

# ESTUDIO DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA MUNICIPIO DE NUEVO COLÓN, BOYACÁ



---

JOSÉ OLMOS OLMOS  
ING. CIVIL – GEOTÉCNISTA

**JUNIO DE 2013**

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	ALCANCE.....	3
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	3
4.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	5
5.1.	Perfil Estratigráfico .....	5
5.2.	Caracterización Mecánica del Depósito (Arcilla).....	6
5.3.	Caracterización Mecánica de la Roca .....	7
6.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....	8
6.1.	Evaluación de la Amenaza.....	10
6.2.	Evaluación de Vulnerabilidad.....	11
7.	EVALUACIÓN DEL DRENAJE NATURAL.....	16
7.1.	Criterios de Diseño para Obras de Drenaje.....	16
	Intensidad.....	16
	Coefficiente de Escorrentía.....	16
	Caudal de Aporte .....	17
	Secciones para las Obras de Drenaje .....	18
8.	PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	19
	Plan de Prevención.....	19
	Plan de Mitigación .....	19
	Plan de Monitoreo .....	19
	Plan de Mantenimiento.....	19
9.	CONCLUSIONES.....	20
10.	ADVERTENCIA .....	20

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Registro gráfico de los ensayos de laboratorio del sondeo 2.....	5
Figura 2. Análisis de los parámetros de resistencia .....	6
Figura 3. Salida gráfica del software RocLab 1.0 para la caracterización mecánica de la roca. ....	7
Figura 4. Modelo Geológico - Geotécnico Perfil 1. ....	8
Figura 5. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1.....	9
Figura 6. Análisis de falla planar para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1.....	9
Figura 7. Esquema de deslizamiento .....	12

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de resistencia a partir de ensayos de Corte Directo sobre el material de depósito. ....	6
Tabla 2. Parámetros adoptados para los análisis de estabilidad.....	6
Tabla 3. Criterios de resistencia de la estructura .....	11
Tabla 4. Clasificación de la tipología de la estructura .....	11
Tabla 6. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio .....	12
Tabla 7. Categorías de presión lateral utilizadas en el estudio .....	13
Tabla 8. Solicitaciones para vías. ....	13
Tabla 9. Matriz de daño utilizada en el estudio IDp .....	13
Tabla 10. Valores del coeficiente de importancia. ....	14
Tabla 11. Clasificación de la Vulnerabilidad. ....	15
Tabla 12. Evaluación de la Vulnerabilidad.....	15
Tabla 13. Parámetros recomendados para la estimación del coeficiente de escorrentía en zonas no urbanizadas. ....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza con el objetivo de determinar la amenaza y vulnerabilidad por fenómenos de remoción en masa en el sector donde se ubica una Planta de Tratamiento de Agua, en el municipio de Nuevo Colón, Boyacá. De igual manera determinar el plan de medidas de mitigación y prevención, complementadas con la formulación de planes de seguimiento y monitoreo, los cuales deberán ser ejecutados por la entidad responsable de carácter obligatorio.

## 2. ALCANCE

El alcance del presente estudio es determinar la amenaza actual por fenómenos de remoción en masa y diseñar un plan de mitigación y monitoreo para garantizar la estabilidad local del área de estudio. Las recomendaciones contenidas en éste estudio se basan en los datos suministrados por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC y CORPOCHIVOR.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el área de estudio se presenta agrietamiento de los tanques de filtración de la planta de tratamiento. De igual manera en el terreno se pueden observar algunos indicios de reptaciones leves a nivel local, cercanas a la planta de tratamiento. La situación descrita puede observarse en las siguientes fotografías:

Fotografía 1. Grietas reparadas en la estructura de los tanques de Filtración.

