SOLUCIONES INTEGRALES EN PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO

SISTEMA DE CONTENCIÓN

EDIFICIO CASA DE LA CULTURA

MUNICIPIO DE MONTEBELLO, ANTIOQUIA

CODIGO: DGPM-678-2025

# DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

DOCUMENTO: 678-MC-IN-02-A

AGOSTO DE 2025

(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

| Índice de Revisión | Archivo | Sección Modificada | Fecha Modificación | Observaciones |
|---|---|---|---|---|
| A | 678-MC-IN-02-A | - | AGOSTO/2025 | Entrega inicial |
| | | | | |

| Responsable por elaborar componente geotécnico. | Nombre | Ing. María Carolina Hincapié Ramos |
|---|---|---|
| Ingeniero Civil<br>Magister en Ingeniería Sísmica<br>Especialista en Mecánica de Suelos<br>M.P. Nº: 3441 ANT. | Firma | |
| | Fecha | AGOSTO/2025 |



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## TABLA DE CONTENIDO


1.0 INTRODUCCIÓN ..... 5
2.0 ALCANCE DEL INFORME ..... 5
3.0 ASPECTOS GENERALES ..... 5
3.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO ..... 5
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO ..... 6
4.0 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA ..... 9
5.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ..... 10
6.0 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILAS ..... 13
6.1 EVALUACIÓN DE CARGAS ..... 13
6.1.1 CARGA MUERTA (D) ..... 13
6.1.2 EMPUJES DE SUELO ($H_{EST}$ Y $H_{PSEUDO}$) ..... 13
6.2 COMBINACIONES DE CARGA ..... 14
6.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO ..... 15
6.3.1 CONCRETO ..... 15
6.3.2 ACERO DE REFUERZO ..... 15
6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL ..... 16
6.4.1 DISEÑO DE ELEMENTOS ..... 16
7.0 CONCLUSIONES ..... 22
8.0 RECOMENDACIONES ..... 22
9.0 NOTAS IMPORTANTES ..... 22
10.0 BIBLIOGRAFÍA ..... 25


## LISTA DE FIGURAS


Figura 1. Mapa de localización del proyecto. ..... 6
Figura 2. Ubicación del proyecto en planta topográfica ..... 7
Figura 3. Sección de análisis 2 ..... 8
Figura 4. Sección de análisis 5 ..... 8
Figura 6. Análisis de estabilidad con implementación de obra de contención ..... 12
Figura 7. Resultados dovelas para pilas ..... 12
Figura 9. Cargas de diseño empujes de suelo estáticas ..... 14
Figura 10. Movimientos horizontales en estructuras de contención. (Tabla H.6.4-1, titulo H NSR-10) ..... 21


## LISTA DE TABLAS


Tabla 1. Parámetros geotécnicos estratos de suelo ..... 9





(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

Tabla 2. Módulos elásticos y de reacción para estratos de suelo ..... 10
Tabla 3. Diseño estructural pilas L = 12.00 m ..... 16
Tabla 4. Diseño estructural pilas L = 9.00 m ..... 16
Tabla 5. Diseño a flexión viga cabezal ..... 17
Tabla 6. Diseño a cortante y torsión viga cabezal ..... 18
Tabla 7. Deformación lateral ejes de pilas ..... 20
Tabla 8. Resultados obtenidos a partir del análisis de elementos finitos ..... 20



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El sistema de contención del talud ubicado en el proyecto Casa de la Cultura, en el municipio de Montebello, Antioquia, consta de una pantalla de pilas, de 33 m de longitud aproximadamente, donde se hace necesario la construcción de esta obra para la estabilización y protección del talud contiguo al edificio de viviendas.

Se toma como referencia para la elaboración de este diseño el informe de estabilidad de taludes con nomenclatura 678-IF-IN-02-C.

## 2.0 ALCANCE DEL INFORME

Mediante este informe se dieron a conocer las memorias de cálculo y planos de detalle de la obra de contención propuesta para garantizar la estabilidad de la ladera en análisis.

