituyentes importantes de los terrenos que la conforman, así también, los aspectos geomorfológicos característicos, relacionados con los procesos erosivos activos y potenciales en el área.

Durante la ejecución de esta actividad, se evalúan algunos cortes en carreteras, carretables y demás caminos que cruzan el alineamiento propuesto y zonas aledañas.

La información observada en campo se consigna en los formatos de campo Levantamiento de Laderas y Levantamiento de Deslizamientos (Formatos 1 y 2), en una forma práctica y rápida.

El formato para Levantamiento de Laderas se utiliza para describir las características que se observan en las laderas o los taludes del corredor del proyecto, incluyendo ya sea un levantamiento (topográfico, geológico, geotécnico y geomorfológico) puntual en algún sitio que tenga características importantes y diferentes a los sectores aledaños.

El formato para Levantamiento de Deslizamientos se utiliza para describir en forma detallada los procesos erosivos existentes en la zona del proyecto, que interfieran directamente sobre el trazado o que por sus condiciones podrían generar inestabilidades futuras sobre el corredor, los taludes de corte o las obras.

Es de gran importancia que el Ingeniero encargado de realizar estas actividades de campo, tenga gran conocimiento de los aspectos requeridos en los formatos y entienda la forma como la información debe ser registrada (para ello los formatos llevarán un instructivo de cómo deben ser diligenciados). De aquí surge la necesidad, de que el ingeniero geólogo y el geotecnista realicen esta actividad en equipo. Estos formatos se acompañan con esquemas en planta y secciones que indiquen claramente las características levantadas, con fotografías y observaciones importantes.

Por lo general, el reconocimiento geológico, se realiza en forma conjunta con la investigación geotécnica, si esta es realizada con anterioridad a todos los estudios, sería de gran utilidad en el refinamiento de los diseños y prever zonas críticas, así como definir posibles cambios en el trazado.

2.3.2.2 Identificación de zonas geotécnicamente homogéneas

Dentro de los objetivos de la aplicación de este sistema está la estructuración de una base de datos con la información básica obtenida en campo, como una herramienta que facilita la captura, el procesamiento y análisis de la información; el diseño de un modelo para la generación de mapas de riesgo geotécnico aplicado al área de impacto de las obras.

La herramienta fundamental para la generación de estos mapas es la información obtenida del levantamiento detallado de campo, de aquí la importancia de una buena recolección de información de campo en todas las áreas de estudio.

Sobre un archivo digitalizado con la información básica obtenida en la fase inicial de estudio con curvas de nivel, los usos del suelo, veredas, etc., se

generan bases de datos con la información que podría tener influencia en los deslizamientos.

Se generan mapas temáticos con información del levantamiento de campo obtenida en los formatos. Se generan mapas de las diferentes litologías, de los depósitos cuaternarios, de las fallas y los corredores de afectación de las rocas, de espesores de suelos residuales, de datos estructurales, de procesos erosivos, de usos reales del suelo, de pendientes locales, alturas de corte, etc.

Luego, se hace una calificación de las propiedades consideradas, en función de su susceptibilidad al deslizamiento. Se superponen los diferentes mapas temáticos, donde se generan los modelos de zonificación geotécnica de las áreas involucradas.

2.3.2.3 Sectorización de laderas

Con el modelo de zonificación geotécnica obtenido de la información real y detallada de campo, se define la sectorización de las laderas de acuerdo con la susceptibilidad potencial al deslizamiento.

Con esta sectorización se agrupa el trazado del proyecto con tramos de características geológicas y geotécnicas homogéneas, que simplificarán el proceso de diseño de taludes y la definición de las medidas generales para garantizar la estabilidad de las obras.

2.3.2.4 Definición de sitios críticos

Del mismo modelo de zonificación geotécnica, se obtienen aquellas zonas de alta susceptibilidad al deslizamiento para ser definidas como sitios críticos, Se incluyen: procesos erosivos activos, cruces de depósitos de vertiente, cruces de zonas de empozamiento, cortes altos de suelos residuales o transportados, cortes en rocas fracturadas no competentes, zonas con terraplenes de alturas considerables, etc.

Se analiza la localización, importancia e incidencia de los sitios críticos en la estabilidad futura de las obras y se definirán con anterioridad, los diseños especiales que se realizarán para garantizar la estabilidad. De la evaluación

geotécnica surge eventualmente la necesidad de realizar modificaciones al diseño geométrico que deberán confirmarse con nuevas visitas de campo.

2.3.2.5 Adopción de parámetros geotécnicos

Para realizar los análisis de estabilidad de los cortes generados con el trazado por los sitios críticos encontrados que afecten directa o indirectamente el eje, se deben definir los parámetros geotécnicos de los materiales involucrados.

Para la etapa de factibilidad de este tipo de proyecto, los parámetros de diseño serán obtenidos de ensayos realizados para otros proyectos sobre materiales similares, apoyados en la experiencia del diseñador. Para estos diseños es fundamental estimar los pesos unitarios, el ángulo de fricción interna y la cohesión de cada uno de los materiales involucrados de las obras.

2.3.2.6 Evaluación de la estabilidad

Para evaluar la estabilidad de las zonas de laderas y los sitios críticos definidos, se eligen algunos taludes de corte o de lleno típicos por tramo, de acuerdo a las condiciones definidas en cada uno para ser analizados y obtener información sobre el dimensionamiento y el tratamiento requerido por los taludes y sitios críticos.

Con estos análisis se pretende dimensionar los taludes y las bermas desde el punto de vista de inclinaciones y alturas, localizaciones y anchos, respectivamente. Con programas de computadora que existen en el medio, se obtienen factores de seguridad mínimos para las superficies de falla más críticas, ya sean circulares o planares, globales o superficiales.

2.3.2.7 Definición de procedimientos de estabilización

A cada sector homogéneo definido con la información obtenida hasta el momento, se le determinan de acuerdo a sus características geotécnicas, los procedimientos o tratamientos necesarios para garantizar la estabilidad de laderas y taludes en el tiempo.

2.3.2.8 Informe geológico y geotécnico

En el informe se debe exponer toda la información obtenida en campo y en oficina.

Se obtiene la cartografía geológica en planos con escalas que dependerán del tipo y la magnitud del proyecto. En este se encuentran las diferentes unidades litológicas, con datos estructurales y sistemas de fallas que pueden afectar el sector. Igualmente, se presenta la localización de los procesos erosivos y accidentes geológicos presentes, que puedan afectar la estabilidad de las obras.

Se presenta un análisis de la información que permitirá corroborar que la alternativa de trazado elegida es la más conveniente desde el punto de vista ambiental, técnico y económico.

2.3.3 Etapa de diseño

En esta etapa ya se tiene un conocimiento detallado del proyecto y se han realizado los ajustes del trazado necesarios. Para realizar los diseños de las variantes planteadas, puede ser necesario ejecutar trabajo de campo y recolectar nuevamente información geológica y geotécnica específica.

El objetivo de esta Fase es refinar el diseño geotécnico y obtener planos detallados a escalas 1:2000 y recomendaciones definitivas para la construcción.

2.3.3.1 Exploración de campo

Con el análisis de toda la información obtenida se definen los objetivos y tipo de exploración a ejecutar, profundidad y tipo de muestras a recuperar. Así, es posible conocer las condiciones, tipo y características geotécnicas de los materiales observados en superficie e involucrados en las excavaciones del proyecto.

Dentro de las posibilidades disponibles para explorar el subsuelo, se cuenta con métodos directos como perforaciones con taladro bien por rotación o percusión, penetración estándar, apiques, trincheras y taladros manuales, y métodos indirectos como ensayos geoelectrónicos y ensayos de refracción sísmica. Los anteriores ensayos se describen en forma más detallada en el Capítulo IV.

2.3.3.2 Ejecución de ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio permiten obtener los parámetros geotécnicos y evaluar las propiedades índices de los materiales encontrados. En las muestras recuperadas en las exploraciones se ordenan los ensayos tales como análisis granulométrico, límites de Atterberg, humedad natural, peso específico, peso unitario, compresión inconfiada, ensayos de corte directo, ensayos triaxiales, ensayos de permeabilidad, consolidación, etc. Los anteriores ensayos se describen en forma más detallada en el Capítulo IV.

2.3.3.3 Análisis de estabilidad. Taludes de suelo y roca.

Para evaluar el efecto de las excavaciones para la construcción de un proyecto lineal y diseñar las medidas correctivas de procesos erosivos existentes que afecten el trazado, se realizan análisis de estabilidad en suelo y/o roca.

La metodología a seguir incluye entre otras las siguientes actividades: de cada sector geotécnico definido, se eligen sitios considerados críticos ya sea por la altura de los cortes o llenos, por los tipos de materiales involucrados o por ser sitios con procesos erosivos cuyas condiciones

generarían problemas de estabilidad sobre las futuras obras. Se determina la geometría básica de acuerdo con los tipos de materiales encontrados.

Para estos análisis se dibujan secciones incluyendo los diferentes estratos de suelos, la posición del nivel freático y los parámetros geotécnicos.

2.3.3.3.1 Análisis de estabilidad en suelos

Se utilizan programas de computadora los cuales utilizan la técnica de generación aleatoria de múltiples superficies de falla circulares y planares partiendo de rangos dados donde se define el inicio y el fin de las superficies. Se define el factor de seguridad mínimo para la superficie de falla más crítica.

2.3.3.3.2 Análisis de estabilidad de taludes en roca

Igualmente, para aquellos taludes en roca, se realizan análisis con el fin de definir los tratamientos necesarios para garantizar la estabilidad de las obras. Para lo anterior, se realiza un proceso de selección de los taludes de estudio, similar al definido anteriormente. Como labor de campo se efectúa la recolección de datos estructurales que dan información sobre las características de fracturamiento del macizo rocoso. Luego se realiza un análisis estadístico para obtener las familias principales de fracturamiento con sus respectivos conos de confianza. Posteriormente, se define la geometría y los posibles modos de falla que se generan de acuerdo con la disposición de los cortes generados, y se hacen análisis de estabilidad.

De esta manera se encuentra el factor de seguridad mínimo para la falla en cuña de un talud en roca, y se dimensiona el soporte por pernos de roca, con la longitud y capacidad de soporte necesarias así como su ubicación en el talud.

2.3.3.3.4 Recomendaciones de estabilización.

Para cada sector se definen los diseños de taludes y los tratamientos necesarios para corregir y prevenir, durante la construcción y operación del proyecto, las zonas inestables.

En la tabla 2.01 se presenta una lista de los mecanismos de estabilización física y mecánica que puedan realizarse a un talud o una ladera. Se clasifican en diferentes categorías dependiendo de las soluciones planteadas, y generalmente se combinan diferentes mecanismos para garantizar la estabilidad de estos.

2.3.3.3.5 Informe geológico y geotécnico final

Se entrega un informe final con planos y esquemas detallados, donde se muestran los diseños de los cortes y los llenos y las recomendaciones para la construcción.

2.4 DEFICIENCIAS EN EL DISEÑO Y EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS QUE PRODUCEN DESLIZAMIENTOS

En el medio geotécnico del país se sabe que existen varios procedimientos corrientes en el diseño y la construcción de carreteras, que favorecen la ocurrencia de los movimientos en masa de los taludes de corte, y que, modificándolos y racionalizándolos pueden producir un impacto negativo mínimo y controlado sobre la naturaleza. La mayoría de éstos fueron descritos por MONTERO (1987).

Del proyecto de grado "Diseño vial" de Aya y Camargo (1989), se presenta a continuación un resumen de las deficiencias más notorias que dicho trabajo encontró en el su momento para el diseño y construcción de algunas carreteras colombianas revisadas:

2.4.1 Deficiencias en el diseño.

2.4.1.1 Estudios geológicos y geotécnicos

En general estos no alcanzan a cubrir en forma detallada los diferentes aspectos que señalan las normas vigentes. De acuerdo con ellas, los estudios de la Fase III deben analizar puntos específicos del terreno, lo cual rara vez se cumple, y más bien, en algunos casos de la Fase I se pasa directamente Fase III, y en otras la Fase III, no abarca la información necesaria para diseño.

Las columnas estratigráficas se definen de manera amplia y general, con frases como: " El espesor de suelo puede variar entre 3.0 m y 15.0 m", impidiendo así la determinación de los volúmenes de corte en roca y suelo con exactitud, y consecuentemente los costos estimados para la construcción.

Los taludes de los cortes en roca y en suelo, se diseñan de acuerdo con la experiencia que posea la compañía diseñadora sobre el particular. Este aspecto es crítico cuando se trata de diseñar taludes en roca dura, ya que se presume que ellas soportan taludes verticales, y aún negativos, sin tener en cuenta la determinación de las discontinuidades, la presencia de grietas y el tipo de relleno de las juntas, la posición especial de los planos estructurales y de estratificación, y consecuente, sin hacer un análisis de estabilidad de los bloques o cuñas que podrían deslizarse.

No se hace una zonificación adecuada del corredor de diseño, para establecer los terrenos más inestables y las medidas correctivas que correspondan eficientemente a los factores de mayor incidencia en su estabilidad. Actualmente se han realizado zonificaciones del corredor vial de excelente calidad dados los avances tecnológicos y los ingentes esfuerzos de las entidades estatales por el mejoramiento de los procesos de diseño de vías.

En las tablas 2.02 y 2.03 se presentan los pasos recomendados para la zonificación geotécnica y estabilidad de taludes en suelos y rocas.

Los sitios de botadero, a donde se deben llevar los materiales de desecho excavados durante la construcción, deberían seleccionarse y diseñarse de manera que garantice su estabilidad. No obstante esta selección y diseño se postergan para el momento de la construcción, adaptando generalmente sitios cercanos a la excavación, donde se producen daños importantes al ambiente. En los últimos años se ha establecido como requisito contar con los Estudios de Impacto Ambiental o Planes de Manejo Ambiental necesarios

para la construcción de carreteras, de acuerdo con las leyes vigentes en el país (Remítase al Capítulo I).

2.4.1.2 Estudios Hidrológicos y de drenaje.

Puesto que el agua lluvia es la causa principal inmediata de los deslizamientos que se producen en las carreteras, debería dársele gran importancia a los estudios hidrológicos, con el fin de predecir acertadamente las cantidades de agua que caerán sobre los taludes y llegarán a las corrientes de agua adyacentes, y para diseñar obras competentes de recolección y drenaje.

Sin embargo, se encuentra que los datos y las estaciones hidrológicas son insuficientes, por su calidad, variedad y número de años de registros. Por otra parte, los criterios y pautas utilizados durante el diseño no son plenamente justificados, recurriendo al empleo de métodos y fórmulas propuestas en otros países, para condiciones ambientales totalmente diferentes a las nuestras. Los resultados que se obtienen de esta forma están condicionados en gran medida por la experiencia del diseñador, y se evidencia la carencia de un manual donde se unifiquen los criterios para el diseño hidráulico de las obras viales.

Se han identificado dos deficiencias que inciden marcadamente en la inestabilidad de los taludes viales. La primera tiene que ver con el diseño de las obras de drenaje, el cual generalmente no se hace, pero en cambio se incluyen como ítems en los pasos que deben efectuarse durante la construcción, con el objeto de que la Interventoría pueda solucionar los problemas que se presenten. Esta falta hace que obras fundamentales para la estabilidad de los taludes de corte, como son las zanjas de coronación, generalmente no se construyan, ya que todos los recursos terminan siempre siendo orientados hacia la conclusión de las obras (estructura de pavimento), para facilitar la puesta en servicio de la vía a la mayor brevedad, aunque ésta deba cerrarse durante el primer invierno para corregir las inestabilidades producidas por las aguas no controladas.

La segunda deficiencia es la falta de diseño para los descoles de alcantarillas, de tal manera que las aguas captadas sean conducidas de forma controlada para los taludes hasta los cauces estables.

La experiencia del MOPT muestra que los descoles efectuados directamente sobre los taludes inferiores de las vías, desencadenan fenómenos de erosión que se tornan incontrolables rápidamente, tal es el caso de los sitios

conocidos como El Mirador, en la carretera Bogotá – Villavicencio, y la Siria, en el Km 14 de la vía Manizales - Pereira, (Beltrán, 1991).

2.4.1.3 Diseño geométrico.

Un análisis comparativo realizado en la Investigación de Deslizamientos de la Red Vial Nacional (Universidad Nacional de Colombia, 1989 –c), entre el diseño geométrico tradicional del MOPT, para un sector de la autopista Bogotá – Villavicencio, y el diseño vial hidráulico para el mismo sector, pero con dos calzadas a diferente nivel, mostró que los costos son similares, pero con una sensible disminución en el impacto ambiental en el segundo caso, dado que de esta manera los cortes son más bajos. No obstante, se considera necesario adoptar unas normas de diseño especiales para las carreteras que atraviesan la Zona Andina, que tengan en cuenta sus particularidades geológicas, topográficas, climáticas, dejando de lado las especificaciones establecidas en países desarrollados para terrenos planos.

2.4.1.4 Estudios de movimiento de tierra.

Estos estudios deben establecer los volúmenes de explanación, descapotés, cortes en roca y material común, terraplenes, préstamos, materiales de desecho, materiales probables de derrumbes, y deben suministrar recomendaciones sobre el empleo de explosivos y los métodos y maquinaria de excavación. Para ello se cuenta con el perfil del terreno y de la rasante, las secciones transversales, los espesores de las columnas estratigráficas, la descripción de los estratos y las recomendaciones geotécnicas.

En general, se le da una mayor importancia a las zonas de préstamo con relación a las zonas de botadero. En el primer caso se determinan las características, estableciendo la distancia de acarreo, mientras que en el segundo, no se localizan ni diseñan los sitios más adecuados. Generalmente se termina permitiendo el volteo sobre la ladera.

En la realidad tampoco se tienen en cuenta los métodos ni los equipos de excavación durante la ejecución de los movimientos de tierra; se suponen un procedimiento y equipo normalizados, únicamente con el fin de realizar el análisis de precios unitarios, establecer las especificaciones de construcción y calcular el presupuesto de la obra.

2.4.2 Deficiencias en la contratación.

Existen deficiencias notables en el diseño de carreteras, las cuales buena parte se explican por los relativamente bajos presupuestos asignados a los estudios, comparados con los de la construcción, que no permiten analizar en detalle los puntos críticos.

La construcción de una carretera requiere un proceso licitatorio y de adjudicación, el cual a veces se convierte en el punto de partida de grandes problemas, al entregar una obra al contratista que presente la propuesta más baja, quien corre el riesgo de no poder terminar la obra; o finalmente, caer en bancarrota cuando no pueda utilizar las debilidades de las normas constructivas o de los diseños deficientes para demandar el contrato, y en este caso, obtener grandes beneficios.

Los programas de trabajo se ven influenciados primordialmente por las cuantías de los desembolso hechos al contratista por la entidad, así como por las demoras en los pagos, que a veces sufren retrasos considerables, cuando se agota el presupuesto y se debe esperar la aprobación de adiciones.

Finalmente, la minimización de los costos de Interventoría ha llevado que ésta se ocupe primordialmente de medir cantidades de obra, con el objetivo de autorizar los pagos, y no a controlar y contribuir en la solución de problemas técnicos, trayendo como consecuencia la disminución de la calidad final de las obras. Actualmente se ha implementado el uso de los planes de calidad tanto para Contratistas como para Interventores, y finalmente es el Contratista el responsable directo de la calidad.

2.4.3 Deficiencias en la construcción.

En la construcción de carreteras en Colombia existen algunos procedimientos que son práctica común, y que tienen una enorme influencia en la estabilidad de los taludes. Aunque estas prácticas pueden economizar algunos recursos durante la construcción, producen grandes sobrecostos de mantenimiento de la vía.

Con mucha frecuencia se realizan extensos tramos de excavación, sin que al mismo tiempo se construyan las obras necesarias de drenaje y contención, quedando expuestos los materiales de los cortes y subsante a la erosión

producida por las aguas de escorrentía a infiltración. Esto se debe a que el constructor obtiene el mayor rendimiento de su maquinaria haciéndola trabajar constantemente, además de que en las carreteras de alta montaña el volumen de excavaciones resulta siempre elevado, incrementando considerablemente el valor de las actas mensuales de pago.

De otro lado, es práctica común durante la construcción de carreteras, que se abandone temporalmente la ejecución de las obras, ya sea por falta de recursos, o simplemente por descuido, quedando inconclusas y expuestas a su destrucción, causada por los deslizamientos.

Debido a que los sitios para la disposición de los desechos no se escogen en el diseño, se ha tomado la tendencia general de arrojar los sobrantes de la explanación en sitios cercanos a la excavación, sin someterlos previamente a algún tratamiento. Estos sitios de botadero son las laderas inferiores a la banca, donde, además de destruir la vegetación natural, se compromete su estabilidad, al producir sobrecargas concentradas que pueden activar deslizamientos antiguos, cuando se incrementan los esfuerzos de corte sobre los planos de debilidad. También se pueden presentar deslizamientos sobre el plano donde se encontraba la vegetación natural, pues ella y la materia orgánica se convierten en un plano de poca resistencia.

En cuanto al uso de explosivos, la práctica de su uso en carreteras no sigue las recomendaciones suministradas por las normas, en buena parte debido a la dificultad de obtener los explosivos que se emplean en otros países, tanto en calidad como en cantidad, optando por aplicar en general pocas cargas concentradas para remover grandes masas. La consecuencia desfavorable más importante de esta práctica es la fragmentación excesiva del talud de corte, convirtiendo inestable un material que sería estable si se hubieran empleado los procedimientos recomendados en la práctica sana de los explosivos.

En los últimos años en Colombia se ha implementado el sistema de Concesión para la construcción y mantenimiento de las carreteras, cual debería subsanar todo lo mencionado anteriormente.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE INVESTIGACION EN TALUDES

3.1 INTRODUCCION

La investigación de un deslizamiento consiste en obtener toda la información necesaria sobre las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales que permitan realizar un diagnóstico preciso de los problemas y un diseño efectivo de solución.

Para el cumplimiento de tal propósito de la investigación se hace necesario conocer cuáles son los parámetros básicos que afectan la estabilidad.

3.2 TIPOS DE PARAMETROS

En la tabla 3.01 se describen los parámetros con algunas de sus características más importantes.