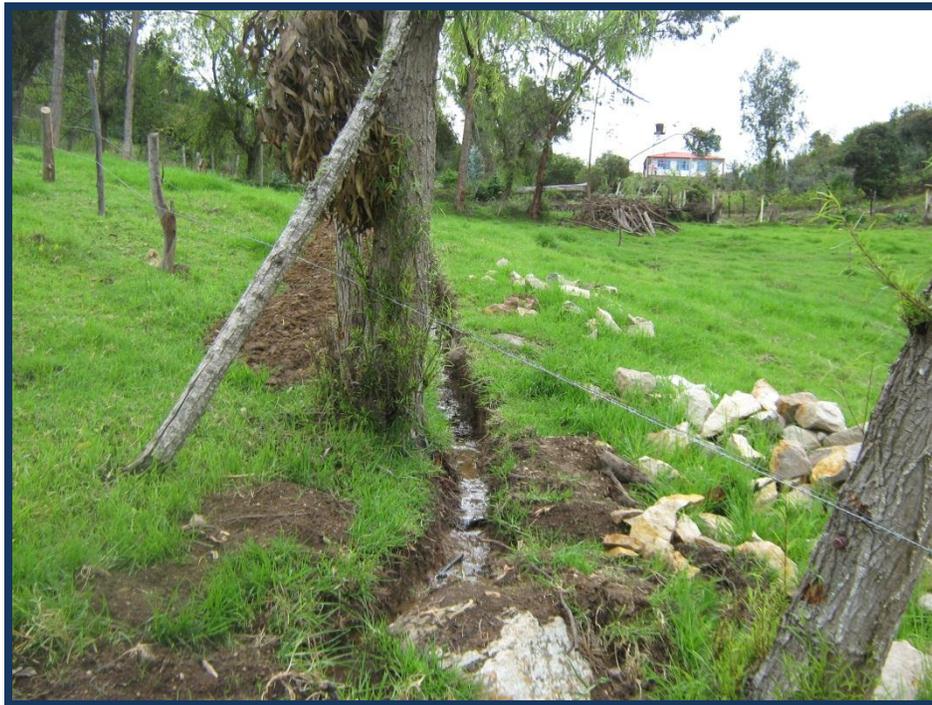


**Fotografía 2. Reptaciones en el área de estudio.**



Adicionalmente, en la zona de estudio, se encuentra una pequeña quebrada, canalizada mediante una zanja en tierra como se muestra a continuación:

**Fotografía 3. Quebrada existente en la zona de estudio.**



## 4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para la caracterización de materiales se hizo uso de registros de perforación y ensayos de laboratorio, de clasificación y resistencia, de 3 sondeos realizados. Esta información fue suministrada por la UPTC.

### 5.1. Perfil Estratigráfico

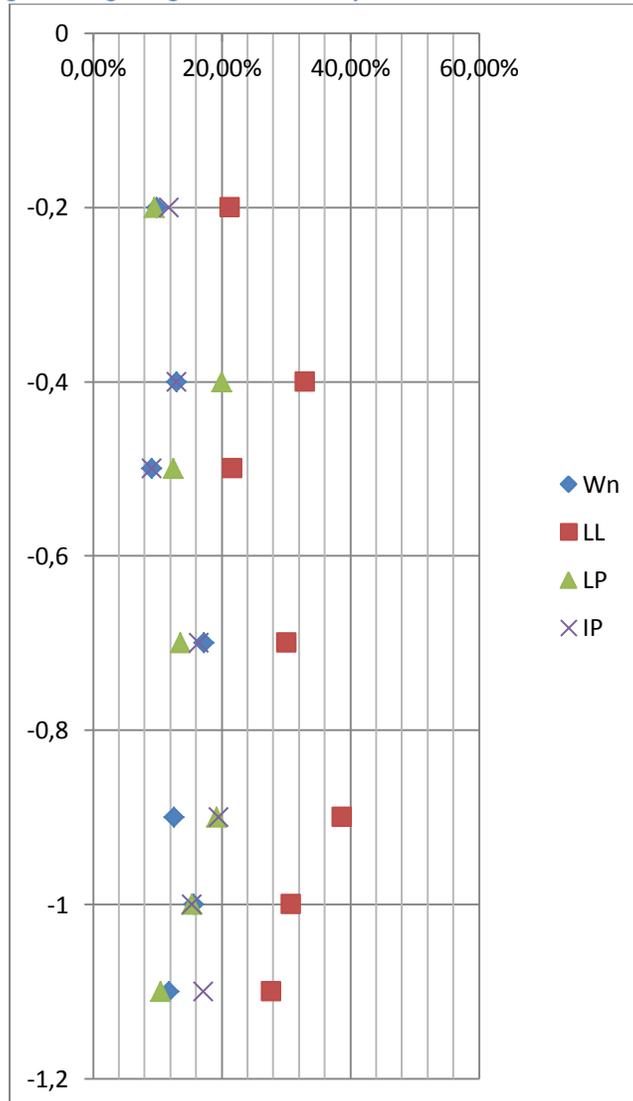
Profundidad 0.0 – 3.0/4.0 m

**Arcilla de Baja Plasticidad.** Suelo residual de la Arcillolita de color gris claro con betas amarillas. Con un alto grado de meteorización. Con valores de SPT entre 12 y 24 golpes.

Profundidad 3.0/4.0 m – en adelante

**Arcillolita.** Roca arcillolita de color gris.

Figura 1. Registro gráfico de los ensayos de laboratorio del sondeo 2.



## 5.2. Caracterización Mecánica del Depósito (Arcilla)

Debido a que en general el material de depósito es bastante uniforme, de acuerdo de a los ensayos de laboratorio practicados, se realizó un análisis global de los parámetros de resistencia obtenidos a partir de los ensayos de corte directo realizados, para lo cual se generaron las gráficas de Esfuerzo cortante vs. Esfuerzo normal, calculados a partir de cada ensayo, y se estableció la envolvente de falla promedio, teniendo en cuenta la distribución de esfuerzos obtenida. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 1. Parámetros de resistencia a partir de ensayos de Corte Directo sobre el material de depósito.