## 3.0 ASPECTOS GENERALES

A continuación se describen todos los aspectos generales del proyecto, acorde con lo estipulado en el capítulo H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

### 3.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizados en el municipio de Montebello, Antioquia. A continuación, en la Figura 1, se muestra la localización de la zona de estudio, lugar en el cual se realizará el diseño del sistema de contención requerido según el análisis de estabilidad del talud.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia




**Figura 1. Mapa de localización del proyecto.**

## 3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El sistema de contención tiene 20.00m de longitud aproximadamente y cuenta con pilas de 12.00 m y 9.00 m de profundidad, distribuidas en dos líneas, y unidas mediante una viga cabezal.

El objetivo de este informe es diseñar las estructuras de contención para garantizar la estabilidad del talud de análisis.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

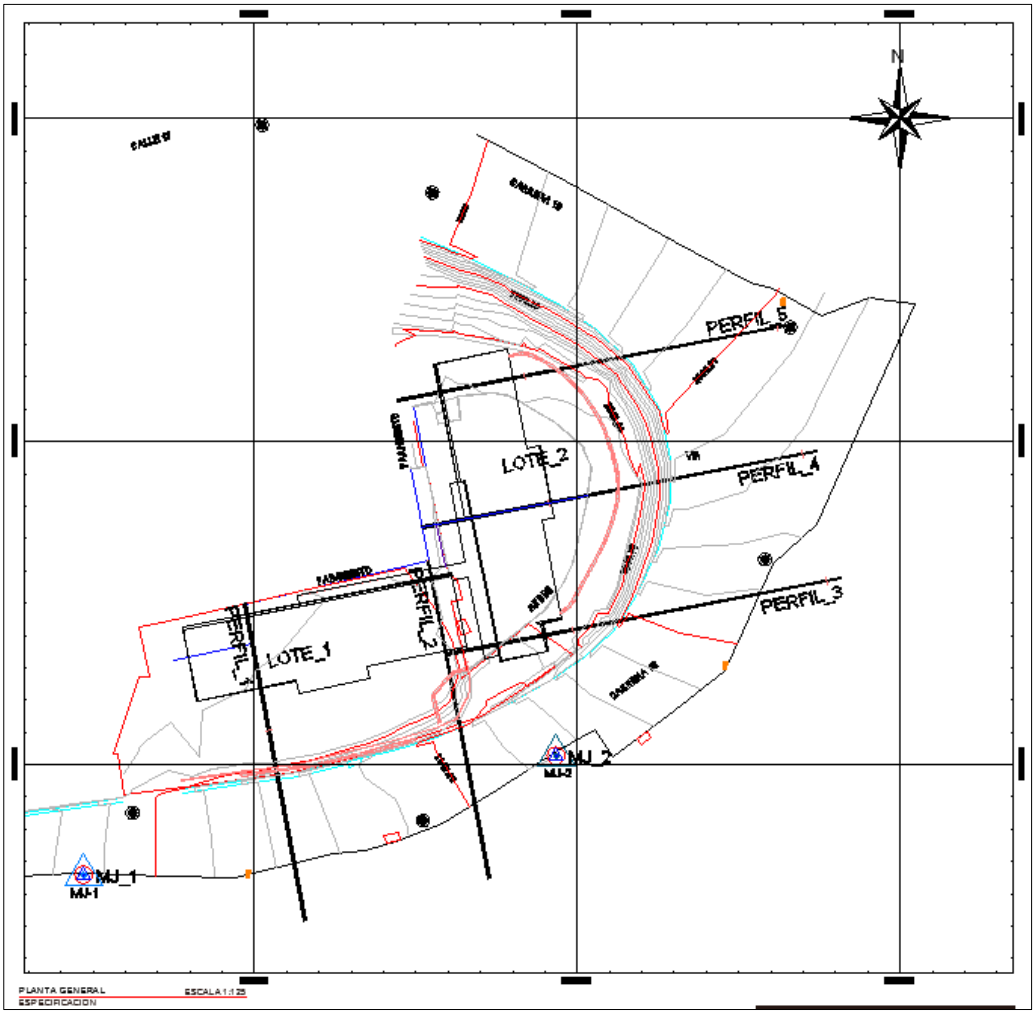



**Figura 2. Ubicación del proyecto en planta topográfica**

En la Figura 2 se muestran las secciones de análisis, determinadas a partir de la topografía suministrada por el cliente. Tales secciones se definieron como las secciones 2 y 5.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