3.2.1 Parámetros Geométricos

Pendiente

Curvatura

Largo – ancho

Area de infiltración arriba del talud

3.2.2 Parámetros Geológicos

Formación Geológica

Estructura y discontinuidades

Meteorización

3.2.3 Parámetros Hidrológicos e Hidrogeológicos

Características de las lluvias

Régimen de aguas subterráneas

3.2.4 Parámetros Geotécnicos

Resistencia al cortante

Permeabilidad

Sensitividad

Expansividad

Erodabilidad

3.2.5 Parámetros ambientales y antrópicos.

Evaporación

Fuerzas sísmicas

Vegetación

Modificaciones causadas por el hombre

3.3 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

Para hallar la causa y los mecanismos de falla y así cuantificar los parámetros que determinan la estabilidad de un talud, diagnosticar y diseñar las obras de estabilización se recomienda realizar un estudio que incluye las siguientes etapas:

- 1. Reconocimiento e identificación del sitio**
- 2. Análisis de la información existente de topografía, morfología, hidrología, geología, geotecnia.**
- 3. Estudio de las características superficiales del sitio que permitan la caracterización topográfica y geotécnica.**
- 4. Investigación de campo que incluye sondeos, toma de muestras y ensayos in situ para cuantificar los parámetros del suelo. Esta se describe en el Capítulo IV.**
- 5. Investigación de laboratorio. Esta se describe en el Capítulo IV.**
- 6. Análisis de la información obtenida, modelación matemática y diseño.**

La sociedad de deslizamientos del Japón (1996) propuso un diagrama de flujo el cual se presenta en la figura 3.01.

Para realizar eficientemente estos trabajos se requiere el concurso de un grupo interdisciplinario de profesionales como Ingenieros, Geotecnistas, Geólogos, Hidrólogos, Forestales, Topógrafos, Laboratoristas o Geotecnólogos y otros especialistas; quienes deben conformar un equipo de trabajo.

El trabajo de campo es el más costoso y el que mejor información puede proveer para un análisis detallado conjuntamente con el laboratorio. En contraste, el análisis de la información y modelación es más económico. En el caso de problemas de taludes, el problema de una teoría sin comprobación puede conducir a errores de análisis que conducen necesariamente, a la escogencia de soluciones equivocadas y en ocasiones a provocar deslizamientos mayores que el que se pretende estabilizar.

3.4 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

Los deslizamientos ocurren en sitios específicos bajo ciertas condiciones topográficas, geológicas, climáticas y ambientales. Por lo tanto, es importante utilizar la información existente, con el fin de

entender las propiedades topográficas, geológicas, geomorfológicas y geotécnicas (historia del problema, planos básicos, etc.) de los deslizamientos.

Para ello pueden seguirse los siguientes pasos:

3.4.1 Sensores Remotos.

Los sensores remotos permiten recoger información por medio de equipos que no están en contacto directo con el objeto de la investigación.

La representación pictórica del objeto sensado se denomina IMAGEN, la cual puede tener diferentes aspectos y escalas, denominándose como PRODUCTO.

Los sensores remotos más comunes son: las fotografías aéreas, las imágenes de satélite, y las imágenes de radar.

Cada sensor presenta sus propias características de toma y operabilidad. Así las fotografías son tomadas con cámaras convencionales en aviones, las imágenes de satélite utilizan un barredor multiespectral y las de radar son tomadas utilizando la técnica del sonar y operan durante el día y la noche y además con nubosidad.

Se pueden emplear fotografías aéreas en varias escalas para obtener información regional y local. Además se pueden tener en varias fechas, antes y después de la ocurrencia de los deslizamientos estudiados.

3.4.1.1 Fotografías aéreas

A parte de la información topográfica y geomorfológica, se pueden inferir la geología (tipo de roca, discontinuidades estructurales, localización de coluviones) y detalles de la historia del sitio tales como rellenos, cortes o deslizamientos antiguos. Otra utilización de las fotografías aéreas es la clasificación en áreas homogéneas; basados en la pendiente, material geológico, erosión e inestabilidad.

La interpretación de las fotografías aéreas está probado que es uno de los sistemas más efectivos para el reconocimiento y demarcación de deslizamientos. Ninguna otra técnica ofrece una vista tridimensional del terreno. Se estiman precisiones de más del 95% en la identificación de deslizamientos en los mapas a escala 1:5000 o menor. En la tabla 3.02 se presenta las escalas de las fotografías aéreas y su utilización.

Para el análisis de las fotografías aéreas se puede seguir el siguiente derrotero:

3.4.1.1.1 Expresión topográfica

Se debe estudiar la topografía en sí, las formas del terreno y los cambios de relieve. De este análisis se pueden separar los varios tipos de formas del terreno y se obtienen algunas claves tales como la naturaleza y estabilidad de los materiales que conforman una determinada topografía. La claridad de la información depende la hora de toma de las fotografías y en ocasiones se obtienen fotografías que hacen muy visibles los escarpes y discontinuidades topográficas.

Tabla 3.02 Escala de fotografías aéreas para diferentes niveles de estudio. (Suárez, 1998).

3.4.1.1.2 Sistemas de drenaje y erosión

La densidad y el sistema de los canales de drenajes naturales reflejan la naturaleza del suelo y la roca que conforman la superficie del terreno. En general un drenaje en forma de árbol, indica un material uniforme y zonas planas y un sistema de drenaje paralelo indica la presencia de

discontinuidades y pendientes fuertes. Los sistemas rectangulares son evidencia del control por parte de la roca subyacente y un sistema desordenado indica la presencia de coluviones y residuos superficiales.

Un sistema de drenaje en forma de hoja de árbol es común en zonas de erosión muy severa por la presencia de limos y suelos erosionables.

Las formas de la sección de los canales de drenaje o erosión también son muy útiles para detectar el tipo de material; un canal redondeado indica la presencia de arcillas, un canal en U indica limos y un o en V muestra la existencia de arenas y gravas.

3.4.1.1.3 Tonalidad del suelo

Los tonos grises son indicativos de la humedad del suelo, así un tono oscuro indica gran humedad, y otro claro indica poco contenido de agua.

En las fotografías aéreas se pueden identificar zonas de concentración de infiltración o afloramiento de agua por su coloración más oscura, debida a la vegetación verde y espesa y a la capacidad reflectiva del suelo húmedo.

3.4.1.2 Imágenes de Satélite

En ocasiones se ha intentado la identificación de deslizamientos utilizando imágenes de alta resolución (10m) pero se ha dificultado el análisis de deslizamientos de tamaños menores a 250 m y sólo ha sido posible realizar cierto tipo de análisis en deslizamientos de gran tamaño (más de 500 m; Oyagi, 1993).

La escala de estas imágenes puede variar entre 1:50.000 y 1: 1.000.000. Los satélites suministran información de varios tipos que van desde las cintas para su procesamiento y lograr los mapas o imágenes digitalizadas, presentadas en forma de:

- Imágenes multiespectrales en falso color y en blanco y negro en papel.**
- Positivos para proyecciones utilizando métodos de adición y sustracción.**

3.4.1.3 Imágenes de Radar.

Los equipos utilizados trabajan dentro del espectro electromagnético que va desde las ondas largas de radio hasta las cortas de los rayos gamma y las ondas de radiación cósmica.

Las imágenes de radar muestran una variada gama de productos que comprenden:

- Mosaicos ensamblados**
- Fajas con dos rangos para visión estereoscópica.**
- Productos a color.**

3.4.1.4 Usos y limitaciones

En nuestro medio especialmente los productos tienen aplicaciones a zonas restringidas; así para las zonas de baja nubosidad el producto más utilizado son las fotografías aéreas, pero también las de Landsat (satélite). Para climas tropicales húmedos el sensor más aconsejable es el Radar.

Las fotografías aéreas presentan serias limitaciones en zonas tropicales húmedas y con alta densidad o vegetación, ya que impiden el levantamiento geológico y geotécnico.

Las imágenes de satélite son productos excelentes para interpretaciones regionales, el uso se restringe a la fase de prefactibilidad y factibilidad de los proyectos. En zonas tropicales húmedas los costos se incrementan. En general las zonas selváticas onduladas no presentan buenos contrastes.

El radar es el sensor más utilizado para levantamientos en zonas con alta nubosidad o en levantamientos nocturnos. Debido a su poder de penetración se alcanza a intuir mejor la red de drenaje en zonas selváticas, y los cambios en las texturas pueden reflejar diferentes tipos de materiales.

Los productos de radar no se pueden utilizar con éxito en zonas de alta montaña ya que debido a la falta de reflexión del lado opuesto al levantamiento se presentarán abundantes sombras. Debido a las limitaciones de escala no son adecuados para la fase de diseño.

En muchas ocasiones, aún en fotografías de buena calidad se pueden dar interpretaciones erróneas, ya que no se pueden hacer observaciones

directas como fracturamiento de las rocas, también los lineamientos no siempre involucran una fractura.

3.4.1.5 Aplicaciones de los sensores remotos

Dentro de las aplicaciones más comunes en carreteras de los sensores remotos tenemos:

- Selección de corredores de ruta.
- Sectorización por zonas homogéneas.
- Análisis de estabilidad (geomorfología)
 - . Unidades Litológicas.
 - . Suelos Residuales.
 - . Suelos Transportados.
 - . Escarpes erosivos.
 - . Deslizamientos activos y potenciales.
 - . Presencia de fallas antiguas y activas.
- Dinámica de corrientes.
- Disposición de sobrantes.
- Fuentes de materiales.
- Zonas críticas para mantenimiento.

Para proyectos en su estado de prefactibilidad y factibilidad los sensores más utilizados son las imágenes de satélite.

En la cartografía geomorfológica (para la estabilidad) el sensor más utilizado lo constituyen las fotografías aéreas.

Con las fotografías aéreas especialmente de varias décadas se podrán seleccionar los sitios más adecuados para puentes y cruces de acueductos y oleoductos.

Las fuentes de materiales pueden ser identificadas con mayor facilidad usando fotografías aéreas.

3.4.2 Estudio de mapas.

3.4.2.1 Planos topográficos

La mayoría de los planos topográficos existentes presentan información de las condiciones generales del terreno, pero su escala no es la conveniente para el nivel de detalle necesario al estudiar un deslizamiento. Generalmente se requiere realizar planos topográficos específicos para el proyecto. Los Ortomapas dibujados directamente de las fotografías aéreas son de gran utilidad práctica.

En los planos topográficos con escalas adecuadas se pueden detectar deslizamientos utilizando el siguiente procedimiento:

La presencia de escarpes (líneas de nivel muy cercanas) que cambian de dirección y la presencia de esquemas no – simétricos de estas depresiones pueden corresponder a zonas de deslizamientos que han o están ocurriendo.

Líneas discontinuas o cambios de dirección bruscas de vías, líneas de transmisión eléctricas, de canales o cuerpos de agua pueden coincidir con deslizamientos activos.

En el plano topográfico se pueden identificar, además, los sitios de deslizamiento, canales de flujo o zonas de acumulación.

En estos se pueden conocer las pendientes, accidentes, sistemas de drenaje y geomorfología.

3.4.2.2 Mapas geológicos

Aunque el mapa geológico en sí no puede especificar la presencia de deslizamientos o los terrenos susceptibles a movimientos de talud, esta información puede deducirse por la estrecha relación que existe entre la geología y la inestabilidad de los taludes.

Generalmente un caso de deslizamiento no se presenta sólo, sino que es un evento dentro de una serie de estos eventos que han, están y ocurrirán en la misma formación geológica y topográfica.

Los geomorfólogos pueden dividir áreas regionales en unidades regionales dentro de las cuales el origen y caracterización de los materiales son similares y los suelos son aproximadamente los mismos, las formas del terreno son parecidas y el clima es idéntico. Dentro de cada zona definida con origen y caracterización de los materiales similares, y los suelos son

aproximadamente los mismos, formas del terreno parecidos y clima idéntico; ocurren generalmente los mismos tipos de deslizamientos y los mecanismos de falla de los taludes son muy similares.

Con los mapas geológicos se pueden obtener los parámetros geotécnicos básicos y con los topográficos se pueden conocer las pendientes, accidente, presencia de cambios de pendiente, sistemas de drenaje y geomorfología. Es importante obtener planos en escalas diferentes para determinar los elementos regionales y locales que pueden afectar el comportamiento geotécnico de los suelos.

Adicionalmente se debe consultar los planos, agrícolas, geomorfológicos, de lluvias, isotérmicos, etc., que se encuentren disponibles. Es importante obtener planos a escalas diferentes para determinar los elementos regionales que puedan afectar el comportamiento geotécnico de los suelos.

3.4.2.3 Mapas agrícolas.

Los estudios agrícolas presentan un concepto tridimensional sobre la extensión horizontal y el perfil vertical de cada unidad de suelo. Adicionalmente, se encuentran ensayos de composición química y PH que son de gran ayuda en la identificación del tipo de suelo presente en el sitio.

En algunos planos aparece la profundidad hasta la roca, distribución granulométrica.

3.4.2.4 Análisis de documentos y estudios anteriores

Se deben analizar los estudios geotécnicos de los sitios aledaños, sondeos, ensayos e información de anteriores deslizamientos. En áreas urbanas debe obtenerse la información de las redes de servicios existentes.

3.5 VISITA DE RECONOCIMIENTO

Previamente a la visita de campo se debe realizar el análisis general de la información existente y definir claramente el área de interés. El área a visitar debe incluir los taludes afectados o que se requiere analizar y las regiones adyacentes las cuales pueden contribuir a encontrar las causas de los movimientos.

Algunos deslizamientos pueden originarse en un sitio y trasladarse distancias importantes ladera abajo y se requiere analizar no solamente el área donde se producen, sino también las áreas que pueden ser afectadas.

El reconocimiento de campo ofrece una visión tridimensional y se puede obtener una cantidad muy grande de información. Se obtiene el tipo o clasificación de los movimientos, sistemas de agrietamiento, tipo de suelo, afloramientos de agua, etc.

Es recomendable examinar los patrones regionales y locales de la topografía para localizar elementos anormales tales como valles truncados, cambios bruscos de pendiente, vegetación o estructura de la superficie del terreno, etc.

El geólogo debe mapear y tomar información de las exposiciones de la roca, sistemas de drenaje de aguas superficiales, depósitos superficiales y estructura geológica. También debe ser cuidadosamente observado el agrietamiento de la superficie del terreno, depresiones, árboles inclinados, etc.

Luego de la visita de campo se deben volver a analizar y estudiar la información geológica y topográfica para organizar un programa de ensayos y estudios detallados.

Los sobrevuelos en helicópteros o aviones pequeños permiten tener una perspectiva global que es muy valiosa para entender las relaciones entre los deslizamientos y los materiales de roca y suelo, geomorfología, vegetación, aguas superficiales, etc. Algunos detalles como fallas geológicas son fácilmente detectables desde el aire.

3.6 ESTUDIO TOPOGRAFICO

La topografía de un sitio de deslizamiento produce información básica para el análisis de los movimientos. Se requiere un detalle topográfico para localizar muchos elementos críticos, los cuales pueden ser enmascarados por la vegetación y no detectados en las fotografías aéreas.

El levantamiento topográfico debe cumplir con los siguientes objetivos:

- 1. Establecer controles en tierra para el mapeo fotogramétrico y la instrumentación.**
- 2. Obtener detalles topográficos, especialmente, de aquellos factores ocultos por la vegetación.**
- 3. Determinar los perfiles topográficos para los análisis de estabilidad.**

4. Establecer un marco de referencia sobre el cual puedan compararse los movimientos futuros del terreno.

El primer requerimiento de un levantamiento topográfico es el establecimiento de un sistema de BMs, los cuales deben permanecer estables y sin moverse en el futuro, deben relacionarse con coordenadas oficiales.

Los mapas topográficos deben incluir la localización y representación, lo más precisa posible, de agrietamientos, levantamientos del terreno y afloramientos de agua. Adicionalmente a los nacimientos de agua, deben determinarse zonas de infiltración localizada.

Cuando los agrietamientos no son aparentes a simple vista, la detección de pequeños movimientos requiere de mucha experiencia en el manejo de la topografía. Es necesario identificar los cambios que ha sufrido la topografía con el tiempo, para lo cual es importante comparar la topografía con las fotografías aéreas del sitio y de las áreas vecinas tomadas antes y después de los deslizamientos.

Presentación de datos topográficos

Para deslizamientos grandes se pueden emplear planos en escala 1:5000 a 1:1000 y los detalles se pueden presentar en escalas 1:200 a 1:500.

Adicionalmente a las plantas debe entregarse los perfiles, de los cuales el más importante es el de la línea de máxima pendiente dentro del movimiento; estos perfiles deben incluir todos los detalles como cambios bruscos de nivel, vegetación, nacimientos de agua, posición de las grietas, etc. Se pueden también hacer planos de trayectorias de movimientos o de cambio de líneas de nivel.

3.7 INVESTIGACION GEOTECNICA DETALLADA

El área a investigar depende del tamaño del proyecto y de los factores geológicos y topográficos que han generado el movimiento; si es un movimiento potencial no desarrollado aún el área se puede determinar de antemano.

Por lo tanto para determinar el área a estudiar se debe tener en cuenta:

1. Los deslizamientos deben relacionarse con áreas estables a su alrededor.

2. Los deslizamientos son en general mucho más extensos de lo que se sospecha inicialmente.
3. El área a estudiar debe ser como mínimo el doble del área que se presume comprende el problema.
4. El área debe incluir las fuentes existentes de agua subterránea y superficial y las estructuras geológicas que pueden afectar la estabilidad.

La profundidad de la investigación es difícil de definir, los sondeos deben profundizarse hasta identificar los materiales estables por debajo de los movimientos potenciales o reales. El período de estudio debe incluir periodos secos y lluviosos y por lo menos debe tenerse información de un año de duración, aunque es muy común que los fenómenos climáticos críticos tengan un período de retorno de 10 a 20 años.

Para realizar un estudio detallado es recomendable el siguiente derrotero:

- **Recopilación y análisis de la información existente**

Se debe acopiar información en todos los aspectos, en especial geología, hidrogeología, geomorfología, agrología, hidrología, geotecnia, sismología, obras civiles, infraestructura de servicios, censos de población, etc.

En zonas donde hayan existido problemas con deslizamientos, el usual buen sentido común de los habitantes de la zona es una valiosa referencia para tener en cuenta.

- **Topografía**

Consiste en planos planimétricos con curvas de nivel y perfiles del talud.

- **Geología**

Determinación del tipo de formación, estructura y perfil de meteorización.

- **Exploración Geotécnica**

Con la información de los estudios básicos y con la delimitación de zonas homogéneas de susceptibilidad al deslizamiento y la evaluación preliminar de los movimientos, se complementa esta actividad.

Se ejecutan principalmente ensayos geofísicos y exploraciones directas simple (apiques, tricheras, barrenos manuales y sondeos a percusión o cono).

- **Agua subterránea**

Comprende los niveles piezométricos dentro del talud, las variaciones de estos niveles, las indicaciones exteriores de agua, química del agua, etc.

- **Clima**

Debe tenerse en cuenta la precipitación, temperatura y los cambios barométricos, así como la intensidad, horario y dirección de los rayos solares sobre el talud.

- **Sismicidad y vibraciones**

Incluye la aceleración de diseño y la posibilidad de ocurrencia de estos fenómenos, así como la vibración de máquinas, tránsito de vehículos, etc.

- **Historia de deslizamientos en la zona**

Procesos naturales, erosión, evidencia de movimientos en el pasado y la influencia de la actividad humana como son los cortes, rellenos, cambios en el agua, superficie, construcción de represa (generan infiltración en el terreno ocasionando sobre presiones en la masa de suelo o roca), etc.

- **Caracterización de movimientos**

Clasificación, estudio de las propiedades de los materiales, resistencia, permeabilidad, determinación de la superficie de falla, etc.

3.7.1 Descripción de suelos y rocas

La buena descripción de los suelos y rocas presentes es uno de los factores más importantes para una buena investigación. Desafortunadamente existen diferentes esquemas de descripción que varían no solamente en términos utilizados sino también en la definición de cada uno de ellos.

La descripción de los materiales debe incluir:

- **Color**
- **Tamaño de granos y otros detalles de la textura.**
- **Grado de descomposición,**
- **Grado de desintegración (Microfracturación).**
- **Resistencia**
- **Nombre del suelo o roca**
- **Tamaño, angulosidad, porcentaje y distribución de las partículas más duras**
- **Espaciamiento y naturaleza de las discontinuidades**
- **Estructura geológica, etc.**

Una gran variedad de ensayos pueden utilizarse para ayudar a la caracterización de los materiales como son: penetrómetro manual, veleta, martillo de Schmidt, etc.

Es de gran importancia en rocas y suelos, realizar la caracterización de los sistemas de juntas. Esta debe incluir el rumbo, dirección y ángulo de buzamiento, espaciamiento de las juntas, tipo y características del material llenante de la junta y características de la roca a lado y lado de la junta.

3.7.2 Geología

3.7.2.1 Mapas geológicos

El propósito de estos es documentar las características de la superficie del terreno para poder proyectar las condiciones del subsuelo. En el caso de deslizamientos los mapas deben mostrar las características del material en la superficie del terreno y determinar claramente si se trata de roca sana o meteorizada, suelo residual coluviones o aluviones. Además de la litología se deben presentar los detalles de la estructura y las características del drenaje superficial y subterráneo.

3.7.2.2 Detalles de los deslizamientos

Los bordes del deslizamiento pueden ser una serie de agrietamientos subparalelos y levantamientos que marcan una zona de corte y con el tiempo las grietas y levantamientos pueden generar una sola grieta continua. Se deben utilizar convenciones y símbolos geológicos aceptados internacionalmente, para permitir el análisis de los mapas de deslizamientos por otros profesionales. (Figura 3.02).

Figura 3.02 Símbolos de deslizamientos utilizados para mapeo. (Brundsdén y otros, 1975)

3.7.3 La investigación de los suelos residuales

El estudio de deslizamientos en suelos residuales es mucho más complejo que en materiales aluviales. La presencia de diversos materiales dificulta el análisis y deben tenerse en cuenta los siguientes elementos (Cook, 1988):

3.7.3.1 Composición.

Los componentes de la masa de suelo deben ser identificados e investigados de una forma sistemática. Esto puede lograrse mediante la construcción de perfiles de suelo o secciones.

3.7.3.2 Estructura

La descripción de la estructura geológica debe incluir todas las fronteras que existan y las discontinuidades, así sean heredadas, planos de estratificación, superficies de falla, foliaciones, etc.; estas deben ser descritas en forma detallada.

3.7.3.3 Comportamiento

Debe definirse con respecto al efecto de las condiciones naturales o impuestas, las cuales pueden incluir estructuras de ingeniería, cortes, taludes naturales, erosión y ensayos de campo.

Los ensayos de campo deben ser en gran número, en forma tal que permitan su realización en materiales de características muy heterogéneas. Los ensayos recomendados son: ensayo de penetración estándar, veleta de campo y penetración de cono.

La ejecución de los trabajos de campo y ensayos debe incluir la ejecución de apiques manuales que permitan describir la fábrica y estructura de perfiles de suelos y la recuperación de muestras alteradas.

3.8 INSTRUMENTACION

La utilidad de la instrumentación de campo radica en la posibilidad de poder obtener información del comportamiento del talud a lo largo de períodos de tiempo y el poder medir ciertos parámetros geotécnicos.

El primer paso para la planeación de un programa de instrumentación es el determinar:

- Qué tipos de mediciones se requieren
- Seleccionar el tipo específico de instrumento que mejor se adapta a las necesidades del talud estudiado.
- Planear la localización, número y profundidad de la instrumentación.
- Escoger la metodología de lectura de las mediciones.
- Decisiones sobre el manejo y presentación de los datos obtenidos.