MUESTRA	Profundidad (m)	Angulo de fricción	Qc			
			Esfuerzo normal	Esfuerzo efectivo	Cohesión	Esfuerzo Cortante
			(ton/m <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>2</sup> )	(ton/m <sup>2</sup> )
S1-M1	0,40	15,9	0,84	0,84	8,01	8,24
S1-M3	1,10	19,8	2,32	2,32	7,89	8,72

Figura 2. Análisis de los parámetros de resistencia

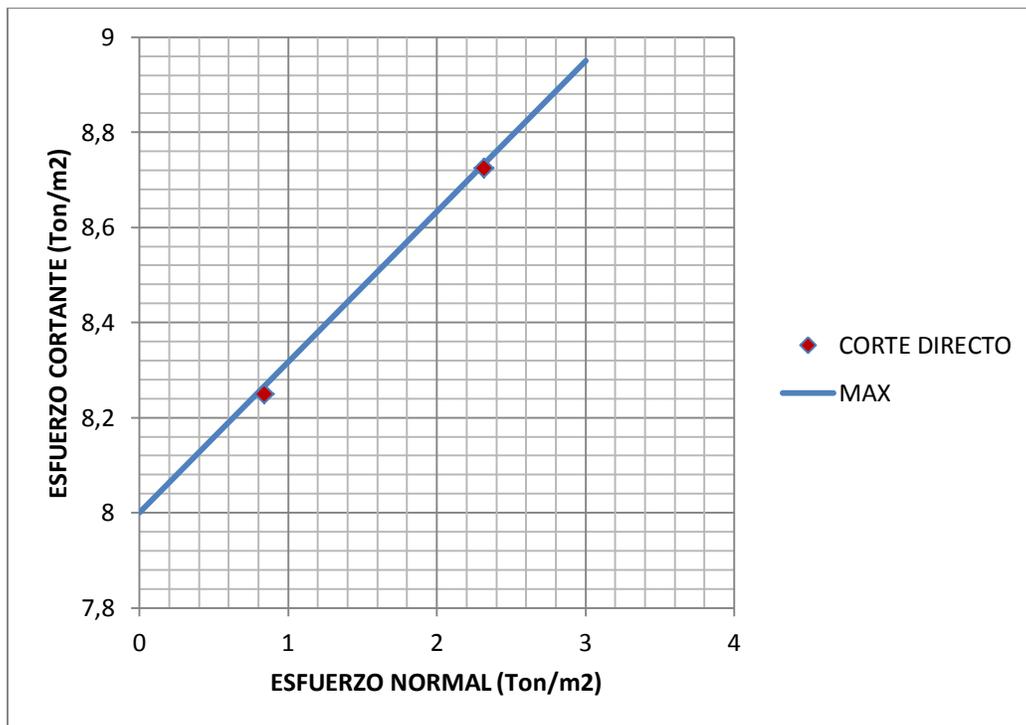


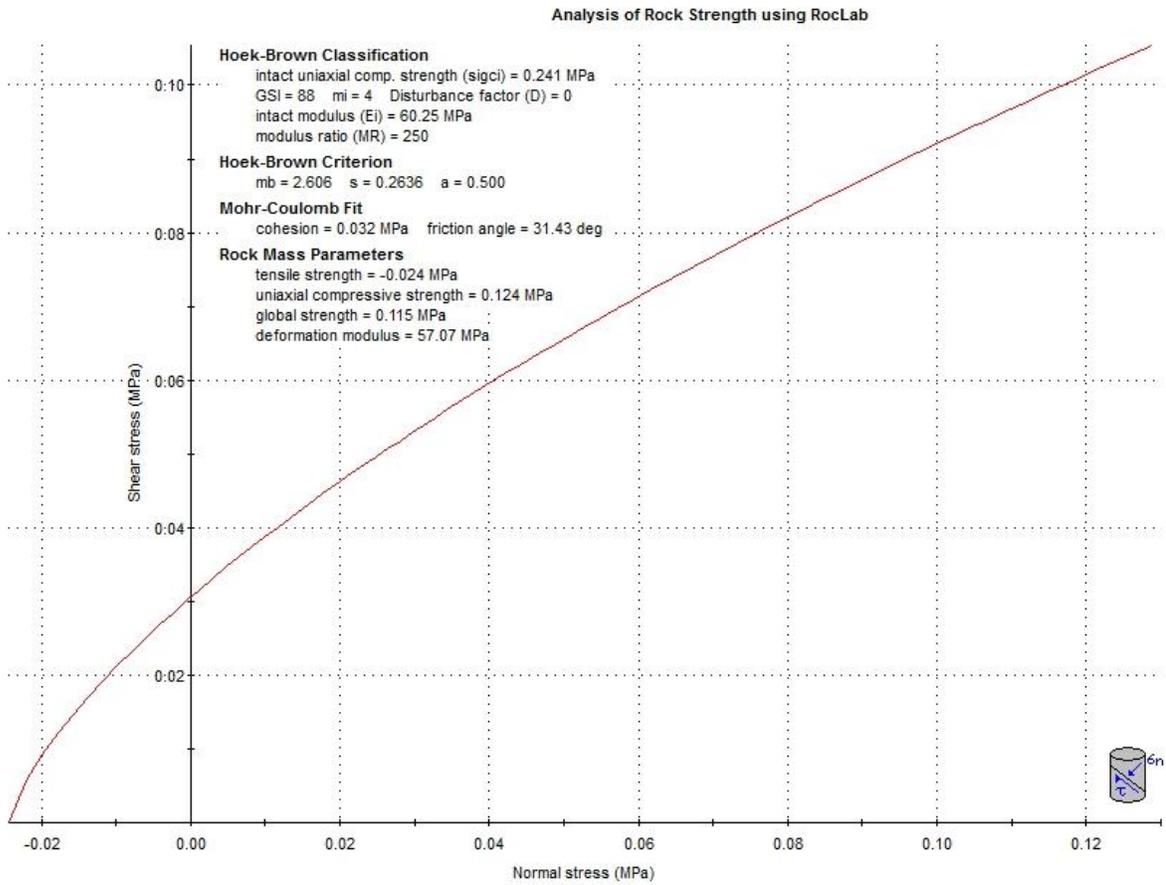
Tabla 2. Parámetros adoptados para los análisis de estabilidad.