- **Sección 2:**

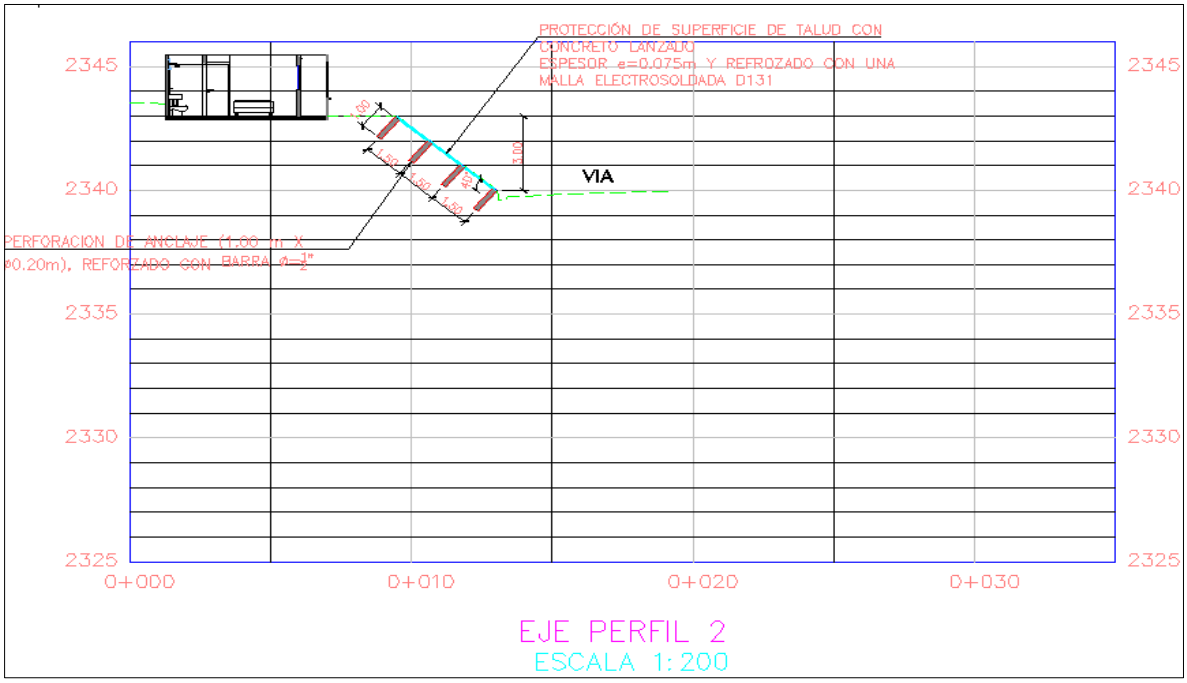



**Figura 3. Sección de análisis 2**

- **Sección 5:**

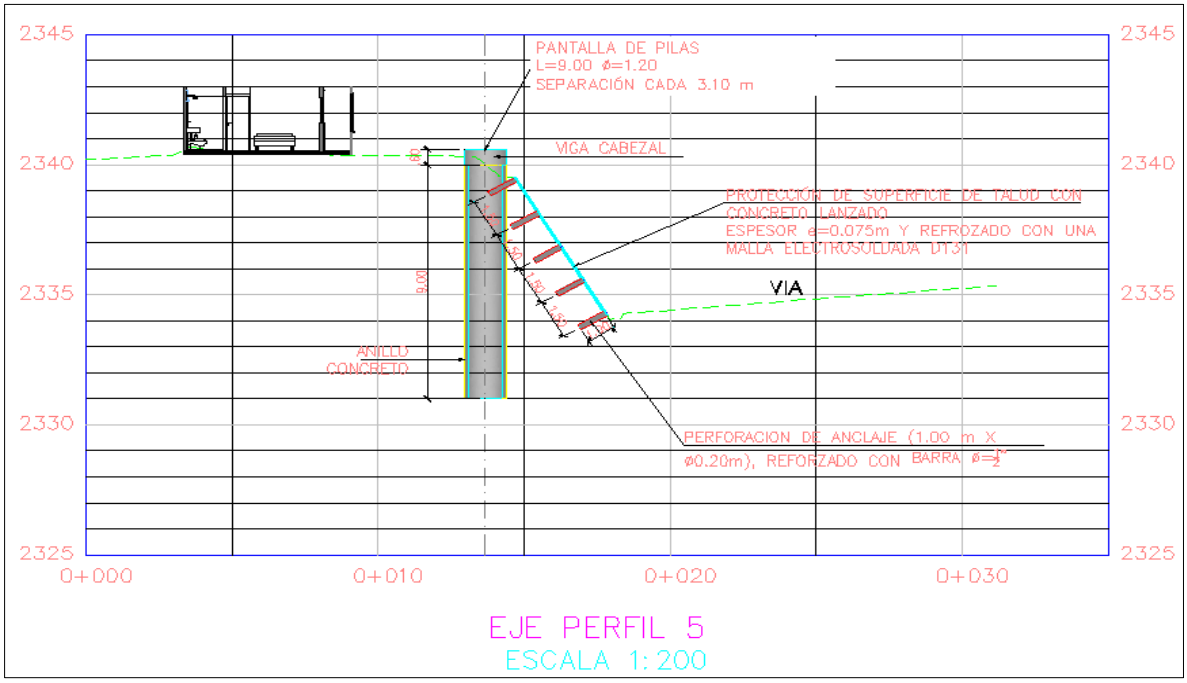



**Figura 4. Sección de análisis 5**



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 4.0 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La estratigrafía que se adoptó para realizar el análisis apropiado del sitio de interés del proyecto se tomó como referencia del siguiente estudio de suelos: 678-IF-IN-01-E-GRANJA

Los parámetros geotécnicos (c y $\phi$) que se le asignaron a cada uno de los estratos de suelo presentes en el sitio de estudio, se asignaron a partir de la información plasmada en el informe previamente mencionado. Esto se hace necesario para la modelación del talud y su posterior análisis de estabilidad en el software Slide 5.0.

A continuación en la Tabla 1 se presentan los parámetros de resistencia al cortante adoptados para la modelación del talud de análisis en el software Slide 5.0.

**Tabla 1. Parámetros geotécnicos estratos de suelo**

| Estrato | Diferenciación | Espesor [m] | c [kPa] | $\phi$ [º] | γ[kPa] |
|---|---|---|---|---|---|
| IB | | 2.00 | 2.00 | 20.1 | 15.00 |
| IC | | 7.00 | 6.50 | 32.2 | 17.00 |

Se presenta los valores del módulo de elasticidad y de las expresiones utilizadas para el cálculo de los módulos de reacción horizontal y vertical necesarios para el análisis de las pilas.