Inicialmente se requiere haber estudiado las causas del deslizamiento y los límites probables del movimiento en cuanto a profundidad y extensión en planta. Adicionalmente, se requiere conocer la geología, sistema de lluvias, etc.

Previamente a la instalación de instrumentos se deben haber planteado los probables mecanismos de falla y lo que se pretende es corroborar la validez o no de las teorías propuestas y la cuantificación de ciertos parámetros y procesos.

Las situaciones típicas en las que se requiere instrumentación son:

- Determinación de la profundidad y forma de la superficie de falla en un deslizamiento activo.
- Determinación de los movimientos laterales y verticales dentro de la masa deslizada.
- Determinación de la rata de deslizamiento y establecimiento de mecanismos de alarma.
- Monitoreo de la actividad de cortes naturales e identificación de los efectos de una determinada construcción.
- Monitoreo de los niveles de agua subterránea o presiones de poro y su correlación con la actividad del deslizamiento.
- Colocación de medidores y comunicación a un sistema de alarma.

- **Monitoreo y evaluación de la efectividad de diferentes sistemas de estabilización o control.**

Los equipos más empleados para el efecto de realizar la instrumentación son:

- **Equipos convencionales de topografía**
- **Medidor superficial de inclinación**
- **GPS diferencial**
- **Extensómetros horizontales**
- **Extensómetros verticales**
- **Medidor de agrietamientos**
- **Medidor de verticalidad**
- **Detector de movimientos**
- **Inclinómetros**
- **Piezómetros**
- **Freatímetros.**
- **Sistemas de alarma.**

CAPITULO IV

METODOS DE INVESTIGACION GEOTECNICA

4.1 INTRODUCCION

Para el proyecto de construcción de una carretera, es necesario el conocimiento previo de las características generales de los suelos y sobre todo de la magnitud de los parámetros que puedan ser utilizados en el diseño de las diferentes estructuras de cimentación y/o contención así como para la estabilidad de taludes. Comúnmente este conocimiento se ha obtenido, mediante la realización de un programa de exploración y toma de muestras representativas que posteriormente son ensayadas en el laboratorio.

Independiente del número, profundidad y localización de las perforaciones que se realicen para el proyecto, cierta cantidad de incertidumbre de conjetura y especulación sobre los detalles del subsuelo no puede ser evitada. Por lo cual los profesionales comprometidos deben tener el conocimiento adecuado de los factores que puedan afectar el diseño y las técnicas constructivas.

La cantidad de perforaciones y su profundidad, lo mismo que la frecuencia y calidad del muestreo dependen de la magnitud y de la etapa del proyecto.

En el gráfico 4.01 se muestran los procedimientos generales recomendados para investigar los tipos de problemas a resolver en una carretera.

El área a investigar depende del tamaño del proyecto y de la extensión de los factores geológicos y topográficos que afectan cada tipo de inestabilidad o sector de fundación de las estructuras de contención o cruce de aguas.

Así también la profundidad de la investigación es difícil de definir, los sondeos deben profundizarse hasta identificar los materiales estables por debajo de los movimientos reales o potenciales.

El período de estudio debe incluir períodos lluviosos y secos y por lo menos debe tenerse información de un (1) año de duración, aunque es común que los fenómenos climáticos críticos tarden de 10 a 20 años en reproducirse.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LAS INVESTIGACIONES DE INESTABILIDADES

- 1. Determinar la extensión, espesor, buzamiento y secuencia de cada estrato; Descripción y clasificación en el laboratorio de los materiales constituyentes.**
- 2. Profundidad al macizo rocoso, describiendo las características de la roca.**
- 3. Profundidad del NAF y su probable rango de variación estacional. Además se puede determinar la calidad del agua existente.**
- 4. Descripción de la estructura y características geológicas de los estratos duros tales como fallas, sistemas de diaclasas, etc.**
- 5. Inspección en el laboratorio de las muestras inalteradas con el fin de detectar los posibles planos de debilidad, sistemas de fisuramiento, etc.**
- 6. Análisis de las correlaciones probables de los parámetros con otras propiedades tales como relación de vacíos, grado de saturación, fracción de arcilla y humedad natural.**
- 7. Determinación cuidadosa, a un grado compatible con el nivel de riesgo del problema, de los parámetros de resistencia totales y efectivos, utilizando para ello muestras inalteradas representativas.**
- 8. Análisis de las probables variaciones de los parámetros con propiedades que identifiquen cada estrato particular del subsuelo, tales como límite líquido e índice plástico.**

El riesgo se define como el grado de pérdidas (de vidas, personas lesionadas, daños a propiedades e interrupción de la actividad económica) esperado debido a la ocurrencia de un fenómeno de magnitud determinada.

Matemáticamente se puede expresar como el producto entre la amenaza (probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructivo) y la vulnerabilidad (grado de daño sobre uno o varios elementos bajo riesgo).

En la tabla 4.01 se resumen las recomendaciones generales para la realización de investigaciones detalladas de problemas de estabilidad de laderas.

4.3 SONDEOS GEOTECNICOS

La exploración subsuperficial incluye sondeos, ensayos de campo y ensayos geofísicos. La investigación debe planearse de la siguiente forma:

- a. Definir con anticipación la geología del terreno para poder determinar el tipo y característica de la investigación.**
- b. Determinar los sistemas de investigación subsuperficial.**
- c. Determinar la localización, espaciamiento y profundidad de los sondeos.**
- d. Determinar la frecuencia y el tipo de muestras.**

Los objetivos generales de los sondeos son:

- 1. Identificar y caracterizar las formaciones más débiles que pueden afectar el movimiento.**
- 2. Identificar las formaciones más resistentes que pueden limitar la extensión de la zona de falla.**
- 3. Localizar los niveles de agua subterránea, presiones y características de ésta.**
- 4. Identificar la distribución subsuperficial de los materiales.**
- 5. Cuantificar las propiedades físicas de los materiales (humedad, gradación, plasticidad, resistencia al corte, etc.) para emplearlos luego en el análisis de estabilidad.**
- 6. Realizar ensayos de campo como veleta, cono de penetración, etc.**

El espaciamiento de los sondeos depende del tamaño y características del movimiento. Para zonas donde se tiene dudas sobre la ocurrencia de deslizamientos se puede utilizar el método de cuadrículas de sondeos, donde ya ocurrió el deslizamiento los sondeos deben hacerse tanto dentro y como fuera del movimiento.

Tabla 4.02 Métodos de sondeo (Deslizamientos y estabilidad de taludes

en zonas tropicales. J. Suárez D.).

La metodología más conveniente depende del tipo de investigación que se va a iniciar, de las características del subsuelo, de la magnitud del proyecto, y de las facilidades de acceso al sitio.

Estos métodos se pueden reunir en dos categorías: las exploraciones que permiten la inspección del subsuelo (los más comunes son: apiques, trincheras y pozos), y las perforaciones que no lo permiten (barrenos manuales y perforaciones). La [tabla 4.03](#) complementa algunos de los métodos descritos en la [tabla 4.02](#).

4.3.1 Exploraciones que permiten la inspección directa del subsuelo.

Los tipos más comunes son apiques, trincheras, pozos revestidos y galerías, cuyas dimensiones deben ser lo suficientemente amplias que permitan tomar muestras inalteradas (labradas o de tubo), sin dificultad para el personal. De estas exploraciones deben elaborarse los registros de una manera concienzuda teniendo en cuenta la siguiente información: naturaleza y espesor de las capas, densidad relativa, buzamiento de los estratos o láminas, grietas, condiciones de humedad del material, consistencia del material en cuanto a dureza, claridad sobre si es lleno o es suelo natural, tipo de suelo como ceniza o residual, si es esquisto, presencia de gravas, cuarzos, posición del NAF, etc.

De estas exploraciones se pueden tomar muestras para realizar ensayos de laboratorio tanto alteradas como inalteradas.

4.3.1.1 Los apiques manuales: pueden ser rectangulares o circulares. La altura de excavación sin protección lateral es variable dependiendo del tipo de suelo y de las condiciones de humedad.

4.3.1.2 Las trincheras: son utilizadas particularmente si el subsuelo por su textura y firmeza, no requiere soporte de las paredes o si se prevé que la profundidad a la roca descompuesta será reducida.

4.3.1.3 Los pozos revestidos: ofrecen mayores ventajas, pues la profundidad alcanzada sin mayores riesgos es mucho mayor, ofreciendo más seguridad al personal que labora en ellas, también puede formar parte de estructuras permanentes como caissons, si su revestimiento es de concreto, presenta la desventaja de poseer elevados costos y menor ritmo de excavación en comparación con los apiques.

4.3.1.4 Las galerías y túneles de inspección: son de gran utilidad en los casos de drenajes de ladera.

4.3.2 Exploraciones que no permiten la inspección directa del subsuelo

4.3.2.1 En la realización de los barrenos manuales, los materiales recobrados del fondo constituyen muestras altamente alteradas (AQUATERRA, 1991).

De estos se tienen varios tipos siendo el más utilizado el tipo "Iwan" (gráfico 4.02), es empleado básicamente en perforaciones de poca profundidad dependiendo de la dureza del suelo.

Los barrenos tipo helicoides producen distorsión longitudinal de las muestras recobradas, lo cual hace impreciso la determinación de los espesores de cada estrato.

Si es necesaria la toma de muestras inalteradas, el barreno manual debe ser ayudado por otras herramientas especiales para ello, como son los tubos chelvy los cuales se acoplan al varillaje del equipo de sondeo y se hincan por medio de una masa, la que se deja caer libremente sobre el tubo.

4.3.2.2 Las perforaciones con máquina pueden ser del tipo rotatorio y de lavado, para la utilización de uno de estos tipos debe tenerse muy en cuenta entre otras la facilidad del transporte, acceso al sitio, instalaciones de los equipos, la calidad de las muestras requeridas, etc.

Las perforaciones por percusión y lavado se llevan a cabo con taladros sencillos que no poseen mecanismos de rotación ni que permiten ejercer presión hacia abajo con las varillas de perforación, por tanto el varillaje provisto de una cruceta, se alza y se deja caer repetidamente en la perforación rotándolo levemente, mediante llaves de tubería. Al mismo tiempo el agua bombeada a través del varillaje sale por los orificios de las crucetas, y emerge a la superficie llevando los en suspensión los materiales removidos del fondo.

Los taladros rotatorios están provistos de mecanismos que permiten rotar y ejercer presión hacia abajo con el varillaje. Por consiguiente, las labores de perforación propiamente dicha y de muestreo se agilizan y simplifican.

Al momento de realizar los sondeos debe tomarse atenta nota sobre algunos aspectos que serán de gran utilidad para el análisis de los materiales, como son:

- a. La rata de avance de la perforación y el cambio de presión requerida, pueden ayudar a identificar los cambios de estrato.
- b. Las pérdidas o ganancias de agua permiten definir presiones piezométricas y el flujo a través de las capas investigadas.
- c. La medida del nivel freático al final de un día e inicio del siguiente, permite cuantificar las permeabilidades e identificar las tablas de agua estáticas.

4.3.3 Perfiles de los sondeos

Se pueden realizar perfiles de sondeo por medio de la descripción de las muestras obtenidas o utilizando equipos que miden las propiedades del suelo o roca, directamente en el sondeo, así mismo como de penetración estática o dinámica, mediante observación, utilizando cámaras o mediante ensayos de resistividad eléctrica, radiación, densidad por absorción nuclear, etc.

El perfil del sondeo puede ser un gráfico, de cada propiedad como función de la profundidad.

4.4 METODOS GEOFISICOS

Los ensayos geofísicos son generalmente, la forma más rápida y económica de obtener información sobre las características de los perfiles del subsuelo en áreas relativamente grandes, estas técnicas no reemplazan los sondeos y deben ser utilizados con un control de campo muy estricto.

Los ensayos geofísicos dependen de las relaciones de las condiciones del suelo con otras características físicas y se requiere de un experto geofísico para su interpretación,

Estos serán descritos con mayor detenimiento más adelante.

4.5 MUESTREO

Existe una gran cantidad de sistemas de muestreo, los cuales se pueden investigar en diferentes publicaciones(Hvrolev, 1949; ASTM, 1951; USBR, 1974; Broms, 1980; NAVFAC, 1982, Hunt, 1984).

De los sondeos se pueden obtener 2 tipos generales de muestras:

- a. Muestras alteradas

Son utilizadas para ensayos de clasificación de los suelos. Estas muestras se pueden obtener empleando muestreador de tubo partido.

b. Muestras inalteradas

A pesar de que la muestra totalmente inalterada no es posible obtenerla, existen métodos para minimizar el grado de alteración. Las condiciones para que una muestra representativa de un material refleje exactamente las características del suelo en sitio y se puede llamar "inalterada", son varias. Tal vez la más utilizada es que la estructura de los especímenes y la posición de cada una de sus partículas continúen siendo idénticas a las de la masa, o sea que las condiciones de la relación de vacío y la humedad sean las mismas del suelo in - situ.

Estas muestras "inalteradas" se utilizan para realizar ensayos de Resistencia y Compresibilidad y para determinar las propiedades de los suelos. Las muestras "inalteradas" se obtienen generalmente, en forma manual en un apique (gráfico 4.02A), o en un sondeo con tubo de pared delgada, y ellos deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1. No deben contener distorsión visible de la estratificación.**
- 2. La longitud de la muestra recuperada no debe ser menor del 95% de la longitud muestreada.**

La distorsión anular del área de la sección del muestreador debe ser menor del 15% del área total del muestreado.

Para la recuperación de muestras labradas en cubos o bloques se requiere de buena habilidad manual y de extremos cuidados durante el labrado, empaque, almacenamiento y transporte de los bloques.

La obtención de muestras inalteradas en suelos granulares no es factible en la práctica.

Aunque los códigos permiten tomar muestras a intervalos de uno o dos metros en un sondeo, para el caso de deslizamientos, se recomienda tomar muestras continuamente.

El muestreo manual en apique genera muestras de buen tamaño y alta calidad y es especialmente recomendado en suelos residuales tropicales (Geological Society of London, 1990).

El tamaño de las muestras debe ser de un ancho de al menos 6 veces el tamaño máximo de la partícula, pero generalmente no son mayores de 200 milímetros, ya que los bloques muy grandes son pesados para transportar sin riesgo de daño.

Las muestras de roca se obtienen utilizando muestreadores de núcleo, el cual consiste en un anillo hueco con dientes cortantes, usualmente de Tungsteno o Diamante, diseñados para fragmentar el área anular, perimetral a la circunferencia del hueco. El núcleo central cortado puede ser recuperado periódicamente.

Deere (1963) definió un método estándar para describir la calidad de la roca, llamado RQD, el cual calcula la suma de las longitudes de roca, de más de 10 cm de longitud, divididos por el total de la roca perforada.

La calidad de recuperación de los núcleos depende de la velocidad de operación, la presión, la rata de avance, el tipo de barreno, etc.

La calidad de las muestras es un factor muy importante para que los resultados de los ensayos sean confiables. Sin embargo, en algunos tipos de investigación se pueden obtener muestras de baja calidad para obtener información general de los perfiles del suelo. La oficina de Control Geotécnico de Hong Kong (1984), presentó una tabla que permite definir la calidad de la muestra. De acuerdo al sistema de muestreo y las propiedades del material que se requieren (Tabla 4.04).

Empaque, Almacenamiento, Cuidado y Transporte de las Muestras.

Todas las muestras tanto alteradas como inalteradas, irán debidamente identificadas con etiquetas autoadhesivas, donde se indique (con tinta indeleble), nombre de la investigación, sitio, número de la perforación, número de orden de la muestra, y profundidad, etc.

Las muestras alteradas se empacarán en doble talega plástica y se almacenarán, hasta su envío al laboratorio, en sitios cubiertos frescos.

Después del recobro de los bloques de inmediato deben ser tratados superficialmente con baños repetidos de parafina hasta obtener un espesor de 3 a 5 cm. A continuación, se colocarán en bolsas plásticas y se empacarán en cajas de madera teniendo cuidado de colocarlas interiormente en forma acorde con la orientación que tenían en el terreno y rodearlas con aserrín húmedo por toda su superficie. Las cajas serán guardadas hasta tanto se envíen al laboratorio, en un sitio fresco donde se pueda conservar la humedad de las muestras.

Tabla 4.04 Clases de calidad de Muestreo (Oficina de Control Geotécnico, 1984).

De las puntas de las muestras de tubo debe removerse los troncos de material suelto y, luego de medir cuidadosamente su longitud interna, se rellenarán los extremos con parafina derretida hasta que queden a ras con los tubos. Los tubos se envuelven con papel plástico se empaican en posición vertical y en la forma natural, en cajas de madera, de manera que no tengan vibración durante el transporte.

Las cajas de madera deben ser transportadas evitando al máximo posible vibraciones generadas por los saltos del vehículo.

4.6 METODOS DE LABORATORIO

Una base de la ingeniería geotécnica desde sus mismos comienzos ha sido la de ensayar en el laboratorio muestras representativas de suelo que se investiga y utilizar la información obtenida de estos ensayos para el diseño de los proyectos. Indudablemente ello requiere que se reconstruyan en el laboratorio las condiciones iniciales del suelo y que se apliquen los esfuerzos futuros del diseño.

Se deben realizar ensayos que permitan determinar las propiedades de los suelos para el análisis, en forma tal que sean lo más representativos de las situaciones reales en el campo. Los ensayos comúnmente utilizados para análisis de laderas y taludes en términos de las propiedades características de los materiales de éstas, son los siguientes:

4.6.1 PROPIEDADES FISICAS

- a. Identificación mineralógica.
- b. Densidad.
- c. Contenido de humedad.
- d. Granulometría
- e. Forma de las partículas
- f. Límites de consistencia

4.6.2 PROPIEDADES HIDRAULICAS

- a. Permeabilidad
- b. Potencialidad de sifonamiento

4.6.3 PROPIEDADES MECANICAS

- a. Límites de compactación.**
- b. Consolidación.**
- c. Constantes elásticas**
- d. Resistencia al corte (en todas sus variaciones, dependiendo del tipo de ensayo empleado)**

En la tabla 4.05 se observan los tipos y cantidades de las muestras para distintos ensayos

A partir de toda ésta información obtenida de los ensayos de laboratorio, es posible caracterizar e identificar los diferentes tipos de suelos y sus propiedades en un sitio dado y tomarlas en cuenta cuando se diseña el proyecto.

En áreas donde la estratigrafía es bastante errática, la situación se vuelve problemática ya que el número de muestras que puedan ser extraídas para su posterior ensayo es a veces limitado y por lo tanto es necesario promediar los resultados de los ensayos para determinar los valores finales de diseño.

4.7 ENSAYOS DE CAMPO

Los ensayos de campo tienen la ventaja de poder simular situaciones en el ambiente mismo del talud y son muy útiles para cuantificar los parámetros que se emplean en el análisis de las inestabilidades en los diferentes proyectos.

NOTAS

- 1. Tipos: A : Alterada; I : Inalteada**
- 2. Esta cantidad se refiere a suelos finos. Para las muestras de suelos comixtos que contengan grava, la humedad de absorcion no se considra como humedad "libre".**
- 3. La determinacion de "Sensitividad" implica el remoldeo de la muestra.**
- 4. La cantidad requerida ser'a el peso del especimen cilndrico indicado en la columna de obsevaciones.**
- 5. La cantida varia según el metodo (A,B,C, y D) el cua, a su vez, depende del tamaño maximo del material y de su gradacion.**
- 6. En ocasiones puede requerirse la utilizacion de una muestra completa remoldeada (Consolidacion y Corte Directo) y compactado (Triaxial).**

7. El diámetro y espesor del espécimen requerido depende del equipo de laboratorio. Normalmente 2 y 0.5 pulgadas, respectivamente, como mínimo.
8. Normalmente, la caja cuadrada del aparato de corte (Deformación Controlada) tiene 6 cm de lado y 2 cm de profundidad.
9. Según características del equipo Triaxial.

Los ensayos de campo para suelos y rocas con el fin de conocer sus parámetros de compresibilidad y resistencia tienen una serie de ventajas inherentes sobre los métodos de ensayos de laboratorio. Las ventajas son:

- a. No se necesita remover muestras en su estado natural, por tanto los esfuerzos y la presión de poros en el suelo y la roca son representativos de las condiciones del sitio.
- b. El tiempo total requerido para ensayar y evaluar los resultados es relativamente corto comparado con los ensayos de laboratorio.
- c. Hay una respuesta inmediata de los resultados y esto es muy conveniente cuando se trata de monitorear el control de la construcción.
- d. Cambios en los programas de ensayos, en el número y localización puede hacerse a medida que se obtienen resultados en el programa de ensayos.

4.8 Ensayo de penetración estándar

Este ensayo que es rápido y sencillo permite encontrar la resistencia relativa de las diferentes formaciones de suelo y localizar la superficie de falla.

El ensayo en sí es un ensayo dinámico que consiste en hincar en el terreno un muestreador estándar, conocido en nuestro medio con el nombre de "cuchara partida" (gráfico 4.03) por medio de un martillo de 140 Lbs de peso y de caída libre de 30 pulgadas. El número de golpes requerido para hincar la cuchara un pie dentro del suelo, y este valor del número de golpes (N) se correlaciona empíricamente con casi todos los parámetros del suelo.

Algunas de estas correlaciones son:

- El ensayo de penetración estándar y la densidad relativa de suelos granulares
- El ensayo de penetración estándar y la determinación de parámetros de esfuerzos cortantes
- La compresibilidad a partir del ensayo de penetración estándar.
- Capacidad de soporte de suelos granulares estimada a partir del ensayo de penetración estándar.
- Capacidad de soporte y fricción lateral de pilotes.

- **Potencial de licuefacción a partir del ensayo de penetración estándar.**

A continuación se relacionan las tablas de Terzaghi y Peck, 1967, para el ensayo de penetración y diferentes características de las arenas y arcillas.

Existen relaciones del valor de N con la mayoría de las propiedades de los suelos, sin embargo, la Oficina de Control Geotécnico de Hong Kong (1981), observa que en rocas meteorizadas el ensayo de penetración estándar, se puede utilizar para dar una indicación "precaria" de la resistencia relativa de los materiales. Inicialmente el uso de SPT se limitaba a los suelos granulares pero posteriormente se le ha utilizado para determinar la resistencia al cortante no drenado en arcillas normalmente consolidadas.