MATERIAL	Pu PROM	PHI PROM	C PROM
CL	2,11	17,57	8

### 5.3. Caracterización Mecánica de la Roca

Para la caracterización geomecánica de la roca se utilizó el ensayo de compresión inconfiada realizado en la muestra S1-M1 y la clasificación de GSI (Geological Strength Index) cuyo análisis fue realizado mediante el software RocLab 1.0 de la casa Rocscience.

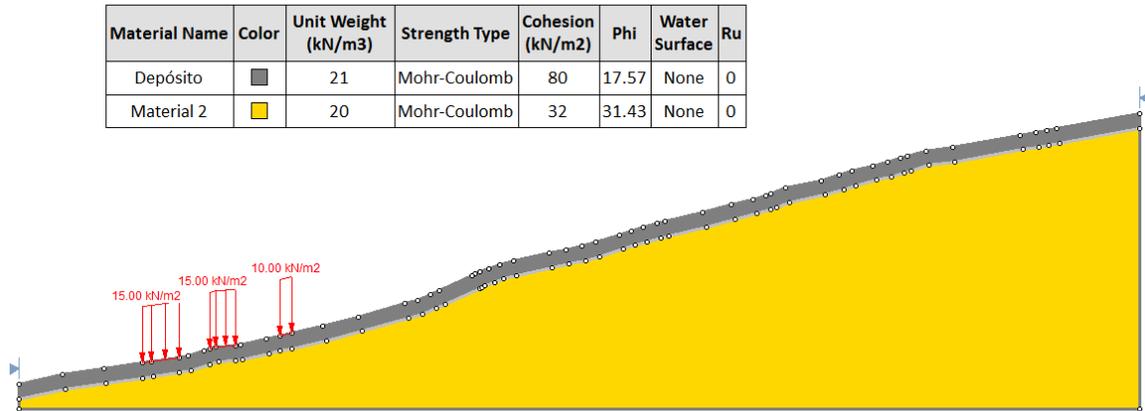
Figura 3. Salida gráfica del software RocLab 1.0 para la caracterización mecánica de la roca.



## 6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Se efectuaron análisis de estabilidad del terreno mediante el software Slide 6.0, en una sección de análisis representativa denominada Perfil 1 (ver localización en plano anexo) trazada sobre la zona de pendiente crítica.

Figura 4. Modelo Geológico - Geotécnico Perfil 1.



Este modelo fue analizado bajo condiciones extremas, esto es en condición de saturación y de sismo. El sismo fue modelado introduciendo el valor de la aceleración de diseño establecido para Turmequé por la NSR-10, igual a 0.2g, En los modelos se analizó el mecanismo de falla rotacional y traslacional.

Los resultados de los análisis para el escenario actual en condición extrema se presentan a continuación:

Figura 5. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1.