Para las condiciones aquí descritas se tienen los siguientes módulos de reacción del subsuelo "Kvertical" y "Khorizontal" para cada uno de los estratos implicados.

$$K_{Vertical} = 1.57 * (\mathrm{Eo/D}) \qquad K_{horizontal} = 0.75 * (\mathrm{Eo/D})$$

Donde:

Eo: Modulo de elasticidad (kN/m2)
D: Diámetro de fuste elemento circular



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

**Tabla 2. Módulos elásticos y de reacción para estratos de suelo**

| MODULOS DE REACCIÓN PARA ELEMENTOS CIRCULARES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Profundidad (m)** | **E suelo (kN/m²)** | **D fuste (m)** | **K vertical (kN/m³)** | **K horizontal (kN/m³)** |
| 1.00 | 5,100 | 1.20 | 6,673 | 3,188 |
| 2.00 | 6,000 | 1.20 | 7,850 | 3,750 |
| 3.00 | 22,400 | 1.20 | 29,307 | 14,000 |
| 4.00 | 15,800 | 1.20 | 20,672 | 9,875 |
| 5.00 | 21,800 | 1.20 | 28,522 | 13,625 |
| 6.00 | 36,200 | 1.20 | 47,362 | 22,625 |
| 7.00 | 45,800 | 1.20 | 59,922 | 28,625 |
| 8.00 | 45,800 | 1.20 | 59,922 | 28,625 |
| 9.00 | 45,800 | 1.20 | 59,922 | 28,625 |

## 5.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

En esta sección se presentan los resultados relevantes del análisis de estabilidad de taludes necesarios para la obtención de los parámetros para la realización del diseño estructural. El análisis de estabilidad se realizó fundado en que dicha solución cumpla los factores de seguridad exigidos por la Norma NSR - 10. Se presentan los resultados de la sección más relevante de las tres analizadas.