Tabla 4.06 SPT. Penetración estándar Vs. Densidad relativa de arenas,

Tabla 4.07 SPT. Penetración Estándar Vs Consistencia de arcillas

Para poder utilizar el valor de N con otros ensayos correlacionados, el valor de N debe ser corregido, ya que este es afectado por ciertas condiciones, como por ejemplo:

- **El valor de n debe ser corregido según la Energía utilizada en el SPT y la requerida en el ensayo correlacionado, la cual suele ser mayor que la del SPT.**
- **Para arenas saturadas muy finas y si el valor de N es superior a 15 golpes, N será corregido basados en el principio de que la relación de vacíos crítica se presenta cuando N=15 golpes. (Terzaghi y Peck, 1967).**
- **Para 2 suelos no cohesivos y con la misma densidad, el valor de N se ve influenciado por el suelo de mayor presión de la capa superior, por lo cual este valor se debe corregir cerca de la superficie, sin lo cual el valor de N será muy pequeño.**

4.9 Ensayo de Penetración de Cono (CPT)

El penetrómetro de cono estático mide el esfuerzo necesario para el desplazamiento lento de un cono dentro del suelo. Las puntas del cono varían de 30° a 90° y de 36 a 50 mm de diámetro (gráfico 4.04). El cono provee

información sobre la resistencia de los materiales a intervalos muy pequeños. Algunos conos poseen un medidor electrónico que da una información más exacta. La resistencia del cono estático puede ser utilizada para calcular la capacidad de soporte, densidad y resistencia de los suelos para partículas menores que el tamaño del cono.

En el método Dinámico, el cono es hincado en el suelo por medio de un martillo, mientras que en el estático se utiliza una presión hidráulica para forzar el cono dentro del suelo.

El cono más utilizado en el ensayo es el cono Holandés, éste tiene una punta con un ángulo de 60° y un diámetro promedio de 3.5 cm. La chaqueta de fricción tiene un área de contacto con el suelo de 150 cm^2 y la rata estándar de penetración es de 2.0 cm/seg.

La aplicación general de los ensayos de penetrómetro de cono (CPT) en problemas de inestabilidades, es determinar la resistencia al cortante no drenada (S_u) de los suelos cohesivos.

Para asegurar la confiabilidad del valor de S_u es necesario correlacionarlo contra cálculos reales de fallas ocurridas o con ensayos de laboratorio.

El cono estático no es recomendable para suelos residuales, debido a que la presencia de bloques no meteorizados genera datos de resistencia altos no confiables.

La relación de fricción es la relación entre la fricción a lo largo de la chaqueta y la capacidad de soporte de la punta del cono, expresada en porcentaje. En general entre más alta sea la relación de fricción, mayor es el contenido de finos cohesivos en el suelo.

En la tabla 4.07 aparece la identificación del tipo de suelo con base en la relación de fricción

Los resultados obtenidos del ensayo de cono Holandés han sido utilizados para obtener los parámetros de diseño, por tratarse de un ensayo real, cuasiestático, el parámetro de la capacidad portante es bastante exacto y sólo tiene las limitaciones cuando se trata de suelos gravosos de alta resistencia.

Otros ensayos de cono son:

- Conos mecánicos:

Cono Belga (Beers, 1945)

Cono de Nilcon

Cono de Kjellman (Flodin 1986)

- **Conos eléctricos**

Cono de Fugro (1965)

Piezoconos (Zuideberg et al, 1987)

- **El Penelat (Sangrelat, 1988)**
- **Cono sísmico (Campanella et al, 1986)**
- **Conos vibratorios**

Tabla 4.08 Tipos de suelo de acuerdo a la fricción (Palacios, 1991)

1. Penetrómetro de Bolsillo

La resistencia a la compresión inconfiada de arcillas puede ser determinada por medio de un penetrómetro de bolsillo en el campo. El penetrómetro se presiona manualmente dentro de una arcilla a una profundidad predeterminada y se mide la presión requerida para su penetración. Este ensayo da un valor muy crudo de la resistencia a la compresión inconfiada y su utilización requiere de correlación con otros ensayos.

2. Presurómetro.

Una gran cantidad de equipos se ha desarrollado para medir la deformación interna del suelo al aplicar una determinada presión.

El ensayo clásico del presiómetro (PMT) no es un ensayo de penetración sino que se trata de un ensayo de expansión cilíndrica en una perforación.

El presurómetro de Menard, que es el más utilizado, permite obtener las características de resistencia y deformación de suelos y rocas (gráfico 4.05).

El ensayo suministra una gráfica de presión contra el cambio volumétrico y este puede convertirse en una curva esfuerzo – deformación.

El módulo de deformación también puede ser determinado.

El aparato de prueba propiamente dicha y que es introducido en una perforación está recubierto por dos membranas. La membrana interior está localizada en la parte central del aparato y constituye la celda de medida. La membrana exterior se extiende a lo largo de la sonda de ensayo y constituye la celda de guardia. El efecto principal de esta celda de guardia es reducir los efectos de punta en la celda medida y mantener el ensayo en dos dimensiones lo máximo que sea posible. La sonda tiene un diámetro de 2 1/2 pulgadas y una longitud de 24 pulgadas, en tanto que la celda de medida localizada en la parte central tiene una longitud de 6 pulgadas. La sonda está conectada a un aparato volumétrico y de presión, por medio de dos tubos de neopreno. La celda de medida se infla por medio de agua y la celda guardiana con aire comprimido. Una vez que se comienza el ensayo, la presión diferencial es mantenida durante todo el ensayo asegurándose que la celda de medida está siempre en contacto con las paredes del hueco.

El dilatómetro plano desarrollado por Marchetti (1980), obtiene la dureza del suelo, utilizando una membrana circular con diámetro de 60 mm., que es montado sobre una cuchilla de 95 mm. De ancho y de 14 mm de grosor. La cuchilla se entierra en el suelo y a la profundidad deseada, la membrana es inflada por medio de gas a presión. Se mide la presión requerida para un determinado movimiento de la membrana.

3. Ensayo de la Veleta

En este ensayo se mide directamente la resistencia al corte del suelo al rotar una veleta que se introduce en el suelo. Se puede obtener la resistencia pico y la resistencia residual que queda después de una falla y es uno de los ensayos más útiles para obtener el valor de la resistencia al corte. Debe tenerse en cuenta que el ensayo no da valores exactos de la resistencia la corte no drenada y es necesario realizar el ensayo en la misma forma cada vez para poderlo correlacionar. Esto significa que debe utilizarse la misma rata de deformación (aproximadamente 0.1° por segundo) y la misma demora en la iniciación del ensayo (preferiblemente más de 5 minutos).

Fue originalmente desarrollado para uso en arcillas sensitivas que son muy difíciles de muestrear. El procedimiento consiste en hincar una tubería de revestimiento hasta la profundidad de ensayo, remover el suelo dentro de la tubería, y después insertar la veleta en el suelo por debajo por debajo de la tubería. Una vez que la veleta es hincada en el suelo inalterado, el extremo superior del eje es fijado a un sistema calibrado de torsión y el sistema total es rotado hasta que el suelo no

ofrezca resistencia en este punto, el plano de falla está representado por un cilindro cuya altura y diámetro son los mismos de la Veleta.

La veleta de bolsillo es un equipo utilizado para la determinación rápida de la resistencia al cortante de suelos cohesivos, tanto en el campo como en las muestras de tubo Shelby. La veleta de bolsillo consiste en una serie de cuchillas que se entierran ligeramente en el suelo y sobre las cuales se aplica un torque, el cual mide la resistencia al cortante del material. El ensayo da una determinación primaria de la resistencia y para su utilización debe correlacionarse con otros ensayos.

4. Ensayo de Corte en el Sondeo

El ensayo de corte se puede realizar en el sondeo utilizando un equipo expandible que se incrusta ligeramente en la superficie y al cual se le coloca una carga de presión determinada, el suelo es luego ensayado al cortante tirando hacia arriba el aparato, a través del hueco.

Este ensayo es muy útil porque permite la evaluación de la cohesión c , y el ángulo de fricción ϕ a diferentes profundidades. Su utilización es particularmente importante en áreas de deslizamientos activos en donde sea difícil obtener muestras para ensayos de laboratorio.

5. Corte Directo en Campo

Se ejecuta dentro de un apique o excavación al nivel del estrato débil y se recomienda se haga sobre el plano de falla real. Todo el suelo es excavado, a excepción del ensayo que se deja como bloque que puede moverse al ejercer una fuerza de corte. El tamaño del bloque depende del equipo y la resistencia del suelo. Se coloca una fuerza normal perpendicular al plano de rotura y luego se hace fallar al corte para determinar el valor de la resistencia del material (gráfico 4.06). Se coloca una caja doble alrededor del bloque. Si hay un plano definido de debilidad, los lados de la caja deben ser perpendiculares a ese plano y el plano de falla debe coincidir con el contacto entre las dos cajas.

No existe un sistema para incorporar los efectos de la presión de poros pero la experiencia con estos ensayos indica que se han obtenido muy buenos resultados, especialmente si se realizan los ensayos en época de lluvias.

6. Ensayo de Permeabilidad.

Los ensayos de permeabilidad de laboratorio no siempre representan las situaciones en el campo y la ejecución de ensayos en el sitio permite obtener la influencia de las discontinuidades y la meteorización.

El coeficiente de permeabilidad (k) puede calcularse del resultado de ensayos de cabeza constante o variable dentro de la excavación de un sondeo. El procedimiento incluye la perforación y limpieza de una columna de suelo de diámetro $2r$ hasta una profundidad h . La colocación de una cabeza constante de agua y la medición del volumen de percolación, por unidad de tiempo manteniendo una cabeza y flujo estables (gráfico 4.07).

También pueden realizarse ensayos con agua a presión (ensayo Lugeon). El ensayo de Lugeon se utiliza para determinar la permeabilidad de una masa rocosa donde el flujo ocurre a lo largo de fisuras o juntas.

Un Lugeon se define como el agua absorbida en litros por minuto por metro en una perforación de diámetro NX a una presión de 10 atmósferas (1 Mpa), mantenida durante 10 minutos. Un Lugeon es aproximadamente igual a $1 \cdot 10^{-7}$ m/seg.

Pearson y Money (1977) presentaron una técnica que permite distinguir en el ensayo Lugeon, los diversos sistemas de fracturas.

Si el sistema de juntas o discontinuidades es suficientemente cercano para que la sección de la roca sea representativa, la permeabilidad puede ser obtenida utilizando la siguiente fórmula:

Si $L > 12 r$:

$$K = (q / 2\pi LH) \cdot \ln(L/r)$$

Donde:

K = Permeabilidad

H = Gradiente del flujo contra cabeza de presión

L = Longitud de sección ensayada

r = Radio de la perforación.

6. Ensayos de laboratorio para medir la resistencia al corte

Entre las técnicas más conocidas para determinar la resistencia al corte se encuentran las siguientes:

1. Ensayos de Corte Simple

Existen tres ensayos principales de este tipo para medir la resistencia al corte de suelos cohesivos: el ensayo de compresión inconfiada, ensayo de cono y la veleta de corte.

Ensayo de Compresión inconfiada

Es uno de los ensayos más populares y simples para determinar la resistencia al corte de los suelos. Se practica sobre muestras cilíndricas con una relación diámetro altura de 1:2.

La muestra se carga en forma axial (gráfico 4.08), hasta que ocurre la falla.

2. Ensayos de corte directo

Con este ensayo se obtiene de forma directa el valor de la resistencia al corte para suelos cohesivos e incoherentes para un esfuerzo efectivo normal determinado, en condición consolidada y drenada.

La muestra se confina entre dos anillos o cajas (gráfico 4.09) de acero libres de moverse sobre un plano de corte. El drenaje durante el ensayo se logra colocando un juego de piedras porosas encima y debajo de la muestra. Para no desarrollar presiones de poros, la carga lateral se aumenta en forma lenta. Sobre el plano de falla se aplica un esfuerzo normal constante durante toda la prueba.

La envolvente de falla se obtiene después de muchos ensayos con esfuerzos efectivos normales diferentes.

3. Ensayo Triaxial

Es el ensayo más versátil que existe en el laboratorio, ya que permite aplicar esfuerzos principales diferentes y medir presiones de poros facilitando el trabajo en términos de esfuerzos efectivos.

En el ensayo triaxial una muestra cilíndrica de suelo se cubre con una fina membrana de caucho y se coloca dentro de una cámara triaxial, como se ve en la gráfica 4.10. La cámara se llena luego con algún fluido (por lo general agua). A medida que se le aplica presión al fluido dentro de la cámara, la muestra se somete a una presión hidrostática conocida como presión de cámara. Si se desea drenar la muestra, se coloca una piedra porosa en la base de la misma y se mide el cambio de volumen con base en el líquido desalojado. Si no se desea drenar la muestra se puede medir alternativamente la presión de poros. En suelos parcialmente saturados (caso muy frecuente en nuestro país) la presión del agua se mide por medio de una cerámica muy fina que previene el ingreso del aire y la presión del aire a través de un filtro que permite el ingreso de gases.

En el ensayo de compresión triaxial, el esfuerzo axial se incrementa aplicando carga a través de un pistón en la parte superior de la muestra. Conociendo los esfuerzos en la falla se pueden construir los círculos de Mohr correspondientes. El comportamiento esfuerzo – deformación está afectado por la presión de cámara, la historia de esfuerzos y otros. En el ensayo triaxial es posible simular condiciones de comportamiento crítico de los suelos, entre ellas las siguientes:

- Condición no consolidada, no drenada: en este ensayo no se permite ningún tipo de drenaje durante su ejecución. Se puede trabajar en términos de esfuerzos totales y efectivos.**
- Condición consolidada, no drenada: la muestra se consolida bajo la presión de cámara y el esfuerzo axial se incrementa sin permitir el drenaje, midiendo entonces los excesos de presión de poros. Las muestras pueden trabajarse en términos totales y efectivos (restando los valores de la presión de poros).**
- Condición consolidada, drenada: en este caso, la muestra se consolida bajo la presión de cámara y el esfuerzo axial se incrementan muy lentamente permitiendo el drenaje sin que se presenten aumentos de la presión de poros. Como el exceso de presión de poros es nulo se trabaja en términos de esfuerzos efectivos.**

1. Ensayo de deformación plana.

La geometría de muchos problemas geotécnicos puede aproximarse a la condición de deformación plana, en la que las deformaciones unitarias son nulas en una cierta dirección. Para simular la condición presente en la pata del talud en los ensayos de deformación plana la muestra se consolida en forma anisotrópica en una cámara triaxial. Luego se carga hasta la falla aumentando los esfuerzos y manteniendo en cero la deformación.

4.9 ENSAYOS GEOFISICOS

Los principales métodos geofísicos utilizados en deslizamientos o inestabilidades son:

1. Resistividad

Los sondeos eléctricos y electromagnéticos generalmente, miden la resistencia de la corriente a través de los materiales de suelo. La resistividad consiste en la colocación de una corriente eléctrica a través del suelo y mediciones de la resistencia. La presencia de humedad y sales disueltas dentro de los poros del suelo o la roca controlan la conductividad aparente de los materiales. En ocasiones la superficie de falla de un deslizamiento se detecta como un área de baja resistencia por la concentración de humedad a lo largo de la superficie. Sin embargo debe tenerse en cuenta la fluctuación de la resistividad con el clima, es mayor en épocas secas que en épocas húmedas.

Los ensayos de resistividad pueden utilizarse para determinar perfiles verticales y horizontales, dependiendo de la forma como se realicen.

La mayor ventaja de los ensayos de resistividad es la facilidad del transporte y de la simplicidad de los instrumentos y la mayor desventaja es la difícil interpretación de las medidas, especialmente en aquellas áreas donde los estratos no son horizontales y las estructuras son complejas.

Los ensayos de conductividad electromagnética utilizan un instrumento con un transmisor y un receptor, el transmisor utiliza una corriente eléctrica de una frecuencia dada para producir un campo magnético, el cual se convierte en una corriente eléctrica en tierra. Esta corriente luego induce una corriente secundaria en el receptor. Espaciamientos cercanos y altas frecuencias dan muy buena información del material subsuperficial, en cambios los largos

espaciamientos y bajas frecuencias permiten una exploración más profunda.

2. Ensayos de Reflexión y Refracción Sísmica

Estos incluyen reflexión y técnicas acústicas. Todos ellos se basan en el hecho de que las propiedades elásticas de los materiales del suelo, determinan la velocidad de las ondas que se propagan a través de ellos.

Las ondas producidas por un golpe de martillo o por la explosión de una caja de dinamita siguen diferentes caminos desde la fuente hasta el punto de detección; inicialmente como ondas directas y posteriormente como ondas reflectadas.

En la mayoría de los trabajos de sísmica, relacionados con inestabilidades, se utiliza un sistema sismográfico multicanal, el cual incluye un número de detectores o geófonos que se han colocado a varias distancias de la fuente.

La interpretación de los resultados sísmicos es difícil. Los límites del deslizamiento se pueden identificar por cambios en la respuesta sísmica. Los ensayos de refracción sísmica se han utilizado con frecuencia para determinar la profundidad y geometría de las superficies de falla, para determinar la profundidad de meteorización de un área de gran tamaño y para determinar los perfiles de material suelto debajo de la roca.

3. Detección del ruido no audible

Este método monitorea las ondas elásticas naturales que emite el terreno a causa de la deformación producida por los esfuerzos (Blaha, 1996). Previamente a una falla y durante un tiempo considerable en el terreno emite una serie de ruidos no audibles, los cuales revelan una inminencia de una falla con mayor rapidez que los inclinómetros.

Este método consiste en detectar los sonidos de baja intensidad, producidos por los movimientos de las masas de tierra dentro del deslizamiento.

4. Ensayos de gravedad

Los sondeos de gravedad son utilizados para detectar estructuras geológicas de gran tamaño y recientemente se han utilizado los ensayos de Microgravedad, utilizando gravímetros muy sensitivos que permiten medir la atracción gravitacional. En esta forma se pueden detectar áreas de baja densidad, por ejemplo coluviones o deslizamientos. Sin embargo la influencia de las condiciones topográficas es muy grande y su interpretación deja muchas dudas.

5. Ensayos de penetración de radar

Los sistemas de penetración de suelo con radar han tenido un desarrollo muy grande en los últimos años. La energía emitida por el radar es reflejada en forma similar a los sistemas de radar de la aviación y en esta forma se pueden detectar ductos de servicios y otros elementos dentro del suelo. El principal problema de este sistema es la transmisión muy pobre de las ondas de radar en suelos arcillosos y lutitas.

BIBLIOGRAFIA

- **AQUATERRA, Ltda (2000). "Informe Ambiental Obras de Estabilización vía Cauya – La Pintada". INVIAS, Manizales.**
- **AQUATERRA, Ltda (1991). " Manual para el Control de la Erosión y Conservación de Suelos". Tomos I y II. Proyecto CEMCALDAS, Manizales.**
- **ARIZA, G.M.A. (1991). " Riesgo Geotécnico e Impacto Socio – Económico en las Obras Lineales". IV Congreso Colombiano de Geotecnia, Bogotá.**
- **AYA y CAMARGO, (1989) "Diseño Vial". Proyecto de Grado. Universidad Nacional. Bogotá.**
- **BELTRAN, M.L y Otros. (1991). " Elementos del Impacto Ambiental Producido por los Deslizamientos de Taludes Viales Colombianos". IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá.**
- **CONESA, F.V. (1995). " Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". Madrid España.**
- **CORREAL, C. (1996). " Evaluación Geoambiental en Carreteras Colombianas". VI Congreso Colombiano de Geotecnia – Erosión". Bucaramanga.**
- **ECOPETROL e IGL, (1991). " Manual de Protección geotécnica y Ambiental Oleoducto Vasconia – Coveñas". Nuevas Ediciones. Bogotá**
- **ECHEZURIA, H. Y Otros. (1990). " Efectos de las Condiciones Geotécnicas Locales en los Movimientos Fuertes del Terreno". VI Jornadas Geotécnicas – Normalización e Investigación en Geotecnia". Bogotá.**
- **FRANCO, L. R de J. (1991). " Aplicaciones de los Sensores Remotos en el Diseño Geotécnico de Obras Lineales". IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá**
- **GARCIA, L.M. (1991). " Estudio Geotécnico de Sistemas de Conducción en Terrenos Montañosos". Revista Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá**
- **GARCIA, L.M. (1988). " Estudio de las Amenazas Naturales". V Jornadas Geotécnicas. Bogotá**
- **GARCIA, L.M. y Otros. (1990). " La Protección Geotécnica y Ambiental de Oleoductos. Una Aplicación de Zonificación Geotécnica Regional". VI Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**
- **GONZALEZ, G. A. J. (1990). " Metodología de estudios por Deslizamientos a Escala Intermedia". VI Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**
- **GONZALEZ, G. A. J. (1990). " Conceptos sobre la Evaluación de Riesgos por Deslizamientos". VI Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**

- **GONZALEZ, G. A. J. (1989). "Metodología y Criterio de Clasificación para Inventario de Movimientos". Primer Simposio Suramericano de Deslizamientos. Paipa.**
- **HERMELIN, M. (1990). " Un Método de Zonificación Geotécnica para Poblaciones". VI Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**
- **INGEOMINAS, (1996). " Bases Metodológicas para la Ejecución de Estudios Ambientales en Proyectos Viales". Bogotá.**
- **INTEGRAL S.A. (1996). " Implantación de Sistemas de Información Geográfica SIG. Carretera Santa Fe de Antioquía – Puerto Valdivia". Medellín.**
- **INVIAS. (1998). " Manual de Estabilidad de Taludes. Geotecnia Vial". Escuela Colombiana de Ingenieros. Bogotá.**
- **LONDOÑO, K.S. (1991). " Métodos Actuales de Microzonificación Sísmica". Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería #4. Bogotá.**
- **MARTINEZ, J.M. y GARCIA, L.M. (1988). " Desarrollo de un Estudio de Riesgo Geotécnico". V Jornadas Geotécnicas. Bogotá**
- **MONTERO, O. J. (1996). " Amenaza Relativa por Deslizamientos de Taludes". VI Congreso Colombiano de Geotecnia. Bucaramanga.**
- **PALACIOS, O. A. (1991). " Métodos de Investigación Geotécnica". IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá.**
- **RIVAS, P.S.M. y CANO, G.L.F. (1996). " Evaluación Geotécnica de Laderas en Proyectos Lineales". VI Congreso Colombiano de Geotecnia. Bucaramanga.**
- **RUIZ, de M.J.E. y Otros. (1990). " El Geotecnólogo una Contribución al Mejoramiento de Obras Civiles en el Campo de la Geotecnia". VI Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**
- **SALAZAR, F.R. (1991). " Notas sobre los Métodos Tradicionales de Análisis en Geotecnia". IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá.**
- **SANCHEZ. Z.F. y MANRIQUE, B.A. (1995). " Etapas y Parámetros Involucrados en un Estudio Geotécnico". Boletín de Vías # 84. Centro de Publicaciones U.N. Manizales.**
- **SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS, (1992). " Manual de Gestión Ambiental Vol. I". Bogotá**
- **SUAREZ, D. J. (1991). " Criterios para el Análisis y Diseño Hidrogeotécnico". IV Congreso Colombiano de Geotecnia. Bogotá.**
- **SUAREZ, D. J. (1998). " Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales". Publicaciones UIS. Bucaramanga.**
- **TORO, P.J.G. (1988). " Aspectos Geotécnicos del Tren Metropolitano de Medellín". V Jornadas Geotécnicas. Bogotá.**
- **TURNER, A.K. y SCHUSTER, R.L. (1996). " LANSLIDES: Investigation and Mitigation". Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C.**
- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, (1995). BOLETIN DE VIAS # 84. Manizales.**

- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, (1997). BOLETIN DE VIAS # 87. Manizales.**
- **VARGAS. R.J. " Metodología para Estudios, Realización y Evaluación de Mapas de Riesgo Geológico y Zonificación Geotécnica". VI Congreso Colombiano de Geotecnia. Bucaramanga.**

	COMPONENTES	ELEMENTOS
MEDIO AMBIENTE NATURAL	- Componente Geosférico	<ul style="list-style-type: none"> - Geología - Geomorfología - Sismología - Suelos: características y usos - Identificación de recursos mineros y energéticos
	- Componente Atmosférico	<ul style="list-style-type: none"> - Climatología - Calidad del aire - Ruido
	- Componente Biótico	<ul style="list-style-type: none"> - Vegetación - Fauna - Ictiofauna - Limnología - Ecosistemas
	- Componente Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Número de cuerpos de agua - Subcuencas - Caudales, medio y extremo. Para períodos de recurrencia de 5 a 10 años - Calidad físico – química del agua - Usos del agua
MEDIO AMBIENTE SOCIAL	- Componente Cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Arqueología - Paisaje - Zonas recreacionales - Zonas turísticas
	- Componente Socio – Económico	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamientos humanos - Población - Tenencia de tierra - Empleos y actividades económicas - Obras de infraestructura: carreteras, vías férreas, comunicaciones, acueductos, alcantarillados, redes telefónicas, educación, salud, empleo, etc. - Programas de desarrollo regional

INDICADOR	COMPONENTE AMBIENTAL
<p>A. FISICO – GEOGRAFICOS</p> <p>Son aquellos que describen la situación geomorfológica y las condiciones climáticas, así como algunas interacciones entre los componentes físico – geológicos, morfológicos y antrópicos.</p> <p>A.1 GEOLOGICOS</p> <p>A.2 GEOMORFOLOGICOS Y GEOTECNICOS</p> <p>A.3 AGROLOGICOS Y EDAFOLOGICOS</p> <p>B. ATMOSFERICOS Y CLIMATICOS</p>	<p>Litología</p> <p>Tectónica</p> <p>Mineralogía</p> <p>Materiales de cubierta no consolidados</p> <p>Sismicidad</p> <p>Altitud</p> <p>Pendiente</p> <p>Patrón de drenaje</p> <p>Patrón de fallamiento y fracturamiento</p> <p>Densidad de fallamiento y fracturamiento</p> <p>Indices de estabilidad</p> <p>Indices de erosión</p> <p>Equilibrio geomórfico</p> <p>Tipos de suelo, variedad y series.</p> <p>Propensión al desgaste</p> <p>Compatibilidad</p> <p>Permeabilidad</p> <p>PH</p> <p>Modificación de la calidad del aire</p> <p>Incremento en el nivel de presión sonora</p> <p>Captación de radiación</p> <p>Precipitación por año</p> <p>Distribución de las precipitaciones con respecto a la intensidad y a la duración</p>

Tabla 1.02 Tipos de Indicadores (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

INDICADOR	COMPONENTE AMBIENTAL
	Evaporación Humedad del aire Viento, velocidad y dirección.
<p>C. HIDROLOGICOS Describen las cantidades y tipos de agua, así como también las características físicas y las vías de agua.</p> <p>C.1 CONDICIONES DE ESCORRENTIA</p> <p>C.2 CONFIGURACION DEL LECHO DEL RIO</p> <p>C.3 CARACTERISTICAS DEL FLUJO</p> <p>C.4 CONDICIONES DE ESTUARIO</p>	<p>Cantidad de precipitación anual y destino de ésta</p> <p>Escorrentía superficial, incluyendo almacenamiento en lagos.</p> <p>Evaporación</p> <p>Transpiración y aumento de agua subterránea</p> <p>Promedio de descarga de muchos años</p> <p>Fluctuaciones, almacenamientos, descarga y frecuencia de escorrentía anual.</p> <p>Características de aguas altas (picos, duración y tamaño).</p> <p>Características de aguas bajas (duración, estabilidad y secado).</p> <p>Características morfométricas de la sección transversal.</p> <p>Características de los sedimentos suspendidos y del fondo del lecho.</p> <p>Composición granulométrica de los sedimentos.</p> <p>Evolución longitudinal del cauce, divagación y meandrificación.</p> <p>Condiciones de flujo, velocidad y turbulencias</p> <p>Líneas de flujo</p> <p>Perfil longitudinal del agua</p> <p>Intrusión del agua salina</p> <p>Depósito de sedimentos.</p>

Tabla 1.02 Tipos de Indicadores (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

INDICADOR	COMPONENTE AMBIENTAL
<p>D. FISICO – QUIMICOS</p> <p>Dan información sobre los aspectos cualitativos del agua o sobre los elementos que pueden cambiar potencialmente las características físicas y químicas dl agua por reacciones entre sus componentes biológicos, físicos, químicos y hasta el componente humano.</p> <p>D.1 PARA AGUAS CORRIENTES</p> <p>D.2 PARA AGUAS QUIETAS</p> <p>D.3 PARA RIOS, LAGOS Y CUENCAS</p> <p>D.4 PARA AGUAS SUBTERRANEAS</p>	<p>Características del flujo y transporte de sedimentos Sedimentación y erosión Temperatura y sus cambios durante el año.</p> <p>Afluencia o energía de la luz Temperatura y estratificación de la misma Características de mezcla Características de sedimentación Transparencia, transformación de la luz en calor.</p> <p>Estratificación térmica y química</p> <p>Temperatura: variaciones estacionales.</p>
<p>E. RESULTANTES DE INTERACCIONES</p>	<p>Sólidos totales Sólidos disueltos Sólidos suspendidos Carbono orgánico total PH Conductividad Oxígeno disuelto Salinidad total Alcalinidad y acidez Dureza</p>

Tabla 1.02 Tipos de Indicadores (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

INDICADOR	COMPONENTE AMBIENTAL
	Demanda química de oxígeno D.Q.O. Demanda biológica de oxígeno D.B.O. Cationes: Calcio, magnesio y sodio. Aniones: Carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, nitritos y fosfatos. Componentes orgánicos específicos: proteínas, grasas, aceites, carbohidratos, pesticidas, etc.
F. BIOLÓGICOS F.1 CAMBIO EN LA COBERTURA VEGETAL F.2 ALTERACION DEL HABITAT Y CAMBIO EN COMUNIDADES. F.3 ALTERACION DE ESPECIES Y POBLACIONES	Bosques naturales y secundarios Manglares Agricultura de subsistencia Pastizales y rastrojo. Estuarios y manglares Ríos y quebradas Marítimas Terrestres Vegetales Aves Mamíferos Anfibios y reptiles Peces Crustáceos En vía de extinción endémica y de interés científico Alteración o instrucción de cadenas tróficas.
G. SOCIO – ECONOMICOS G.1 NIVEL DEMOGRAFICO	Colonización Inmigración Temporal Emigración

Tabla 1.02 Tipos de Indicadores (Manual de Gestión Ambiental Vol. I)

INDICADOR	COMPONENTE AMBIENTAL
G.2 NIVEL ECONOMICO	<p>Aumento de Natalidad</p> <p>Presión sobre población actual</p> <p>Generación de empleo</p> <p>Modificación del costo de vida</p> <p>Aumento del ingreso familiar</p> <p>Presión y concentración de tierras</p> <p>Cambios de actividad productiva</p> <p>Generación de regalías a municipios</p>
G.3 NIVEL SOCIAL	<p>Variación de la calidad de vida</p> <p>Generación de expectativas</p> <p>Oferta y demanda de servicios públicos: Acueducto, alcantarillado, electrificación, salud, comunicaciones, carreteras</p> <p>Educación: Nivel, calidad, infraestructura.</p> <p>Salud: Modificación de la estructura, calidad del servicio, morbilidad, aumento de prostitución.</p>
G.4 NIVEL SOCIO – POLITICO	<p>Presión de la comunidad frente a la obra</p> <p>Organización de la comunidad</p> <p>Aumento de conflictos sociales</p> <p>Orden público</p> <p>Modificación del riesgo de las actividades económicas</p> <p>Transculturación</p>
G.5 NIVEL CULTURAL	<p>Presión sobre grupos étnicos</p> <p>Cambios en el paisaje</p> <p>Daños en la riqueza arquitectónica.</p>

VARIABLE	CALIFICATIVO
APARICION	Estudios previos Construcción Operación
PROBABILIDADES DE OCURRENCIA	Segura Alta Mediana Baja
DURACION	Temporal Permanente Periódica Indeterminada
AREA DE INFLUENCIA (Efectos radiales)	Puntual Local Zonal Regional Nacional Internacional
AREA DE INFLUENCIA (Efectos lineales)	Directo Indirecto
INTENSIDAD – MAGNITUD	Alta Mediana Moderada Baja
TIPO DE IMPACTO	Adverso Benéfico
IMPLICACION	Ecológica Económica Sociocultural

IMPACTO POTENCIAL NEGATIVO	CALIFICACION DE LA VARIABLE				
	1	2	3	4	5
	HORIZONTE	MAGNITUD	DURACION	EXTENSION	REVERSIBILIDAD
1. Potencialización del tráfico vehicular Con incremento en: ruido, emanaciones Gaseosas, vertimiento de grasas y Aceites, basuras en la vía, derrames y Escapes de sustancias tóxicas Transportadas y accidentalidad.	C	L	T	P	C
2. Presencia de nuevos asentamientos a lo largo de la vía.	M	L	P	P	M
3. Incremento del valor de la tierra.	C	L	P	P	I

IMPORTANCIA DE UN IMPACTO

NIVEL DE DAÑO

TOTAL	30
NOTABLE	20
ALTO	15
MEDIO	10
MINIMO	3

COBERTURA DEL DAÑO

TOTAL	20
EXTENSA	15
PARCIAL	10
PUNTUAL	10

RECUPERABILIDAD

IRRECUPERABLE	15
IRREVERSIBLE	10
MITIGABLE Y/O RECUPERABLE	5
REVERSIBLE	3

EVOLUCION

SIMPLE	3
ACUMULATIVO	5
SINERGICO	10

OCURRENCIA

INMEDIATO/CORTO PLAZO	10
MEDIANO PLAZO	8
LARGO PLAZO	6

CAUSALIDAD

DIRECTO PORIMARIO	5
INDIRECTO SECUNDARIO	3

DURACION

PERMANENTE	5
TEMPORAL	3
FUGAZ	1

PERIODICIDAD

CONTINUO	5
PERIODICO	3
DISCONTINUO Y APERIODICO	1

IMPACTOS PRODUCIDOS POR UNA CARRETERA

FACTORES DE PONDERACIÓN MINIMOS EN TERRENO MONTAÑOSO

FASE DEL PROYECTO	SUBSISTEMA AMBIENTAL			
ANTES DE CONSTRUCCION	GEOAMBIETAL	BIOTICO	ANTROPICO	PAISAJISTICO
<ul style="list-style-type: none"> - Negociación Predial - Consecución de Permisos y Licencias - Divulgación del Proyecto 		0.1 0.1 0.1	0.2 0.2 0.2	
DURANTE CONSTRUCCION				
<ul style="list-style-type: none"> - Localización y Replanteo - Adecuación de Accesos - Movilización de Equipos e Infraestructura - Desmonte y Descapote - Excavaciones y Cortes - Remoción y Depósito de Escombros - Explotación de Materiales Inertes - Transporte de Materiales de Construcción - Rellenos y Conformación de la Banca Vial - Construcción de Obras Especiales - Construcción de Infraestructura de Drenaje - Estabilización Geotécnica - Construcción de la Estructura de Pavimento - Colocación de la Capa de Rodadura - Construcción de Superestructuras de Drenaje - Señalización 	0 0.1 0.1 0.3 - 0.5 0.3 - 0.5 0.2 - 0.4 0.3 - 0.5 0.1 0.3 - 0.5 0.2 - 0.5 0.2 - 0.4 0.2 - 0.5 0.3 - 0.5 0.2 0.2 0.1	0.1 0.1 0.1 0.1 - 0.5 0.1 - 0.3 0.2 - 0.4 0.2 - 0.4 0.2 0.1 - 0.3 -0.3 0.1 - 0.3 0.1 - 0.3 0.1 0.2 0.2 0.2	+ + + + + + + + + + + + + + + + +	0 0 0 0.1 0.2 0.2 0.2 0.1 0.2 0.2 0.1 0.1 0.2 0.2 0.2 0.2
DURANTE OPERACIÓN				
<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito Vehicular - Mantenimiento 	0.2 0.3	0.2 0.3		0.1 0.1

FORMATO 1

(RIVAS Y CANO 1996)

LEVANTAMIENTO DE LADERAS			USO DE LA TIERRA		
PROYECTO: _____ FECHA (Mes/día/año) _____ Levantado por: _____ Localidad: _____ Abcisa: _____ Cota(m.s.n.m.) _____			Explotado Cultivo permanente _____ Cultivo Transitorio _____ Pastos _____ Rastrojo _____ Desmonte _____		
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO LEVANTADO:			Inculto Pastos _____ Arbustos _____ Bosques _____ Maleza _____ Árboles _____		
CONDICIÓN			RECOMENDACIONES GENERALES		
Movimiento: _____ Zona Erosión _____ Zona estable _____ Otros _____			Recomendaciones de taludes Taludes de corte (H.V) _____ Taludes de lleno (H.V) _____		
INCLINACIÓN DE LA LADERA			Porcentaje materiales producto de la excavación Material común (%) _____ Material intermedio (%) _____ Roca (%) _____		
Plana < 10° _____ Ondulada (10°-30°) _____ Montañosa (30°-45°) _____ Escarpada >45° _____			Exploración recomendada Exploración: Perforaciones _____ Apliques _____ Trincheras _____ Barreno _____ Ensayos de campo _____ Ensayos de laboratorio _____		
ESTADO DE HUMEDAD DE LA LADERA			Madres preventivas Eliminar el sitio crítico _____ Remoción de materiales _____ Drenaje superficial _____ Drenaje profundo _____ Vegetación _____ Recubrimientos _____ Obras de contención _____ Tratamientos químicos _____ Obras de cruce _____ Otros _____		
Zona húmeda _____ Manantial flujo libre _____ Manantial a presión _____ Arroyos _____ Zona empozamiento _____ Nivel freático colgante _____ Nivel freático profundo _____ Zona seca _____ Profundidad N.F. (m) _____			FOTOS _____		
GEOLOGIA REGIONAL			OBSERVACIONES		
Composición o formación: _____ Unidad geológica: _____ Geomorfología: _____ Condición: _____			ESQUEMA		
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL					
Tipo de material: Suelo Residual _____ Suelo Transportado _____ Roca _____					
Formación suelo residual (Dearman 1974) Residual: (VI) Completamente meteorizado (V) Altamente meteorizado (IV) Moderadamente meteorizado (III) Consistencia del suelo Arenoso Suelto _____ Arenoso Densso _____ Arcilla Dura _____ Arcilla Media _____ Arcilla Blanda _____ Otros _____ Humedad del suelo Seco _____ Húmedo _____ Saturado _____ Roca parental del suelo Ignea _____ Metamórfica _____ Sedimentaria _____ cataclástica _____ Perfil de Meteorización (m) Suelo _____ Material Intermedio _____ Roca _____	Suelo transportado De ladera Coluvión _____ Talus _____ Flujo de lodo _____ Flujo de suelo _____ Flujo escombros _____ Aluvial Cono de inyección _____ Terrazas _____ Aluvión _____ Descripción material Transportado _____ Espesor depósito (m) _____ Tamaño bloques (cm) _____ % Bloques _____ % Matriz _____ Forma Bloques Angulares _____ Redondos _____ Otros _____ Matriz Arenosa _____ Arcillosa _____ Agua Seco _____ Húmedo _____ Saturado _____	Tipo de roca Ignea Intrusiva _____ Ignea Extrusiva _____ Ignea Piroclástica _____ Sedimentaria _____ Metamórfica _____ Cataclástica _____ Fracturamiento de la roca Bajo _____ Moderado _____ Alto _____ Alteración de la roca Roca fresca _____ Ligera/ meteorizada _____ Moderada/ meteorizada _____ Relleno de discontinuidades Arena _____ Arcilla _____ Cuarzo _____ Calcita _____ Ninguno _____ Otros _____ Persistencia discontinuidades Bajar _____ Media _____ Alta _____			
DATOS ESTRUCTURALES PRESENTES EN EL AFLORAMIENTO DE ROCA					
Orientación		Tipo		Actitud	
Tipo : Diaclasa, Foliación, Estratificación, Fallas, Pliegues, Otros. Actitud : Favorable, Desfavorable, Indiferente					
DESLIZAMIENTO O ZONA DE EROSION Descripción general (dimensiones, tipo, actividad) (Desarrollo) _____					
EROSIÓN					
TIPO	CAUSAS REALES	CAUSAS DETONANTES Y/O CONTRIBUYENTES			
Laminar _____	Litología _____	Fuga de agua _____	Fractura por explosivos _____		
Difusa _____	Meteorización _____	Vibraciones _____	Explotación minera _____		
Concentrada _____	Fracturación _____	Mal uso suelo _____	Descarga incorrecta _____		
En carcava _____	Aguas Subterran. _____	Cultivos _____	Excavaciones _____		
Diferencial _____	Socavación _____	deforestación _____	Sobrepastoreo _____		
Socavación _____	Otros _____	Obstrucción cauce _____	Otras _____		
Otras _____	ACTIVIDAD	DESARROLLO			
	Potencial _____	Incipiente _____			
	Activado _____	Avanzado _____			
	Estabilizado _____	Colapsado _____			

FORMATO 2

(RIVAS Y CANO 1996)

LEVANTAMIENTO DE DESLIZAMIENTOS	
PROYECTO: _____	
FECHA (Mes/día/año) _____	Levantado por: _____
Localidad: _____	
Accesos: _____	
Abscisa: _____	Cota(m.s.n.m.) _____
Localización general del sitio _____	
GEOLOGIA REGIONAL	
Composición o formación _____	
Unidad geológica _____	
Geomorfología _____	
Condición _____	
INCLINACION DE LA LADERA	
Plana < 10° _____	Ondulada (10°-30°) _____
Escarpada (>45°) _____	
DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO	
Morfología (m) _____	
Altura: _____	Longitud _____
Ancho _____	
Inclinación escarpe _____	
Ancho medio _____	
Forma	
Circular _____	Parabólica _____
Alargada _____	
Triangular _____	
Compleja _____	
Rectangular _____	
Otras _____	
Estado de humedad del movimiento	
Zona húmeda _____	Manantial flujo libre _____
Manantial a presión _____	
Arroyos _____	
Zona empozamiento _____	
Nivel frático colgante _____	
Nivel frático profundo _____	
Zona seca _____	
Profundidad N.F. (m) _____	
Actividad del movimiento	
Altura: _____	
Activado _____	
Estabilizado _____	
Remontante _____	
Desarrollo del movimiento	
Incipiente _____	
Avanzado _____	
Colapsado _____	
Clasificación del movimiento según M.O.P.T. Y U.N.	
Reptacionales	
Estacionales _____	
Permanente _____	
Progresivo _____	
Post-movimiento _____	
Flujos	
De lodo _____	
De suelo _____	
De detritos _____	
Volcamiento	
Caída _____	
Complejos _____	
Deslizamiento Rotacional	
Simple _____	
Progresivo _____	
Sucesivo _____	
Múltiple _____	
Deslizamiento translacional	
Planar _____	
Cuña _____	
Deslizamientos complejos	
Graven _____	
Propagación lateral _____	
Irregular _____	
DESCRIPCION MATERIAL MOVILIZADO O REMOVIDO	
Tipo de material	
Suelo residual _____	
Bloques de roca _____	
Roca _____	
Depositos o material perviamente transportado _____	
Humedad material	
Seco _____	
Húmedo _____	
Saturado _____	
Flujo de agua _____	
Tipo de material transportado	
Espesor máximo del material _____	
Tamaño de los bloques _____	
% de matriz _____	
% bloques _____	
Matriz arenosa _____	
Matriz arcillosa _____	
Otras _____	
Bloques angulares _____	
Bloques redondeados _____	
Otras _____	
Suelo arenoso suelto _____	
Suelo arenoso medio _____	
Suelo arenoso denso _____	
Suelo arcilloso duro _____	
Suelo arcilloso medio _____	
Suelo arcilloso blando _____	
Otras _____	

DESCRIPCION MATERIAL SUBYACENTE		
Tipo de material		
Suelo residual _____	Roca _____	Otros _____
Roca parental del suelo residual		
Igneo _____	Metamórfico _____	Sedimentaria _____
Otros _____		
Grado de meteorización del material (Dearman, 1974)		
Residual (VI) _____	Completa/ Meteorizado (V) _____	Alta/ meteorizado (IV) _____
Moderada/ meteorizado (III) _____	Ligeramente meteorizado (II) _____	
Roca fresca (I) _____		
Perfil de meteorización		
Suelo _____	Material intermedio _____	Roca _____
DATOS ESTRUCTURALES PRESENTES EN EL AFLORAMIENTO DE ROCA		
Orientación	Tipo	Actitud
_____	_____	_____
_____	_____	_____
Tipo, Diaclasas, Foliación, Estratificación, Fallas, Pliegues, otros		
Actitud : Favorable, Desfavorable, Indiferente		
USOS DE LA TIERRA		
Explotado:		
Cultivo permanente _____	Cultivo transitorio _____	Pastos _____
Rastrojo _____		
Desmonte _____		
Inculto		
Pastos _____	Arbustos _____	Bosque _____
Maleza _____		
Árboles _____		
CAUSAS		
CAUSA REALES		
Litología _____	CAUSAS DETONANTES Y/O CONTRIBUYENTES	
Meteorización _____	Fugas de agua _____	Fractura por explosivos _____
Fracturación _____	Vibraciones _____	Explotación minera _____
Agua subterránea _____	Mal uso del suelo _____	Descarga incorrecta _____
Socavación _____	Cultivos _____	Excavaciones _____
Otros _____	Deforestación _____	Sobrepastoreo _____
Obstrucción cauce _____		
Otras _____		
RECOMENDACIONES GENERALES		
Recomendaciones de taludes		
Taludes de corte (H-V) _____		
Taludes de lleno (H-V) _____		
Porcentaje materiales producto de la excavación		
Material común (%) _____		
Material intermedio (%) _____		
Roca (%) _____		
Exploración recomendada		
Exploración: Perforaciones _____		
Apiques _____		
Trincheras _____		
Barrenos _____		
Ensayos de campo _____		
Ensayos de laboratorio _____		
Medidas preventivas		
Eludir el sitio crítico _____		
Remoción de materiales _____		
Drenaje superficial _____		
Drenaje profundo _____		
Vegetación _____		
Recubrimientos _____		
Obras de contención _____		
Tratamientos químicos _____		
Obras de cruce _____		
Otras _____		
FOTOS		
OBSERVACIONES _____		
ESQUEMA		