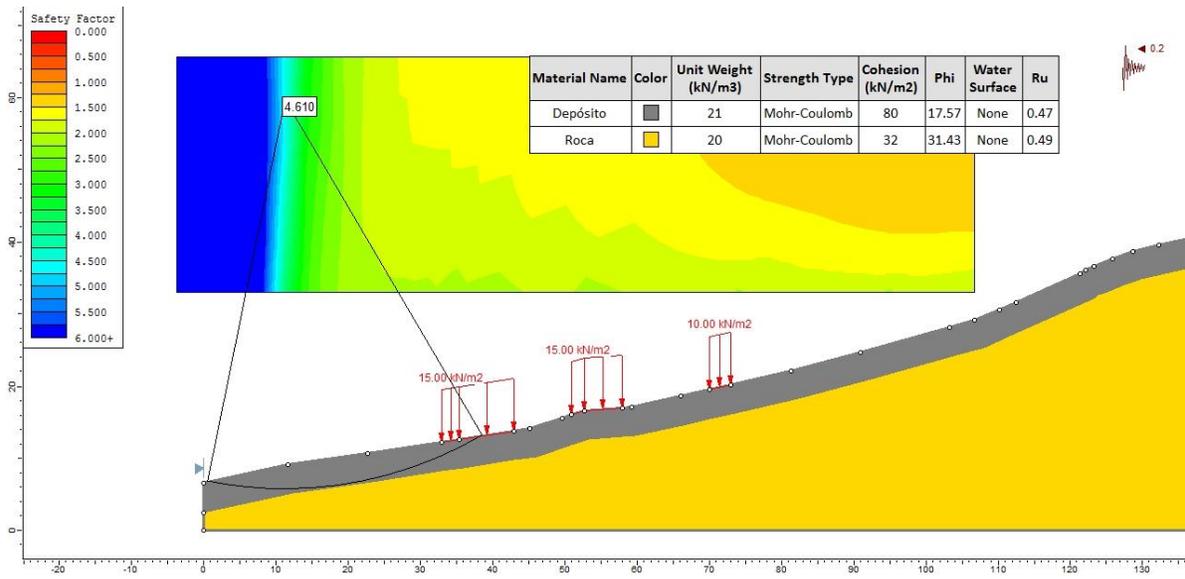
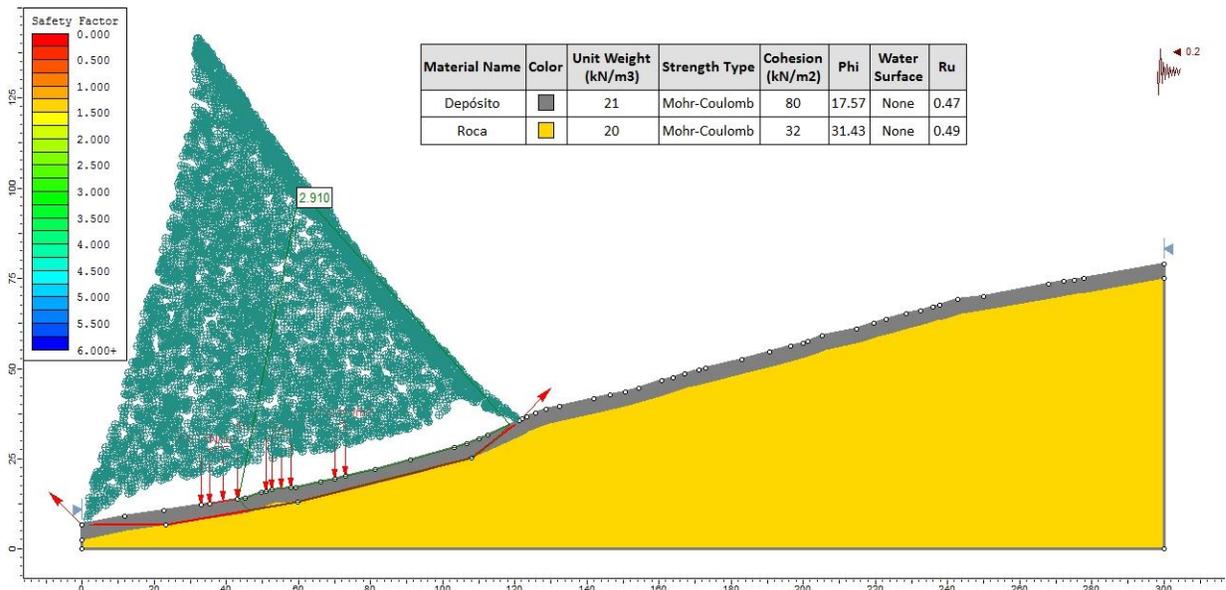


Figura 6. Análisis de falla planar para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1



## 6.1. Evaluación de la Amenaza

Definida la amenaza como la probabilidad que ocurra un fenómeno de remoción en masa de una magnitud, intensidad y frecuencia sobre un territorio determinado que pueda causar daños importantes o desastrosos. La metodología empleada está enmarcada dentro del tipo de información disponible, así como la escala y finalidad de trabajo, en tal sentido el presente estudio se basa en:

- Revisión de la cartografía básica existente (topográfica, geológica, geomorfológica, geotécnica, usos del suelo, cobertura vegetal).
- Selección de la base topográfica para la elaboración y presentación de los planos solicitados.
- Identificación de unidades geológicas superficiales, geomorfología y procesos morfodinámicos activos o potenciales a través de visitas a campo.
- Elaboración de información temática complementaria como cobertura y usos del suelo, precipitaciones, sismicidad, factor antrópico (cortes, rellenos, manejo de aguas de escorrentía y superficiales).
- Elaboración del modelo geológico-geotécnico (determinación de los aspectos intrínsecos, factores contribuyentes y detonantes).
- Determinación de las posibles zonas homogéneas, mecanismos de falla, caracterización del drenaje y su relación con los fenómenos de inestabilidad potenciales y activos.