El sistema de contención definido se describe a continuación:

- Construcción de pilas de contención

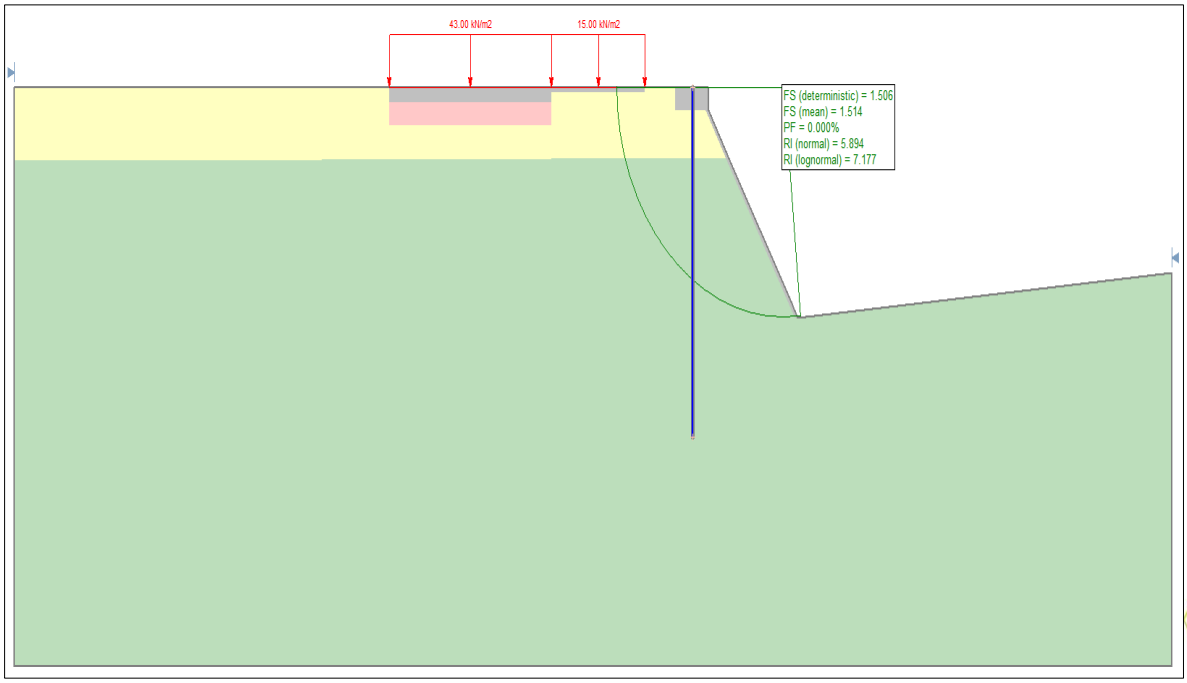
Diámetro mínimo de 1.20 m
Separación cada 3.10 m, unidas mediante viga cabezal (Sección definida por ingeniero estructural)
Longitud mínima de 9.00 m a partir de la cota 2,340 m.s.n.m.