TABLA 201
MECANISMOS DE ESTABILIZACION FISICA Y MECANICA
 (RIVAS Y CANO 1.996)

CATEGORIA	MECANISMO
Elusión del sitio	Relocalización o variante Puente o Viaducto Materiales Livianos
Remoción y Reconformación del Perfil	Retiro del Material Caído y Suelto Conformación del Talud en Escalones Relleno de Contrapeso Remoción Parcial en la Cabeza del Talud Abatimiento del Talud Empleo de Bermas Remoción Total del Talud
Drenaje Superficial	Sellado de Grietas y Fisuras Zanja de Coronación Canales Perimétricos Filtros en Trincheras Verticales Relleno de Depresiones (Empozamiento)
Drenes Profundos	Drenes Horizontales Perforaciones de Drenaje Trincheras de Drenaje Galerías de Drenaje Pozos de Drenaje
Vegetación	Protección con Vegetación Tratamientos Bioquímicos Revegetalización
Obras de Contención	Tierra Armada Muros de Gaviones Muros de Gravedad Pilotes y Micropilotes Anclajes y Pernos en Roca Pantalla Anclada Anclajes Pasivos (Soli Nailing) Pedraplenes Terraplenes (Rellenos con o sin Refuerzo)
Control de Erosión	Malla Anclada Concreto Lanzado Conservación Cobertura Vegetal Gaviones y Espolones en Riberas Malla Anclada con Suelo - Semillas Enrocados de Protección Impermeabilizaciones con Motero Mantenimiento de Obras de Drenaje
Otras	Tratamientos Químicos Electro - Osmosis Tratamientos Térmicos Explosivos

TABLA 2.02
EVALUACION PARA ZONIFICACIONES GEOTECNICAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS
(VARGAS 1.991)

FACTOR	PARAMETRO ESPECIFICO	PARAMETRO DE MAYOR	VALUACION Y RANGOS										MOVIMIENTO EN MASA RECIENTE			
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	A ESTABILIZARSE	A REMOVERSE	V	
PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS	1. ESFUERZO DE COMPRESION Kp.		> 500	30	350 - 500	20	250 - 350	10	150 - 250	5	< 150	0	> 250	4	< 250	2
	2. ANGULO DE FRICCION (°)		> 50°	30	50° - 40°	20	35° - 40°	10	25° - 35°	5	< 25°	0	> 35	4	< 35	2
	3. COHESION Kp		> 400	30	300 - 400	20	200 - 300	10	100 - 200	5	< 100	0	> 200	3	< 200	1
	4. IND. PLASTICIDAD (%) Y (°)		0 - 20	20	20 - 40	15	40 - 50	10	50 - 60	5	> 60	0	> 40	3	< 40	1
	5. INDICE DE LIQUIDEZ (0-1)		0	15	0 - 0.5	7	0.5 - 1.0	5	MAYOR A 1.0	0	< 0.5	4	> 0.5	4	> 0.5	2
GEOMETRIA DEL TALUD	6. RESISTENCIA AL CORTE Kp	3,1,2	> 250	10	175 - 250	7	125 - 175	5	75 - 125	3	< 75	0	> 125	4	< 125	1
	7. PERMEABILIDAD cm/hora	14,26,30	0 - 0.5	20	0.5 - 1	10	1 - 5	7	5 - 10	5	> a 10	0	< 5	3	> 5	1
	8. CLASIFICACION SUELO USC fino	24,26,28	GW - GP - GM	20	SW - SP - GC	15	SM - SC - ML	10	CL - OL - MH	7	CH - OH - PI	0	GM - SM - GC	3	CL - ML - PI	2
	9. ANGULO DEL TALUD	20,26	0° - 5°	30	5° - 10°	25	10° - 15°	10	15° - 20°	5	Mayor a 20°	0	menor al de friccion	4	mayor	1
	10. ALTURA (h) mts> Cresta	26,37	0 - 2 m	10	2 - 5 m	7	5 - 7 m	5	7 - 10 m	3	mayor a 10 m	0	< 5	2	> 5	1
FACTORES GEOMORFOLOGICOS	11. VOLUMEN DE MATERIAL A DESESTABILIZARSE	15, 16, 24	Poco o ninguno. Suelo residual	30	Espesor prom. mayor a 3. No distrib. en el talud	20	Espesor de 3 - 5 m. En todo el talud	10	Espesor de 5-7 m. Mayor en la parte alta del talud	5	mayor a 7 m. Distrib. erratica/ mayor a 5 m	0	remnantes con espesor menor a 5 m	4	mayor de 5 m.	1
	12. TIPO Y ANCHO MEDIO DEL TALUD	20, 18	Longitudinal plano. Mucho mas largo (a) que alto (h)	20	Ondulado suave a mayor h	15	Ondulado moderado concavo y convexo a > h	10	Concavo empinado a < h	5	Concavo cerrado convexo acortado a < h	0	Concavo a > h	2	Concavo cerrado a < h	1
	13. LONGITUD DEL TALUD	18, 19	0 - 10 m.	20	10 - 15 m.	15	50 - 100 m.	10	100 - 250 m.	5	mayor a 250 m.	0	< 100	1	> 100	0
	14. EROSION	15, 17	Diluido, impermeabl.	15	Ligera, laminar	10	Concentrad, surcos	7	Concentr. en lechos	3	Gen. escav. en lechos	0	Ligera	3	Concentrada	2
	15. DRENAJE	11, 19	0 - 10 %	15	10 - 20%	10	20 - 0%	7	0 - 0%	3	mayor al 0%	0	40%	2	40%	1
FACTORES GEOLOGICOS	16. METEORIZACION Profunda	19	Estable 0-10%	15	Concentrad. 10-20%	10	fls. Superf. 20-30%	7	no controla. 30-40%	3	Distorionado > 40%	0	Concentrado	4	Caotico	1
	17. CLIMA (% area cubierta)	17, 8	Poco o ninguno. Menos de 1 m.	10	Ligero 0.5-1 m de profundidad	7	Moderado superif	5	Perfiles de rocas. Cambios fuertes.	3	Intensas y profundas. Mayor a 1.5 m.	0	Ligera	1	Superficial	0
	18. PERFIL Geomorfológico	20, 24	Bosques altos nativos	20	Bosques, cultivos 80 - 100 %	10	Arbustos, rastrojos 50-80%	7	Deforesta. Pastos 40 - 60 %	5	Sin cubierta vegetal 0-40% de pastos	0	Arbustos, pastos	3	Sin cubierta vegetal	1
	19. ESTADO HIPOTERMICO CUENCA		Bajo continuo, homogéneo	20	Homogéneo, concavo	10	Continuo, concavo-convexo	7	Secuenc. de base, roca dura y blanda	5	Variable, lateral y seccion, escape de resapado	0	Definido y de baja pendiente	3	Alternado, discontinuo	1
	20. TIPO DE ESTRUCTURA BAJO EL SUELO		Estabilizado	10	Monadnock	7	Madurez	5	Juvenil	3	Juvenil reciente	0	Madurez	2	Juvenil	0
FACTORES GEOLOGICOS	21. PALEO PENDIENTES		Nucleos de anticlinoria y anticlinoria poco plegados <10°	20	Base de los flancos de pliegues con pend. de 10° a 20°	10	Flancos anticlinales y sinclinales. Monoclinales hasta 20°	5	Repliegados, pliegues de arrastre monoclinares hasta 30°	3	Distorionado, muy repliegado. Nucleo anticlinal erosionado	0	Base estable no repliegada	3	Base repliegada no continua	1
	22. RELACION TOPOGRAFIA ESTRATIFICACION	20	No presentan	10	Capas horizontales o buzando contra y a favor del terreno	7	Poco, continua y definido	5	Definido, no continuo	3	Continuas, definidas	0	Ninguna	1	Continua visible	0
	23. PRESENCIA DE FALLAS GEOLOGICAS		Capas buzando contra el terreno, terrenos bajos	20	Capas verticales	10	Capas horizontales o buzando contra y a favor del terreno	7	Capas buzando en el mismo sentido del terreno pero mayor angulo	5	Capas buzando en igual direccion del terreno pero con mayor angulo	0	Estratos buzando contra la pendiente del terreno	3	Planos estructurales	0
	24. TIPO DE ROCA ORIGEN DE LOS SUELOS		No se presenta.	15	Locales de poco desplazamiento sin brecha	10	Continuas, sepultada poca brecha bajo el talud	5	Continua, brecha de falla, escarpes de falla	3	Regional, alineamiento altirrado	0	Area poco fracturada. Brecha consolidada	2	Infrayacente. Brecha consolidada	1

TABLA 2.02
EVALUACION PARA ZONIFICACIONES GEOTECNICAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN SUELOS (cont.)
(VARGAS 1,991)

FACTOR	PARAMETRO ESPECIFICO	PARAMETRO DE MAYOR RELACION	VALUACION Y RANGOS										MOVIMIENTO EN MASA RECIENTE			
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	A ESTABILIZARSE	V		
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	A ESTABILIZARSE	V		
FACTORES GEODINAMICOS	37. SOCAVAMIENTO DEL TALUD	18	No presenta	15	Por contenidos intermedios	10	Por contenidos estaduales de caudal bajo	7	Ries continuos de bajo caudal	5	Ries continuos con caudal moderado	0	No presenta	4	De cualquier grado o intensidad	1
	38. REPTAMIENTO	26, 34	No presenta	15	Ondulaciones con altura menor a 0.2 m	10	Ondulaciones generalizadas localmente	5	Ondulaciones progresivas	3	Terracotas	0	Terracotas	3	Ondulaciones generalizadas	1
	39. SOLIFLUXION	26, 34	No presenta	15	En zonas aisladas sin progresion en el tiempo	10	Pelicular	7	Intensa pero no generalizada	5	Generalizado en lujas progresivas e intensas	0	Lenta y localizada	3	Generalizada, lenta	1
	40. TIPO DE MOVIMIENTO MAS COMUN	9, 12, 13	No presenta	15	Cadidas locales, volúmenes menores	10	Deslizamientos, flujos de velocidad lento a rapido	5	Deslizamientos, flujos de velocidad avanzadas	3	Todo tipo, complej. Afecta. volúm. de mas de 500m ³ m ³	0	Flujos lentos y caidos	2	Todos los demas	0
	41. APORTES DE ESCOMBROS	18, 49	No presenta	15	Volumen reducido y esporadicos	7	Especialmente suelo residual	5	Caida de suelo y roca en volúmen moderados	3	Aportes continuos en vol. Moderados en la corona	0	No presenta	3	Cualquier volúmen considerable	0
FACTORES SISMICOS	42. ANTIGUOS MOVIMIENTOS EN MASA	20	Suelos residuales de poco espesor	25	De cualquier tipo pero estabilizado	10	De cualquier tipo forma conica	7	En amplias zonas, reactivos	5	Grandes volúmenes activos	0	Muy locales	2	Dimensiones considerables	0
	43. % DE AREA AFECTADA POR MOV. EN EL TALUD	26, 37	No presenta	30	0 - 10 %	15	10 - 20 %	10	20 % - 30 %	5	Mayor al 30 %	0	Menor al 10 % del talud	4	Mayor al 10 % del talud	0
	44. AREA MAS AFECTADA POR MOVIMIENTOS	26	No presenta	20	Flancos y centro muy superficial	15	Corona blancos con profundidad > 1 m	10	Base o cualquiera pero por socavamiento	5	Cualquiera pero intensamente	0	Partes bajas del talud	2	Parte media y alta del talud	0
	45. AGRIETAMIENTO	26	No presenta	20	Ondulaciones	15	No continua con profundidad < 0.3 m	7	Continuas por + 5 m, profund. > 0.3 m	5	Continuas y profundas	0	Poco o ninguno	4	Continuo, superficial	1
	46. ZONA DE RIESGO SISMICO	26	Bajo	30	Moderado	15	Moderados	15	Alto	0	Alto	0	Bajo	4	Moderado, alto	0
ACTIVIDAD HUMANA	47. FENOMENOS VOLCANICOS	26	No presenta	20	Influencia de tremores	10	Fuera alcance erup. Nevado no activo	5	Zonas bajas y plana en laderas de volcan	3	Taludes en la base del volcan. Nevado	0	No presente	2	Con cualquier efecto	1
	48. OBRAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL (Eac. Erenes, estruc. Contendon, terrazo, instrumentacion etc.)	26	Estad. que afecta obra de poco riesgo por tanto no son necesarias	20	Instrumentacion obra de poca magnitud para prevenc. y control en las partes altas del talud sin alcanzar la zona de riesgo. De baja magnit.	10	A la suma uno o dos pero no continuados	5	Ninguna	0	Ninguna	0	Todas las posibles pero continuadas	4	Ninguna	1
	49. OBRAS CAUSANTES DE INESTABILIDAD, acople, voladuras, presiones int., cortes, rellenos, sobre cargas	26	Ninguna	20	Reforestacion, agricultura, conatr. tecnificada	10	Mierita de socavones. Suelo desprotegido. Construc. altas.	5	Suelos desgastados, mierita no tecnica. Conatr. moderada	3	Mierita abandonada const. Grandes, deforest. grandes	0	Obras de conservacion y control. Reforesta.	4	Bladero, acoples	1
	50. USO ACTUAL DE LA TIERRA, mineria, cultivos, construcciones, ganaderia	26	1000 - 800	Estable	795 - 600	Susceptibilidad baja a desestabilizarse	599 - 400	Susceptibilidad moderada a desestabilizarse	389 - 200	Potencialmente inestable	199 - 0	140 - 100	Tendencia a estabilizarse	100 - 60	Tendencia a reactivarse	1
	VALUACION TOTAL															
RESULTADOS E INTERPRETACION	SIGNIFICADO DE LA VALUACION		1, 5 a 2, 0	1, 5 a 1, 8	1, 4 a 1, 6	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4	1, 2 a 1, 4
	FACTOR DE SEGURIDAD REACTIVO DEL TALUD (FS = F.resist/F.actuam)		Fr. 100 - 80 % mayor a Fa	Fr. 80 - 60 % mayor a Fa	Fr. 60 - 40 % mayor a Fa	Fr. 40 - 20 % mayor a Fa	Fr. 20 - 10 % mayor a Fa	Fr. 10 - 5 % mayor a Fa	Fr. 5 - 3 años	Fr. 3 - 2 años	Fr. 2 - 1 años	Fr. 1 - 0 años	Fr. 0 - 1 años	Fr. 1 - 0 años	Fr. 1 - 0 años	Fr. 1 - 0 años
	TIEMPO DE AUTOSOPORTE DEL T. ALUD BAJO ESAS CONDICIONES		Mayor a 20 años	20 - 10 años	10 - 5 años	5 - 3 años	3 - 2 años	2 - 1 años	1 - 0 años	0 - 1 años	0 - 1 años	0 - 1 años	0 - 1 años	0 - 1 años	0 - 1 años	0 - 1 años
	RIESGO		1. NINGUNO	2. BAJO	3. M ODERADO	4. ALTO	5. CRITICO									
	AMENAZA		1. AMENAZA SISMICA	2. AMENAZA VOLCANICA	3. AMENAZA HIDROMETEOROLOGICA	4. AMENAZA POR MOV. EN MASA	5. AMENAZA SOBRE MEDIO AMBIENTE									
PLANOS DE ZONIFICACION GEOTECNICA Y RIESGO GEODINAMICO, SISMICO Y VOLCANICO, PLANES PARA EVITAR CONTROLAR, MITIGAR O PREVENIR LOS RIESGOS NATURALES	VULNERABILIDAD		1. NINGUN DAÑO (0)	2. DAÑO EN EL 20 % (0.2)	3. DAÑO EN EL 40 % (0.4)	4. DAÑO EN EL 60 % (0.6)	5. DAÑO EN EL 80 % (0.8)	6. DAÑO EN EL 100 % (1)								
	VELOCIDAD PROBABLE DEL MOVIMIENTO		1. Estremecimiento rapido mayor a 3 m/seg	2. Muy rapido 0.3 - 3 m/seg	3. Rapido 1.5 m/seg - 0.3 m/seg	4. Moderado 1.5 m/seg - 1.5 m/seg	5. Lento 0.3 m/seg - 1.5 m/seg	6. Muy lento 0.06 m/seg - 0.3 m/seg	7. Estremecimiento lento menor 0.06 m/seg							
	TIPO MAS PROBABLE DEL MOVIMIENTO		1. CADDAS	2. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL	3. DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL	4. PROPAGACION LATERAL	5. FULGOS	6. MOVIMIENTOS COMPLEJOS								
	FACTOR DETONANTE DE MOVIMIENTO		1. SISMOS	2. EFECTOS VOLCANICOS	3. PRECIPITACION	4. OBRAS MINERAS	5. CONSTRUC. OBRAS	6. OTRAS								

TABLA 2.03

EVALUACION PARA ZONIFICACIONES GEOTECNICAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA. (cont.)

(VARGAS 1.991)

FACTOR	PARAMETRO ESPECIFICO	PARAMETRO MAS RELACIONADO	VALUACION Y RANGOS									
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR
FACTOR ESTRUCTURAL	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> BASE: MAPA DE ESFUERZOS, LITOLOGICOS, DISCONTINUIDADES. </div> 14. PATRON DE FRACTURAMIENTO 15. DIRECCION DE ESFUERZOS RESPECTO AL TALUD 16. NUMERO DE FAMILIAS DE FRACTURAS 17. TIPO DE FALLA ESTRUCTURAL 18. HISTORIA DEL TALUD 19. % DE AREA AFECTADA POR CAIDAS DE ROCA	10	Fracturas, diageneticas, Tectonismo bajo	10	De acuerdo a un patron de fracturamiento	7	Varios eventos que se pueden determinar	5	Ningun patron dominante	3	Emmascaramiento parcial	0
		10	Talud paralelo al σ_1	7	Angulo entre el talud y el σ_1 menor a 45°	5	Angulo entre el talud y el σ_1 aprox. a 45°	3	Angulo entre el talud y el σ_1 mayor a 45°	1	Talud perpendicular al σ_1	0
		10	I - II	10	III - IV	7	V - VI	5	VII - VIII	3	IX	0
		13, 20	Planos no intersectados en la cara del talud	7	Circular	5	Planar, cuñas	3	Interseccion en la cara del talud	2	Topping	0
		10, 15	Sin problemas anteriores	10	Caidas muy locales	7	Esporadicas caidas de roca pequena	5	Problemas locales de vol. grandes	3	Problema actual caida de rocas	0
		20	Ninguna	10	0 - 5 %	7	5 - 10 %	5	10 - 20 %	3	Mayor al 20 %	0
FACTOR GEOMECANICO	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> BASE: LEVANTAMIENTO SISTEMATICO DE DISCONTINUIDADES, DIAGRAMAS DE POLOS Y FRECUENCIAS </div> 20. DISCONTINUIDADES 21. ZONA DE RIESGO SISMICO 22. FENOMENOS VOLCANICOS	17	Muy favorable	20	Favorable	10	Regular	5	Desfavorable	3	Muy desfavorable	0
		10	Mayor a 6 m.	20	2 - 6 m.	10	0.6 - 2 m	5	0.05 - 0.6 m	3	Menor a 0.06	0
		13	Menor a 1 m.	20	1 - 3 m	10	3 - 10 m	5	10 - 20 m	3	Mayor a 20 m	0
		7	16 - 20	20	16 - 12	10	12 - 8	5	8 - 4	3	0 - 4	0
			I	20	II	10	III	5	IV	3	V	0
			Cerrados	20	Menor a 0.5 cms	10	Abierta 0.5 - 2 cms.	5	2 - 5 cms.	3	Mayor a 5 cms.	0
			No por ser cerrada	20	Calcis, cuarzo	10	Arcillas, limos	5	Arena, roca inturpada, suadada	3	Vacias	0
			S 6 - S 5	10	S 4	7	S 3	5	S 2	3	S 1	0
			I	20	II	10	III	5	IV	3	V	0
			Estratificacion	20	Estral, diadass	10	Estrat., diadta., foliaci.	5	Zonas de cizalla, esquistosidad	3	Diadass maestras, fallas	0
			Muy grande	15	Grande	7	Mediano	5	Pequeño	3	Muy pequeño	0
			Masivo	15	Bloques	7	Tabular, columnar	5	Irregular	3	Brecha	0
			0 - 1	20	2 - 4	10	4 - 6	5	6 - 8	3	Mayor a 8	0
		FACTOR SISMICO		20	Bajo	20	Moderado	10	Moderado	10	Alto	0
	No presentes			10	Influencia tremores	7	Fuera del alcance nevado, activo	5	Zonas bajas y planas en laderas del volcan	3	Taludes en la base del volcan	0

TABLA 2.03

EVALUACION PARA ZONIFICACIONES GEOTECNICAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA (cont.)