Para la categorización de amenaza por fenómenos de remoción en masa se utilizó el siguiente criterio:

AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN EXTREMA
BAJA	$FS > 1.30$
MEDIA	$1.3 > FS > 1.0$
ALTA	$FS < 1.0$

De acuerdo a los análisis de estabilidad, antes mostrados, se puede concluir que el área de estudio se puede categorizar en **amenaza baja**.

## 6.2. Evaluación de Vulnerabilidad

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante deslizamientos, se empleó el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para tal efecto la metodología propuesta por Leone<sup>1</sup> y modificada por Soler et al<sup>2</sup>. En resumen, el trabajo consiste en calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las sollicitaciones y las características del elemento expuesto (edificaciones y demás construcciones existentes).

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad y magnitud del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se obtendrá una tipificación de las edificaciones teniendo en cuenta los siguientes criterios de resistencia de la estructura.

**Tabla 3. Criterios de resistencia de la estructura**

TIPO DE SOLICITACIÓN	MODOS DE DAÑO	CRITERIO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA
Desplazamientos laterales	Transporte. Deformación. Asentamientos. Ruptura.	Profundidad de la cimentación. Arriostamiento de la estructura.
Empujes laterales	Deformación. Ruptura.	Altura de la estructura. Profundidad de la cimentación. Refuerzo.
Impactos	Deformación. Ruptura.	Refuerzo.

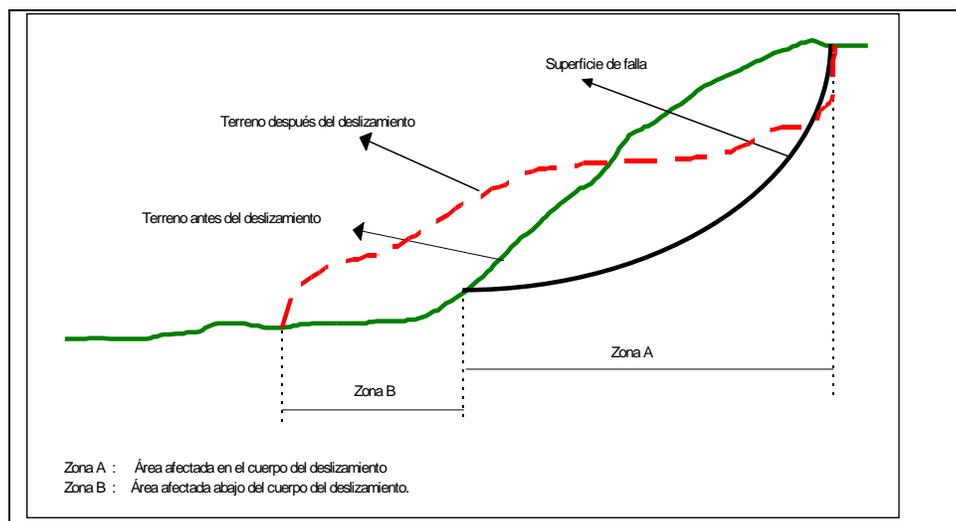
**Tabla 4. Clasificación de la tipología de la estructura**

TIPO ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
B1	Edificación en material de reciclaje
B2 Mampostería	Edificación en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Edificación prefabricada.
B3	Edificación de hasta dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Edificación de más de dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
R1	Vía.

<sup>1</sup> Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

<sup>2</sup> Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

El tipo de solicitaciones depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno<sup>3</sup>, tal como se presenta a continuación.



**Figura 7. Esquema de deslizamiento**

Como se puede observar en la figura anterior, se pueden distinguir dos zonas.

En la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que van a sufrir las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que, a su vez, dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utilizó la escala propuesta por Cruden y Varnes<sup>4</sup>, presentada a continuación:

**Tabla 5. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio**

DESCRIPCIÓN	CLASE	VELOCIDAD CARACTERÍSTICA milímetros/ segundos
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/sg
Rápido	VM2	Entre 0.5 mm/sg y 50 mm/sg
Moderado	VM3	Entre 0.05 mm/sg y 0.5 mm/sg
Lento	VM4	Entre 0.005 mm/sg y 0.05 mm/sg
Muy lento	VM5	Menor a 0.005 mm/sg

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que, igualmente, se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la edificación, así:

<sup>3</sup> Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

<sup>4</sup> Cruden, D. y Varnes D. (1991). **Landslides types and processes**. Universidad de Alberta.