(VARGAS 1.991)

FACTOR	PARAMETRO ESPECIFICO	PARAMETRO MAS RELACIONADO	VALUACION Y RANGOS									
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR
ACTIVIDAD HUMANA	23. OBRAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL		Estudios que elimina cualquier zona de riesgo	10	Instrumentación, obras de poca magnitud	5	A la suma una pero no continuada	3	Ninguna	0	Ninguna	0
	24. OBRAS CAUSANTES DE INESTABILIDAD		Ninguna	10	En las partes altas del talud sin abarcar toda su extensión	5	En la parte media del talud, dimensiones menor al 5% talud	3	En la base del talud afectando el 5-10% del talud	1	Superficiales o/ subterráneas en mas del 10% del talud	0
	25. USO ACTUAL DE LA TIERRA		Ninguna	10	Vías de comunicación. Transporte	5	Canteras, transporte pasado	3	Minería en socavones, botaderos	1	Minería superficial y/o subterránea, voladuras	0
			VALUACION TOTAL	500 - 400	399 - 300	299 - 200	199 - 100	99 - 0				
	SIGNIFICADO DE LA VALUACION		Estable	Susceptibilidad baja a desestabilizarse	Susceptibilidad moderada a desestabilizarse	Susceptibilidad alta a desestabilizarse	Potencialmente inestable					
	FACTOR DE SEGURIDAD RELATIVO DEL TALUD. FS= F _{resist.} / F _{actuante}		1.8 - 2.0 Fr 100 - 80 % mayor a Fa	1.6 - 1.8 Fr 60 - 80 % mayor a Fa	1.4 - 1.6 Fr 40 - 60 % mayor a Fa	1.2 - 1.4 Fr 20 - 40 % mayor a Fa	Mayor o igual a 1 Fr = Fa, equilibrio inestab.					
RESULTADOS E INTERPRETACION	TIEMPO DE AUTOSOPORTE DEL TALUD BAJO ESAS CONDICIONES		Mayor a 20 años	20 a 10 años	10 a 5 años	5 a 3 años	Menor a 3 años					
	RIESGO	DEFINICION	Probabilidad de que se presente un fenómeno con resultados desfavorables para las personas, obras, bienes o ambiente									
	TIPO		1. NINGUNO 2. BAJO 3. MODERADO 4. ALTO 5. CRITICO									
	AMENAZA	DEFINICION	Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructivo en un periodo específico y un area determinada									
	TIPO		1. AMENAZA SISMICA 2. VOLCANICA 3. HIDROMETEOROLOGICA 4. MOV. EN MASA 5. SOBRE MEDIO AMBIENTE									
	VULNERABILIDAD	DEFINICION	Grado de perdida de un elemento (s) expuestos a la ocurrencia de un fenomeno natural o inducido. Magnitud del daño									
	TIPO		1. NINGUN DAÑO (0) 2. DAÑO EN EL 20% (0.2) 3. DAÑO EN EL 40 % (0.4) 4. DAÑO EN EL 60 % (0.6) 5. DAÑO EN EL 80 % (0.8) 6. DAÑO TOTAL 100 % (1)									
	FACTO DETONANTE DEL MOVIMIENTO		1. SISMOS 2. EFECTOS VOLCANICOS 3. PRECIPITACIONES 4. OBRAS MINERALES 5. CONSTRUCCIONES OBRAS 6. OTRAS									
	VELOCIDAD PROBABLE DEL MOVIMIENTO		1. Extremadamente rapido 2. Muy rapido 3. Rapido 4. Moderado 5. Lento 6. Muy lento 7. Extremadamente lento									
			Mayor a 3m/seg 0.3 - 3 m/seg 0.3 m/seg 1.5 m/seg 1.5 m/seg 1.5 m/seg 0.06 m/año 1.5 m/año Menor 0.06 m/año									

BASE : MAPAS, CENSOS, ENCUESTAS

PLANOS DE ZONIFICACION GEOTECNICA Y RIESGO GEOLOGICO. DISEÑO DE OBRAS Y PLANES PARA EVITAR, PREVENIR, CONTROLAR O MITGAR FENOMENOS

ESCALA	UTILIZACION
1:40.000 a 1:25.000	Utilizadas para reconocer la geología general regional del terreno y cambios topográficos globales.
1:25.000 a 1:10.000	Permiten entender los cambios topográficos, la localización de deslizamientos y los efectos locales.
Menor a 1:10.000	Se puede determinar la topografía de los deslizamientos y las características de los movimientos.

TABLA 3.01
PARAMETROS A DETERMINAR EN UN DESLIZAMIENTO
(SUAREZ 1.998)

TEMA	PARAMENTO	CARACTERISTICAS
Topografía	Localización con coordenadas	Planta de localización de ríos, cañadas, depresiones, humedades, vegetación, vías, escarpes, áreas de deslizamiento, etc.
	Lineas de nivel	Levantamiento con líneas de nivel que permitan determinar las áreas deslizadas o en proceso de movimiento. Identificar los escarpes, levantamientos y otras anomalías.
	Cambios topográficos	Localizarlos y correlacionarlos con la geología, aguas lluvias o subterráneas, posibles deslizamientos anteriores, procesos antrópicos, etc. Localizar focos de erosión, evidencia de movimientos, hundimientos o levantamientos del terreno. Ratas de cambio de la topografía con el tiempo.
	Perfiles	Curvatura, convexidad. Correlacionarlos con la geología y con el plano de líneas de nivel. Calcular pendientes y alturas. Localizar los perfiles en el plano en planta.
	Drenaje superficial	Si es continuo. Si es intermitente. Parámetros del sistema.
Geología	Formación geológica	Litología y características de cada formación. Secuencia de las formaciones. Profundidad a la cual aparece roca sana. Presencia de coluviones. Caracterización del suelo residual. Presencia de minerales susceptibles a alteración.
	Estructura en tres dimensiones	Estratificación. Espesor y características de cada manto. Plegamiento, Rumbo y Buzamiento de los planos o foliaciones. Cambios de Rumbo o Buzamiento. Relación entre Rumbos y Buzamientos con la pendiente del talud. Fallas, brechas y zonas de corte.
	Discontinuidades	Rumbo, Buzamiento. Separación entre discontinuidades. Aspereza. Abertura. Material de relleno. Continuidad. Fricción y Cohesión.
	Meteorización	Profundidad. Características (químicas y mecánicas). Elaboración de perfiles de meteorización.
	Fracturación	Tamaño de los bloques. Forma de los bloques. Posibilidades de deslizamiento o volteo.
Agua superficial	Precipitación	Precipitaciones máximas, mínimas y promedio; anuales, mensuales y diarias. Lluvia máxima en una hora. Forma (lluvia, granizo o nieve). Horario y duración de las lluvias.
	Cuenca tributaria	Area. Pendiente. Cobertura vegetal.
	Esorrentía	Tiempo de concentración y cálculo del caudal máximo para diseño.
	Infiltración	Infiltración en % relacionada con la precipitación.
Agua subterránea	Altura del nivel del agua	Niveles normales, aislados y suspendidos. Planos de líneas de nivel freático y líneas de flujo.
	Fluctuaciones	Fluctuaciones del nivel de agua con el tiempo y su relación con las lluvias. Variación de los niveles en el momento exacto de una lluvia. Fluctuaciones a lo largo del año. Fluctuaciones de año en año.
	Caracterización	Altura capilar. Presión de poros y presiones artesianas. Velocidad y dirección del movimiento del agua. Indicaciones superficiales de afloramientos de agua, zonas húmedas y diferencias en la vegetación. Química de las aguas subterráneas. Sales disueltas, contaminación, presencia de aceites. Efecto de actividades humanas sobre el nivel freático. Posibilidad de fugas de ductos de servicios públicos. Características del drenaje interno.
Movimiento de falla	Tipo de falla	Caida, flujo, deslizamiento de rotación o traslación, etc. y caracterización.
	Caracterización	Profundidad y forma de la superficie de falla. Dirección del movimiento. Rata de movimiento. Area y volumen.
Factores externos	Sísmica	Aceleración de diseño - Intensidad y Magnitud, Profundidad de epicentros. Distancia de los epicentros. Relaciones con fallas geológicas cercanas, cambios sísmicos con el tiempo, presencia de suelos susceptibles a sufrir cambios por vibraciones. Presencia de volcanes.
	Vegetación	Especies presentes. Cobertura, características del follaje y las raíces. Comportamiento de evapotranspiración.
	Clima general	Clima. Lluvias. Vientos. Temperatura (media y extremos horaria y diaria) - Cambios barométricos.
	Intervención antrópica	Modificaciones causada por el hombre, áreas de deforestación, localización de piscinas, tuberías de acueducto y alcantarillado, irrigación, minería, cortes y rellenos etc. Utilización de agua subterránea y restricciones. Empozamientos y adición de agua. Cambios en la dirección del agua superficial. Cambios en la cobertura del suelo que afecta la infiltración. Deforestación. Movimiento de vehículos, detonación de explosivos, maquinaria vibratoria. Cortes, rellenos, pavimentos, etc.
Mecánica de suelos	Propiedades mecánicas	Erosionabilidad. Granulometría - Plasticidad - Clasificación. Resistencia al corte (ángulo de fricción y cohesión). Permeabilidad. Sensitividad. Expansibilidad

TIPO DE INVESTIGACION	NUMERO MINIMO DE EXPLORACIONES	PROFUNDIDAD MINIMA RECOMENDADA DE LAS EXPLORACIONES	OBSERVACIONES	MUESTREOS	INSTRUMENTACION
1. Estabilidad a. Ladera Natural aparentemente estable	Tres preferiblemente alineadas	Para niveles de riesgo en el rango 100% - 250%, y a menos que se encuentre antes un estrato muy firme o que la configuración geométrica de la ladera permita eliminar como altamente improbable la aparición de una superficie de falla por debajo de la cota determinada; por lo menos una exploración se profundizará, por debajo de la superficie potencial de falla más probable, una longitud equivalente a la mitad de la diferencia de cotas entre cresta y la pata del tramo de ladera en estudio.	Si el nivel de riesgo excede 250%, tratar de seleccionar otro emplazamiento.	1. Niveles de riesgo menores de 100%: muestras representativas para pruebas rutinarias . emplazamiento para la obra. 2. Niveles de riesgo en exceso de 100%: muestras representativas (alteradas e inalteradas) para ensayos rutinarios y especiales	Insatilar un piezómetro a una cota intermedia de la ladera si el agua freática se encuentra alta o puede ascender y si el nivel de riesgo excede 250%. Hacer observaciones rutinarias cada dos semanas y especiales cada dos días en la época lluviosa. Evaluación de coeficiente de permeabilidad en sitio.
b. Ladera Natural Comprobadamente inestable	Cuatro, preferiblemente alineadas; una exploración se ubicará cuesta arriba del área inestable Una adicional si el nivel de riesgo excede 450%	Para niveles de riesgo en el rango 100% - 250%, y a menos que se encuentre antes un estrato muy firme o que la configuración geométrica de la ladera permita eliminar como altamente improbable la existencia de una superficie de falla por debajo de una cota determinada, por lo menos una exploración se profundizará, por debajo del nivel de la superficie de falla más probable equivalente a la mitad de la diferencia de cotas entre la cresta y la pata del tramo de ladera en estudio, Para niveles de riesgo mayores de 450%, por lo menos dos exploraciones se profundizarán una longitud equivalente a una vez la diferencia de cotas entre la cresta y la pata del corrimiento por debajo de la superficie de falla . Sin embargo, cualquier substrato extremadamente débil o consistente en suelos orgánicos deberá ser atravesado en su totalidad.	La cuarta y posteriores exploraciones podrán ubicarse selectivamente con base en la estratificación determinada mediante las tres primeras.	1. Niveles de riesgo menores de 100%: muestras representativas para pruebas rutinarias. 2. Niveles de riesgo en exceso de 100%: muestras representativas (alteradas e inalteradas) para ensayos rutinarios y especiales. Incrementar número de especímenes sesgados en forma compatible con nivel de riesgo.	Instalar tres piezómetros y por lo menos un "indicador de corrimiento" de profundidad adecuada si el nivel de riesgo excede 450%. Hacer observaciones rutinarias cada semana, y en la época lluviosa, una vez al día. Evaluación del coeficiente de permeabilidad en el sitio.

Tabla 4.01 Programa de Investigaciones del Subsuelo Número y Profundidad de Exploraciones Recomendadas (AQUATERRA - CORPOCALDAS, 1991 (CEMICALDAS))

TIPO DE INVESTIGACION	NUMERO MINIMO DE EXPLORACIONES	PROFUNDIDAD MINIMA RECOMENDADA DE LAS EXPLORACIONES	OBSERVACIONES	MUESTREOS	INSTRUMENTACION
c. Terraplén o Pedraplén a construir	Entre 3 y 4 según nivel de riesgo y altura proyectada	A menos que se encuentre antes un estrato muy firme, entre 0.5 y 1.25 veces la longitud horizontal máxima del talud en subsuelos relativamente homogéneos.	La cuarta y posteriores exploraciones podrán ubicarse selectivamente con estratificación determinada mediante las tres primeras	1. Niveles de riesgo menores de 100%: muestras representativas para pruebas rutinarias. 2. Niveles de riesgo sin exceso de 100%: muestras representativas (alteradas e inalteradas) para ensayos rutinarios y especiales, y algunas muestras sesgadas (alteradas e inalteradas) para pruebas especiales. Incrementar número de especímenes sesgados en forma compatible con nivel de riesgo.	A criterio del jefe de programa
d. Corte profundo	Entre 3 y 6 según nivel de riesgo y longitud y profundidad proyectada.	Entre 3/4 y una vez la anchura de fondo de excavaciones estrechas - a partir de la cota de fondo proyectada - a menos que se encuentre antes un estrato muy duro.	Si el nivel freático se encuentra alto, se precisará determinar el espesor de cualquier eventual capa permeable por debajo del fondo.	1. Niveles de riesgo menores del 100%: muestras representativas para pruebas rutinarias 2. Niveles de riesgo en exceso de 100%: muestras representativas (alteradas e inalteradas) para ensayos rutinarios y especiales, y si algunas muestras sesgadas (alteradas e inalteradas) para pruebas especiales. Incrementar número de especímenes sesgados en forma compatible con nivel de riesgo.	Por lo menos un piezómetro cercano a una pata del talud de corte, especial/ si se teme tubificación o lavado de finos.

Tabla 4.01 Programa de Investigaciones del Subsuelo Número y Profundidad de Exploraciones Recomendadas (AQUATERRA - CORPOCALDAS, 1991 (CEMCALDAS))

TIPO DE INVESTIGACION	NUMERO MINIMO DE EXPLORACIONES	PROFUNDIDAD MINIMA RECOMENDADA DE LAS EXPLORACIONES	OBSERVACIONES	MUESTREOS	INSTRUMENTACION
2. Muros de Contención	Entre 2 y 6 según la longitud y altura proyectadas.	Entre 3/4 y 1.5 veces la altura neta desbalanceada del muro. Empero, para estabilidad global de ladera, usar 1a, 1b o 1c.		y con peligro de tubificación y lavado de finos en la cercanía de las patas de los taludes de corte. A criterio del jefe del programa.	A criterio del jefe del programa

Tabla 4.01 Programa de Investigaciones del Subsuelo Número y Profundidad de Exploraciones Recomendadas (AQUATERRA - CORPOCALDAS, 1991 (CEMICALDAS))

CATEGORIA	APLICACIONES	LIMITACIONES
Penetrómetros de cono	Da información de espesores de suelo y profundidades de roca y provee información general sobre la calidad de los matos de suelo.	No se obtiene muestras ni se identifican los estratos.
Augers	Permite definir el perfil estratigráfico en suelos granulares y algunos tipos de arcilla.	Las muestras son alteradas y la penetración en suelos duros es muy difícil.
Apiques	Permiten el examen visual de los estratos, condiciones de nivel freático, interfase suelo – roca, discontinuidades y superficies de rotura.	Hay limitaciones de profundidad y en ocasiones la estabilidad de las paredes es crítica. Puede ser imposible de realizar por debajo del nivel freático.
Penetración estándar	Método rápido y eficiente de determinar la resistencia de los materiales y al mismo tiempo recuperar las muestras.	Las muestras son alteradas y en materiales muy duros se produce rechazo.
Sondeo a rotación	Se obtienen muestras inalteradas de suelo o roca.	Se requiere analizar las muestras en laboratorio para determinar su resistencia.

EXPLORACION	DIMENSIONES (m)		TIPOS DE MUESTRAS (1)	UTILIZACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	ANCHO	PROFUNDIDAD				
Apiques	1.5 a 2.0 (cuadrados)	0 - 6 (máximo 20)	A, I (labradas)	Cualquier obra, pero generalmente extensas	1. Pueden observarse los materiales en el sitio.	1. A veces requiere bombeo y entibado de paredes
	1.2 a 1.8 (circulares)	0 - 6 (máximo 20)			2. Pueden tomarse muestras labradas	2. Relativamente costoso.
Trincheras	1.2 a 2.0	0 - 10 (máximo 20)	A, I (labradas)	En cualquier obra si son a media ladera	1. Favorable generalmente en laderas	1. Relativamente costoso
					2. Pueden tomarse muestras labradas	2. A veces requiere entibado.
					3. Pueden observarse los materiales en el sitio	
Barrenas Manuales						
- Pala hoyadora	0.05 - 0.15	0 - 7 (2)	A (3)	Cualquier obra (4)	1. Relativamente económico y rápido	1. El material recobrado es altamente remoldeado.
- Barreno en tirabuzón						2. Impráctico en suelos granulares gruesos.
- Barreno Iwan						
Perforaciones						
- Taladro de Percusión o lavado	0.02 - 0.10	0 - 50	A (3)	Cualquier obra	1. Relativamente económico	1. La obtención de muestras de buena calidad puede ser difícil en ciertos suelos.
- Taladro rotatorio	0.02 - 0.10	0 - 500 (5)	A e I	Cualquier obra	1. Permite recobrar muestras inalteradas	2. Costoso para obras pequeñas 3. Requiere personal calificado.

Tabla 4.03 Algunos Métodos de Exploración. (AQUATERRA-CORPOCALDAS, 1991 (CEMICALDAS))

NOTAS:

(1): I: Inalteradas; A : Aalteradas. (2) En suelos cohesivos. En suelos granulares, con alto contenido de grava, no es posible aplicar este método. Tampoco en arenas bajo el nivel freático. (3) Para tomar muestras seudo - inalteradas (a golpes) mediante tubos de pared delgada, se requieren otros implementos. Sin embargo, esto no ofrece dificultad. (4) Buen método para realizar exploraciones preliminares en subsuelos cohesivos. (5) Según características del subsuelo, potencia del motor y tamaño de las muestras necesarias.

Clase de calidad	Propósito	Propiedades del suelo que se podrían obtener	Procedimiento típico de muestreo
1. Completamente inalterada	Datos precisos de laboratorio para la utilización en análisis detallado. En suelos sensitivos.	Parámetros de resistencia total y efectiva. Compresibilidad Densidad Porosidad Contenido de agua	Muestreador de pistón de pared delgada con balance de agua. Muestreador de triple tubo con enrasador de espuma de aire. Bloques tallados a mano.
2. Inalterada	Datos precisos de laboratorio para la utilización en análisis detallado. En suelos no sensitivos.	Fábrica. Propiedades inalteradas o remoldeadas del suelo	Muestreador hincado de pared delgada con balanza de agua. Muestreador de triple tubo con enrasador de agua.
3. Semialterada	Examen de la fábrica y algunos ensayos de laboratorio los cuales no se recomienda utilizar en análisis detallado.	Contenido de agua Fábrica Propiedades remoldeadas del suelo	Muestreador de pared delgada hincado. Muestreador SPT
4. Alterada	Secuencia general de la fábrica y propiedades muy generales de los suelos.	Propiedades remoldeadas del suelo	Muestras sin tubo.
5. Lavada	Secuencia muy aproximada de la fábrica	Ninguna propiedad	Muestras tomadas con lavado.

A. ENSAYOS RUTINARIOS					
DENOMINACION	MUESTRA			ESPECIFICACION	OBSERVACIONES
	TIPO (1)	Textura para	Cantidad	INVIAS	
		Prueba	minima (und)		
1. Humedad natural	I	Integral	10 a 25 (2)	INV E - 122	Diámetro de espécimen cilíndrico no menor de 5 cm, razón (altura / diámetro) entre 2 y 3
2. Límites de Atterberg	A o I	Pasante de 40	50 a 100	INV E - 125	
a. Límite líquido		Pasante de 40	20 a 25	INV E - 126	
b. Límite plástico		Pasante de 40	30	INV E - 127	
c. Límite de contracción	A o I	Pasante de 40	30	INV E - 127	
3. Gradación	A o I	Suelos Granulares		INV E - 213	
a. Análisis mecánico		Grava	4000		
		Arena	600		
b. Lavado por el Tamiz # 200	A o I	Limo y Arcilla		INV E - 123	
c. Análisis Hidrométrico	A o I	Pasante de 10		INV E - 124	
		Arena	115		
		Limo y Arcilla	65		
4. Compresión Inconfinada	I (3)	Suelo Cohesivo	. (4)	INV E - 152	
5. Peso unitario natural	I (3)	Suelo Cohesivo	. (4)	INV E - 128	
6. Compactación	A	ohesivo o Granular	10 a 20 kg (5)	INV E - 141	
a. Proctor estándar		ohesivo o Granular	10 a 20 kg (5)	INV E - 142	
b. Proctor Modificado	A	ohesivo o Granular	10 a 20 kg (5)	INV E - 142	
B. ENSAYOS ESPECIALES					
1. Gravedad específica	A	Suelo Granular	500	INV E - 128	Según el equipo de laboratorio
a. Retenido # 4		Suelo Cohesivo	25 a 50		
b. Pasante # 4	A o I	Suelo Cohesivo	. (7)	INV E - 151	
2. Consolidación	I (6)	Suelo Cohesivo	. (7)	INV E - 151	
3. Corte directo	I (6)	Suelo Cohesivo	. (8)	INV E - 154	
	A	Suelo Granular			
4. Ensayo Triaxial	I (6)	Suelo Cohesivo	. (9)	INV E - 153	Diámetro del espécimen cilíndrico (según aparato): 5 a 6 cm. razón Altura/ diámetro 2 a 3
5. Identificación de minerales de arcilla	A o I	Suelo Cohesivo	100 a 200 de pasante #200	INV E - 235	

Tabla 4.05 Tipos y Cantidades de muestras para Diversos Ensayos de laboratorio.
(AQUATERRA - CORPOCALDAS, 1991 (CEMCALDAS))

N golpes/pie	Compacidad de la arena
0 a 4	Muy suelta
5 a 10	Suelta
11 a 24	Media
25 a 50	Densa
Más de 50	Muy densa

N golpes/pie	Consistencia de la arcilla
Menos de 2	Muy blanda
2 a 4	Blanda
4 a 8	Media
8 a 15	Firme

RELACION DE FRICCION FR %	TIPO DE SUELO
0 – ½	Depósitos de caliza y roca blanda
½ - 2	Arena limpia sin finos
1 ¾ - 2 ½	Arena limosa
2 1/3 – 3 ¼	Arenas arcillosas, limo o arcillas moderadamente sensitivas.
3 – 4 ½	Arcillas arenosas
Más de 4	Arcillas moderadamente insensitivas.

FIGURA 2.01
EVALUACION DE LADERAS EN PROYECTOS LINEAL
 DESCRIPCION DEL PROYECTO
 (RIVAS Y CANO 1999)

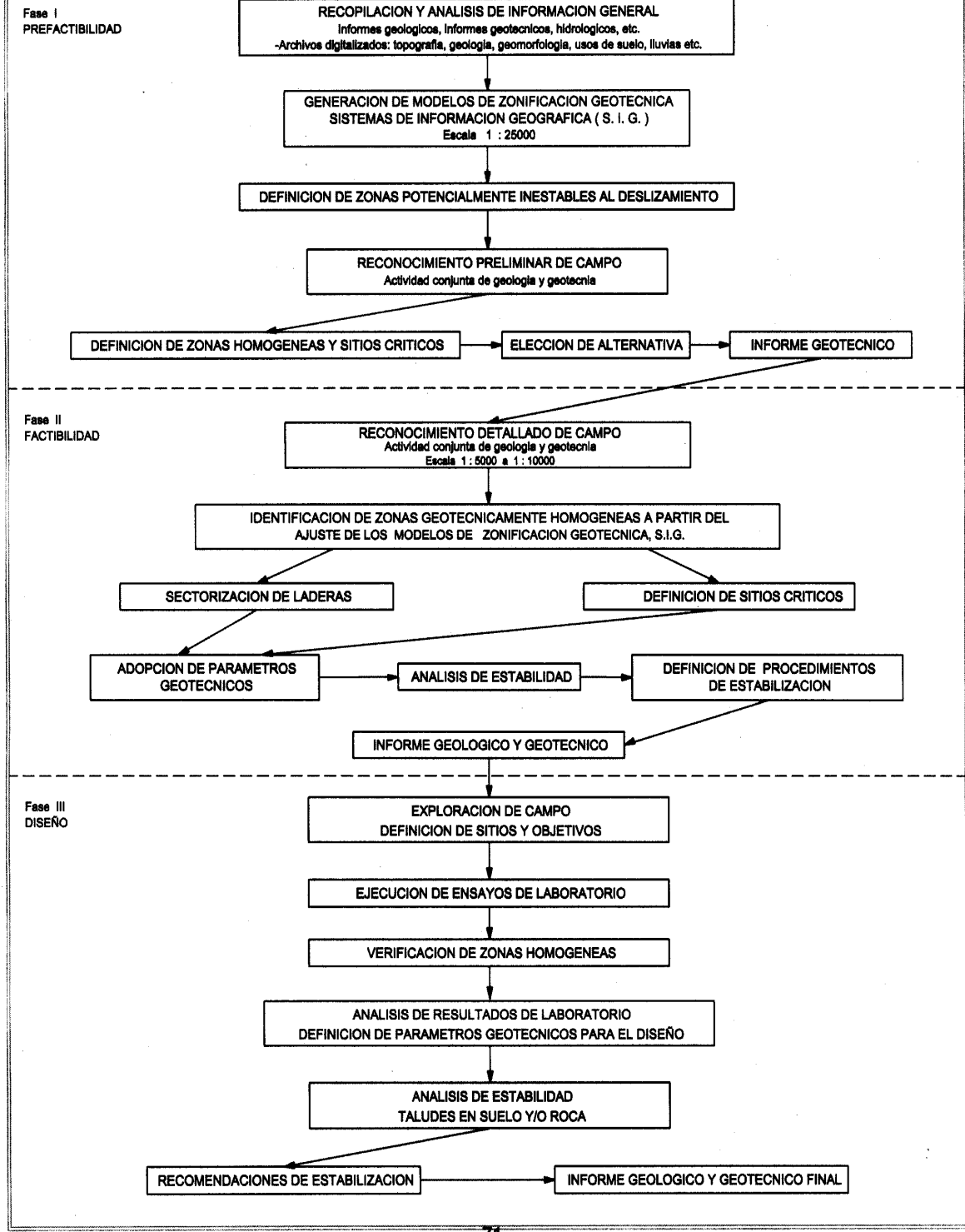


FIGURA 3.01
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INVESTIGACION Y ANALISIS DE DESLIZAMIENTOS
 (Japan Landslide Society, 1.996)

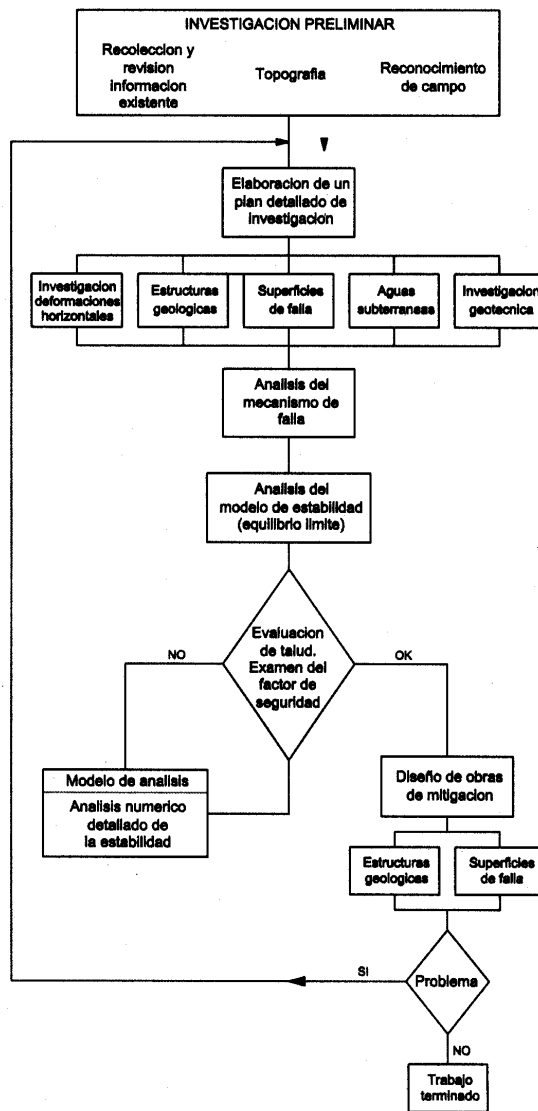
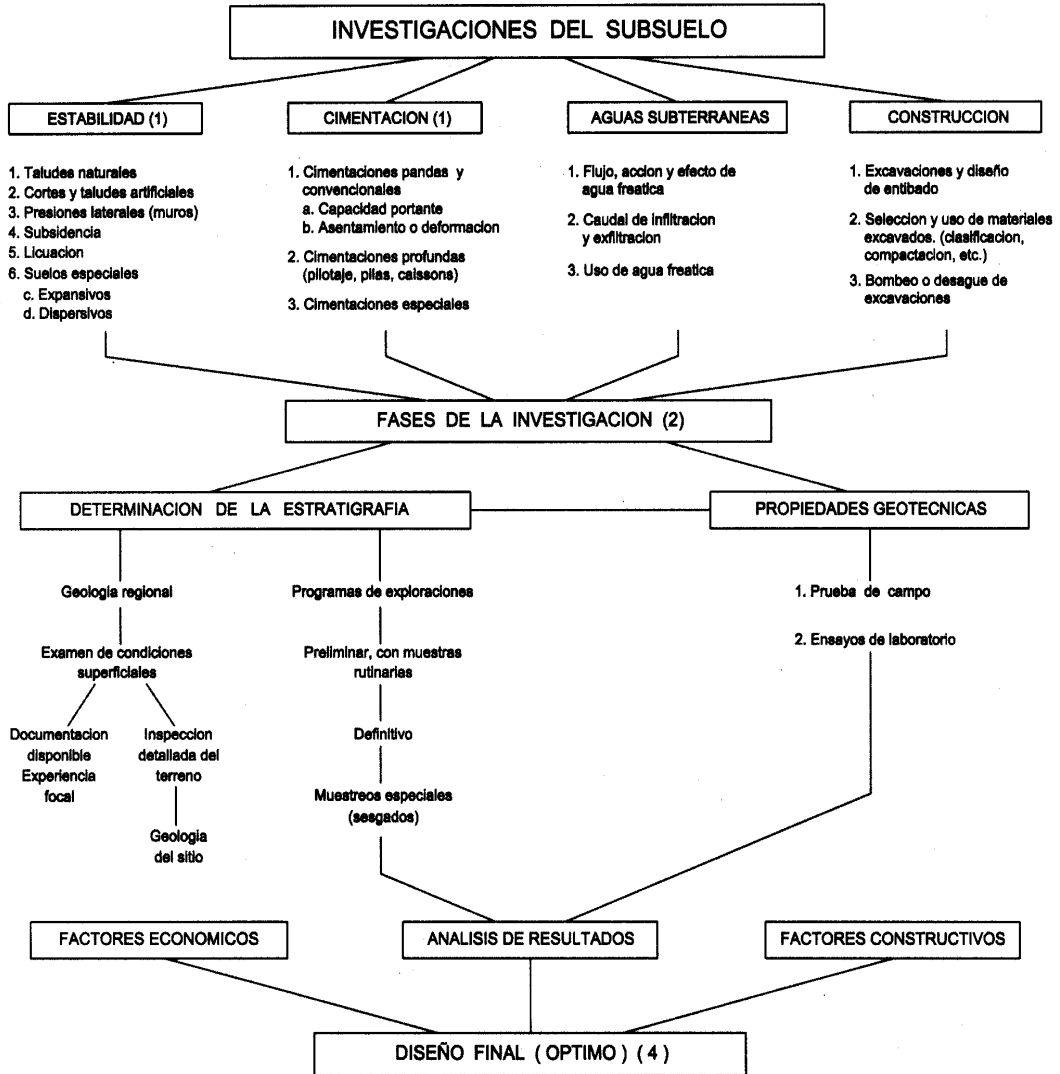


GRAFICO 4.01

INVESTIGACIONES DEL SUBSUELO

(Aqueterra - Corpocaldas, 1991 (Cemcaldas))

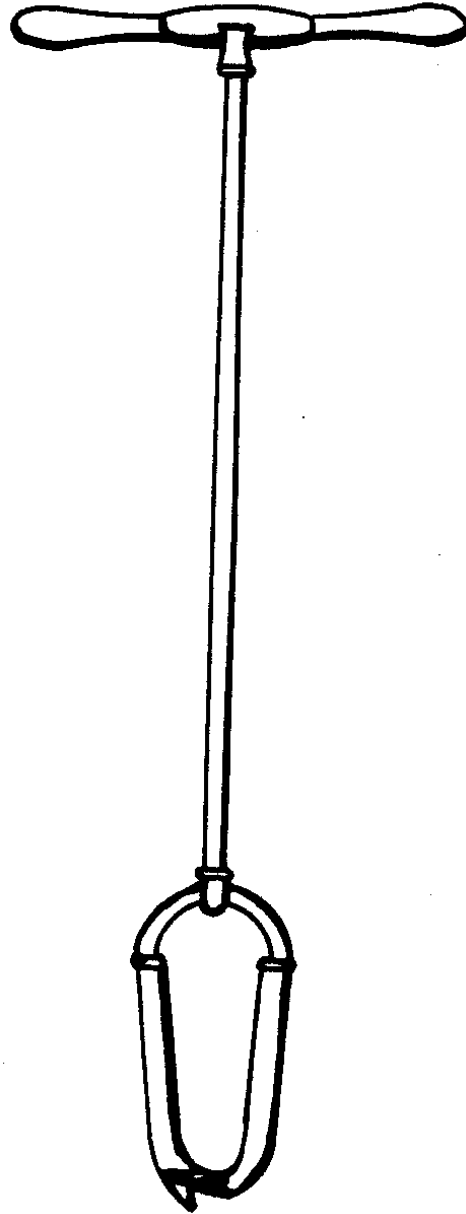


NOTAS :

1. Se deben aislar los problemas de estabilidad de los problemas de cimentacion
2. Se debe prestar el mismo cuidado a todas las fases de la investigacion

1. Un principio basico de ingenieria de fundaciones es que se debe dar prioridad a la seguridad sobre la economia

4. Se deben comparar alternativas desde el punto de vista tecnico : seguridad y bondad



BARRENO MANUAL TIPO IWAN

GRAFICO 4.02

(AQUATERRA, 1.991)

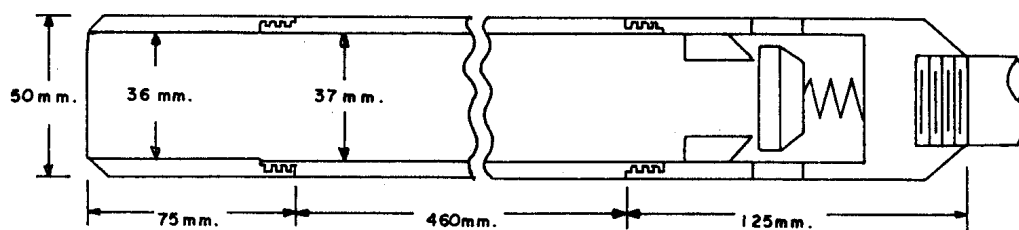


GRAFICO 403 MUESTREADOR DE TUBO PARTIDO PARA ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR SUAREZ (1998)

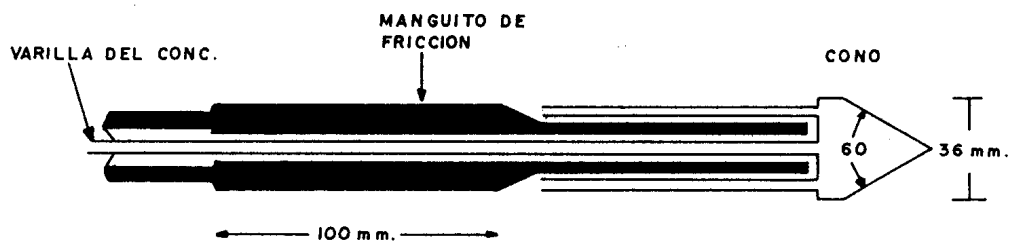


GRAFICO 404 CONO ALEMAN ESTATICO CON MANGUITO DE FRICCION SUAREZ (1998)

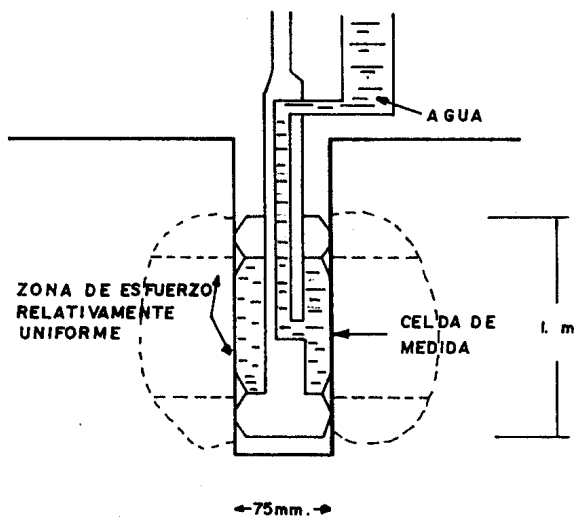


GRAFICO 405 PRESUOMETRO DE MENARD. SUAREZ (1998)

TABLA 2.03

EVALUACION PARA ZONIFICACIONES GEOTECNICAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCA (cont.)

(VARGAS 1.991)

FACTOR	PARAMETRO ESPECIFICO	PARAMETRO MAS RELACIONADO	VALUACION Y RANGOS									
			RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR	RANGO	VALOR		
ACTIVIDAD HUMANA	23. OBRAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL		Estudios que elimine cualquier zona de riesgo	10	Instrumentación, obras de poca magnitud	5	A la suma una pero no continuada	3	Ninguna	0	Ninguna	0
	24. OBRAS CAUSANTES DE INESTABILIDAD		Ninguna	10	En las partes altas del talud sin abarcar toda su extensión	5	En la parte media del talud, dimensiones menor al 5% talud	3	En la base del talud afectando el 5-10% del talud	1	Superficiales o y subterráneas en mas del 10% del talud	0
	25. USO ACTUAL DE LA TIERRA		Ninguna	10	Vías de comunicación, Transporte	5	Cantieras, transporte pesado	3	Minería en socavones, botaderos	1	Minería superficial y/o subterránea, voladuras	0
	VALUACION TOTAL		500 - 400	399 - 300	299 - 200	199 - 100	99 - 0					
	SIGNIFICADO DE LA VALUACION		Estable	Susceptibilidad baja a desestabilizarse	Susceptibilidad moderada a desestabilizarse	Susceptibilidad alta a desestabilizarse	Potencialmente inestable					
	FACTOR DE SEGURIDAD RELATIVO DEL TALUD. FS= F resist. / F. actuante		1.8 - 2.0	1.6 - 1.8	1.4 - 1.6	1.2 - 1.4	Mayor o igual a 1					
	TIEMPO DE AUTOSOPORTE DEL TALUD BAJO ESAS CONDICIONES		Mayor a 20 años	20 a 10 años	10 a 5 años	5 a 3 años	Menor a 3 años					
RESULTADOS E INTERPRETACION	RIESGO	DEFINICION	Probabilidad de que se presente un fenómeno con resultados desfavorables para las personas, obras, bienes o ambiente									
	TIPO		1. NINGUNO	2. BAJO	3. MODERADO	4. ALTO	5. CRITICO					
AMENAZA	DEFINICION		Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructivo en un periodo específico y un área determinada									
	TIPO		1. AMENAZA SISMICA	2. VOLCANICA	3. HIDROMETEOROLOGICA	4. MOV EN MASA	5. SOBRE MEDIO AMBIENTE					
VULNERABILIDAD	DEFINICION		Grado de pérdida de un elemento (s) expuestos a la ocurrencia de un fenómeno natural o inducido. Magnitud del daño									
	TIPO		1. NINGUN DAÑO (0)	2. DAÑO EN EL 30% (0.2)	3. DAÑO EN EL 40% (0.4)	4. DAÑO EN EL 60% (0.6)	5. DAÑO EN EL 80% (0.8)	6. DAÑO TOTAL 100% (1)				
FACTO DETONANTE DEL MOVIMIENTO	DEFINICION		1. SISMOS	2. EFECTOS VOLCANICOS	3. PRECIPITACIONES	4. OBRAS MINERALES	5. CONSTRUCCIONES OBRAS	6. OTRAS				
	TIPO		1. Extremadamente rapido	2. Muy rapido	3. Rapido	4. Moderado	5. Lento	6. Muy lento	7. Extremadamente lento			
VELOCIDAD PROBABLE DEL MOVIMIENTO	DEFINICION		Mayor a 3m/seg	0.3 - 3 m/seg	0.3 m/seg	1.5 m/seg	1.5 m/seg	1.5 m/seg	1.5 m/seg	Menor 0.06 m/seg		
	TIPO											

PLANOS DE ZONIFICACION GEOTECNICA Y RIESGO GEOLOGICO DISEÑO DE OBRAS Y PLANES PARA EVITAR, PREVENIR, CONTROLAR O MITIGAR FENOMENOS

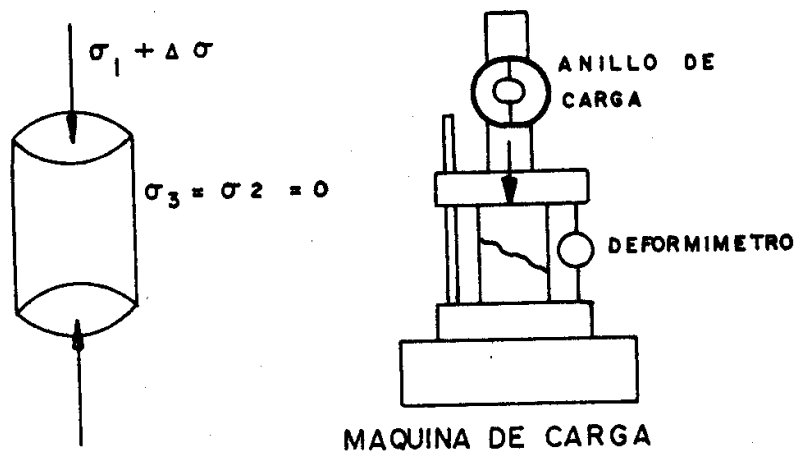


GRAFICO 4.08 CONDICION GENERAL DE CARGA EN EL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE. (TURNER Y SHUSTER, 1996).

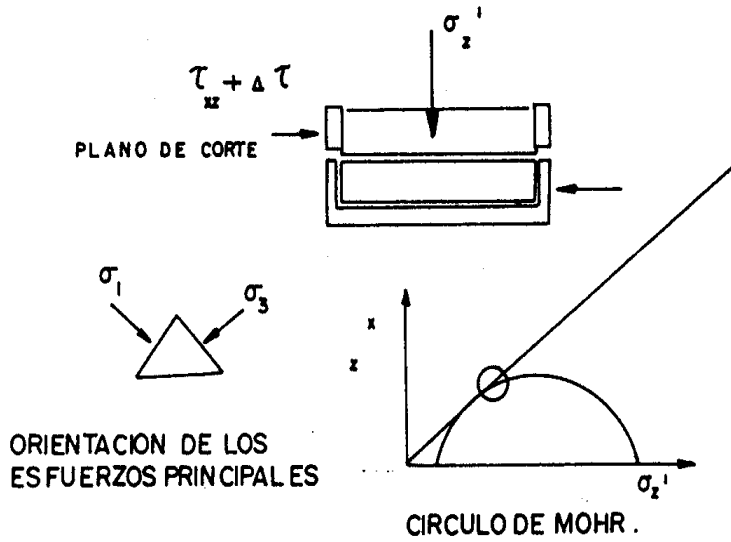
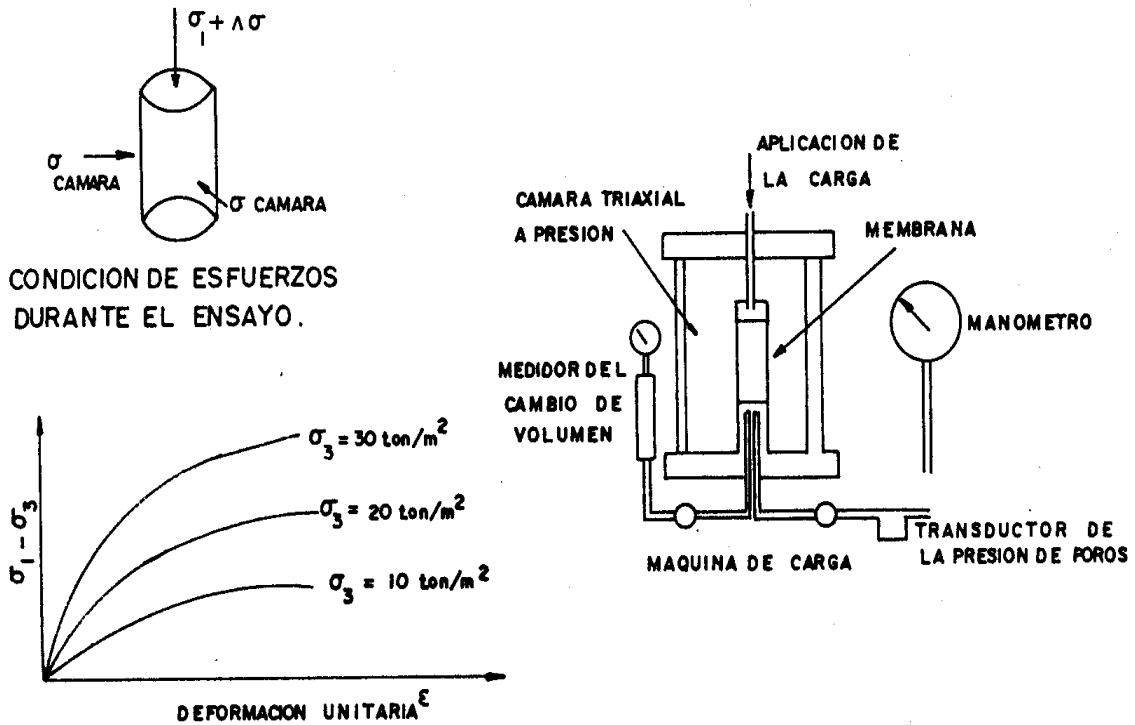


GRAFICO 4.09 ESQUEMA DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO (TURNER Y SCHUSTER).



CURVAS TIPICAS DE ESFUERZO-DEFORMACION

GRAFICO 4.10 CONDICION DE ESFUERZOS Y ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO DE ENSAYO TRIAXIAL A COMPRESION AXIAL

(TURNER Y SCHUSTER, 1996).