**Tabla 6. Categorías de presión lateral utilizadas en el estudio**

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

**Tabla 7. Solicitaciones para vías.**

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
Degradación	DH1	Degradación de la vía
Obstrucción Baja	DH2	Obstrucción de la calzada con volumen < 10m <sup>3</sup>
Obstrucción Alta	DH3	Obstrucción de la calzada con volumen > 10m <sup>3</sup>
Ruptura	DH4	Ruptura de la calzada

**Tabla 8. Matriz de daño utilizada en el estudio IDp**

SOLICITACIÓN		TIPOLOGIA DE VIVIENDA				VIA
TIPO	RANGO	B1	B2	B3	B4	R1
DESPLAZAMIENTOS VERTICALES (VV velocidad de desplazamiento)	MDU (1/1000)	0.2	0.05	0.05	0.01	
	MDU (1/500)	0.4	0.2	0.1	0.05	
	MDU (1/250)	0.5	0.4	0.2	0.1	
	MDU (1/150)	0.6	0.5	0.3	0.2	
Amplitud de desplazamientos verticales para vías y/o redes de carreteras (DH)	DH (I) Degradación de la vía					0.3
	DH (II) Obstrucción con volumen de 10m <sup>3</sup>					0.4
	DH (III) Obstrucción con volumen de 100m <sup>3</sup>					0.8
	DH (IV) Ruptura					1.0

SOLICITACIÓN		TIPOLOGIA DE VIVIENDA				VIA
EMPUJES LATERALES	PL1 (SF=SE)	1.0	1.0	0.9	0.9	
	PL2 (SF=2/3SE)	0.8	0.7	0.6	0.4	
	PL3 (SF=1/3SE)	0.6	0.4	0.2	0.9	

MDU: Movimiento Diferencial Unitario o asentamiento diferencial en el contacto de la estructura expuesta.

SE: Superficie expuesta de la construcción, SF: Superficie del frente de la masa deslizada.

La calificación del daño potencial para los elementos expuestos se determinó a partir de los valores indicados en la matriz de daño en función de la altura que podría alcanzar el deslizamiento y la posible velocidad de desplazamiento, así como la degradación que podrían sufrir las redes de vías por FRM.

El Índice de Daño o calificación de daños se cuantifican por medio de la matriz indicada anteriormente, para hallar el porcentaje de daño o índice de pérdidas; estos porcentajes de pérdidas según los rangos de valores de cada ID fueran los propuestos por Leone (1996). Finalmente, se realizó el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Física, IVF, con la siguiente expresión empírica propuesta por Soler et al (1998) para involucrar las variables del problema mediante la teoría de conjuntos difusos:

$$IVF = [1 - (1 - ID)^{(1/(1-\alpha D))}]^{(1-\alpha D)}$$

Donde  $\alpha$  es la dependencia o coeficiente de importancia de ID en la valoración del IVF (0 cuando es mínima y 1 cuando es máxima).

**Tabla 9. Valores del coeficiente de importancia.**

Grado de Amenaza	Valor de $\alpha$
Baja	0.2
Media	0.4
Alta	0.6

**Tabla 10. Clasificación de la Vulnerabilidad.**

<b>Categoría de la Vulnerabilidad</b>	<b>Valor del IVF</b>
Alta	$IVF \geq 0.65$
Media	$0.15 \leq IVF < 0.65$
Baja	$IVF < 0.15$

De acuerdo a lo anterior la vulnerabilidad de los elementos identificados se categoriza a continuación:

**Tabla 11. Evaluación de la Vulnerabilidad**

<b>ELEMENTO</b>	<b>VULNERABILIDAD</b>
VIAS	MEDIA
PLANTA DE TRATAMIENTO	MEDIA

La memoria de cálculo de presenta en el Anexo 2.

## 7. EVALUACIÓN DEL DRENAJE NATURAL

En el sitio de estudio se encontró un considerable flujo superficial y sub-superficial de agua a través de los materiales presentes. Teniendo en cuenta que es de gran importancia el flujo de agua que discurre hacia la parte baja del predio. El área de aporte es de aproximadamente 5.418m<sup>2</sup>.

### 7.1. Criterios de Diseño para Obras de Drenaje

Los parámetros para el diseño de las obras de drenaje requieren establecer el caudal de diseño de las obras que está en función de acuerdo al Método Racional. Este planteamiento o modelo de estimación de caudales máximos generados por escorrentía, se identifica con la siguiente ecuación:

$$Q = k \times i \times A \times c$$

Dónde:

Q = Caudal pico (m<sup>3</sup>/s);

k= Factor de conversión que en el sistema métrico es igual a 0.0028 (lt/s/m<sup>2</sup> mm/hr);

i= Intensidad máxima para la frecuencia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca vertiente (mm/hr);

A=Área aferente (ha);

C =Coeficiente de escorrentía, con valor numérico entre 0 y 0.8, que depende de las características fisiográficas del área de drenaje y la cobertura del suelo.

#### **Intensidad**

Para efectos del estudio se adoptó una intensidad crítica de 307.04 mm/h. para un periodo de retorno de 50 años y una duración de 10 minutos.

#### **Coeficiente de Escorrentía**

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad promedio de precipitación en una tormenta. Debido a la alta variabilidad de la intensidad de precipitación, este valor es de difícil determinación, si se emplea la información observada. Por tal motivo se optó por asumir el valor del coeficiente de escorrentía teniendo en cuenta el uso del suelo; bajo las siguientes recomendaciones, que incluyen el relieve del terreno, permeabilidad, vegetación y la capacidad de almacenaje en las microcuencas, tal como se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 12. Parámetros recomendados para la estimación del coeficiente de escorrentía en zonas no urbanizadas.

<b>RELIEVE DEL TERRENO</b>	40	30	20	10
	Muy accidentado	Accidentado	Ondulado	llano
	m>30%	10%<m<30%	5%<m<10%	M<5%
<b>PERMEABILIDAD DEL SUELO</b>	20	15	10	5
	Muy Impermeable	Bastante Impermeable	Bastante Permeable	muy Permeable
	roca	Arcilla	normal	arenas
<b>VEGETACIÓN</b>	20	15	10	5
	ninguna	Poca	bastante	mucha
		- del 10% de la superficie	hasta el 50% de la superficie	hasta el 50% de la superficie
<b>CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE AGUA</b>	20	15	10	5
	ninguna	Poca	bastante	mucha
<b>VALOR DE K</b>	75 - 100	50 – 75	30 - 50	25 - 30
<b>VALOR DE C</b>	0.65 - 0.80	0.50 - 0.65	0.35 - 0.50	0.20 - 0.35

De acuerdo a lo anterior se adopta un coeficiente de escorrentía de 0.55.

### Caudal de Aporte

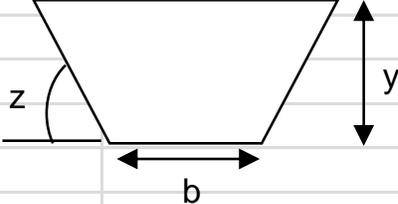
El caudal calculado será:

$$Q = 0.0028 * 307.04 * 0.55 * 0.5$$

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

## Secciones para las Obras de Drenaje

Para el caudal de aporte calculado se presenta la siguiente sección trapezoidal de drenaje superficial:

<b>Cuneta</b>	
Material:	Concreto
<b>b=</b>	0,20 m
<b>y=</b>	0,20 m
<b>n=</b>	0,012
<b>A=</b>	0,06
<b>P=</b>	0,647
<b>R=</b>	0,093
<b>So=</b>	0,35
<b>z=</b>	0,5
<b>Q=</b>	0,61 m <sup>3</sup> /s
<b>Qap=</b>	0,25 m <sup>3</sup> /s
	
Revisión:	OK
Revisión v.	OK

## **8. PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

### **Plan de Prevención**

- Debido a la vulnerabilidad estructural de las viviendas afectadas se deberá realizar una inspección de cada una para determinar su condición de estabilidad estructural y determinar las medidas requeridas para cada caso.

### **Plan de Mitigación**

- Se recomienda la construcción de canales para el manejo del agua de escorrentía, de igual manera se recomienda la instalación de un filtro francés para la captación de agua subsuperficial, de acuerdo a lo que se muestra en los planos.
- Se debe generar un sistema de captación de las aguas de riego de los cultivos presentes en la zona con el fin de mantener un nivel de humedad bajo en el terreno.
- Se debe realizar una inspección cuidadosa de la estabilidad de la estructura de los tanques para determinar si es posible su reparación. De igual forma debe inspeccionarse, mediante un apique, las condiciones del suelo de fundación de los tanques, puesto que debido a las altas cargas producidas por el agua contenida, es recomendable tener una capa de material granular seleccionado bajo la losa de cimentación.
- Se deben tomar las medidas necesarias para impedir filtraciones de agua de los tanques directamente sobre su suelo de fundación, pues esto favorece las condiciones para que se presenten fuertes asentamientos de la estructura.

### **Plan de Monitoreo**

- Se recomienda la instalación de piezómetros, para monitorear la posición del nivel freático.
- De igual manera se recomienda la instalación de inclinómetros en los muros de los tanques para monitorizar sus deformaciones.

### **Plan de Mantenimiento**

El plan de mantenimiento consiste en preservar las estructuras de drenaje como se indica a continuación:

- Limpieza de cunetas, canales y descoles: bimensual o como mínimo antes de la época invernal.

## **9. CONCLUSIONES**

- Teniendo en cuenta los análisis de estabilidad realizados y lo observado en el terreno se puede determinar que, en términos generales, la ladera presenta estabilidad por fenómenos de remoción en masa. Sin embargo pueden presentarse pequeños fenómenos de reptación, con mayor probabilidad, en las épocas de lluvias.
- La afectación de los tanques puede deberse a problemas de asentamientos relacionados a la cimentación de los mismo, producto de una posible infiltración de agua al suelo de cimentación proveniente de los tanques y la posible falta de suelo mejorado bajo la losa de cimentación. Esto puede corroborarse ya que en los muros de los tanques, en la zona de corte, no presentan pandeo o fisuración producto del empuje del suelo.

## **10. ADVERTENCIA**

El presente estudio fue elaborado bajo la información suministrada por el convenio UPTC-CORPOCHIVOR hasta la fecha de elaboración del mismo, cualquier modificación en las condiciones del terreno deberán ser informadas oportunamente para su procesamiento bajo la luz del presente informe.

Cordialmente,

**JOSE OLMOS OLMOS**  
**INGENIERO CIVIL – GEOTÉCNISTA**  
**MAT. 2520241419 CND**