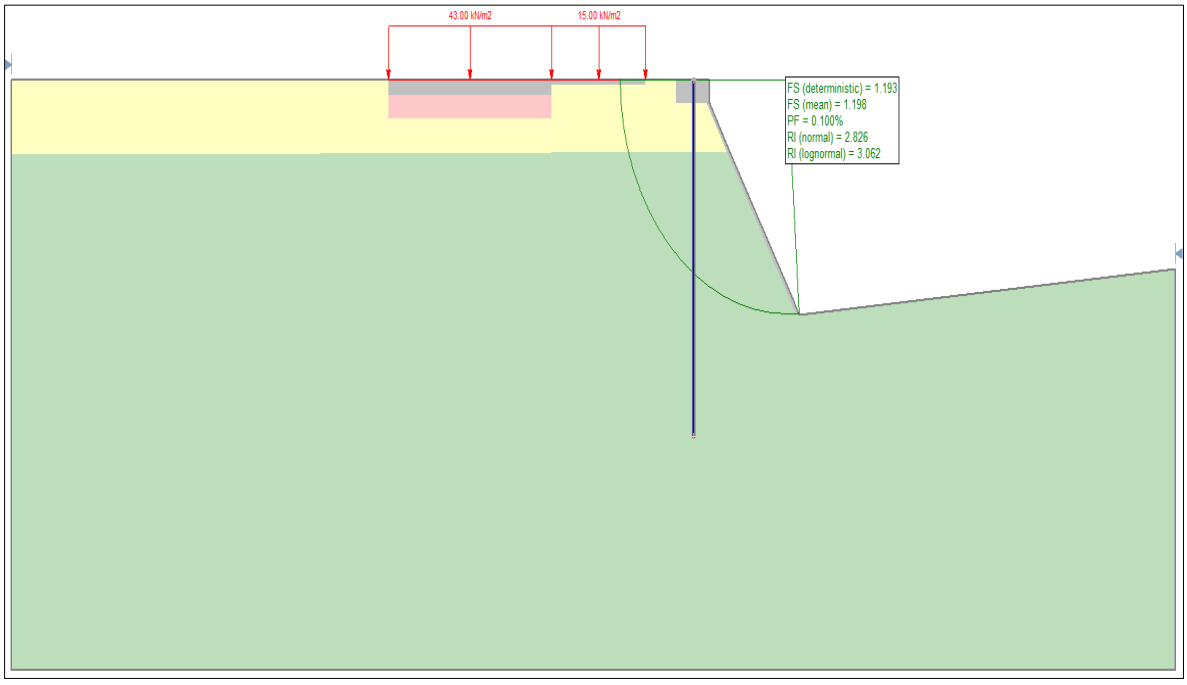
(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

**SECCIÓN S5**

***F.S (estático) = 1.51***




***F.S (pseudoestático) = 1.19***



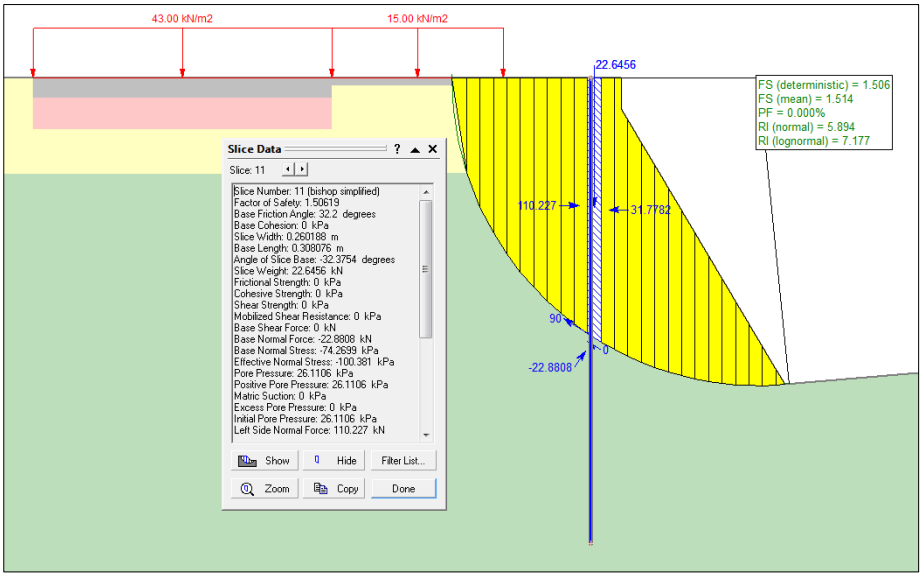



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

**Figura 5. Análisis de estabilidad con implementación de obra de contención**

Desde la Figura 5 se pudo determinar que con la implementación de las estructuras de contención, se cumple satisfactoriamente con los factores de seguridad exigidos por la NSR-10, por lo cual estas serán lo suficientemente efectivas para brindar la estabilidad de los taludes analizados. Se presenta en detalle la información de las dovelas que contienen las pilas para la determinación de las fuerzas de diseño de las mismas.

***Caso estático***




***Caso pseudoestático***

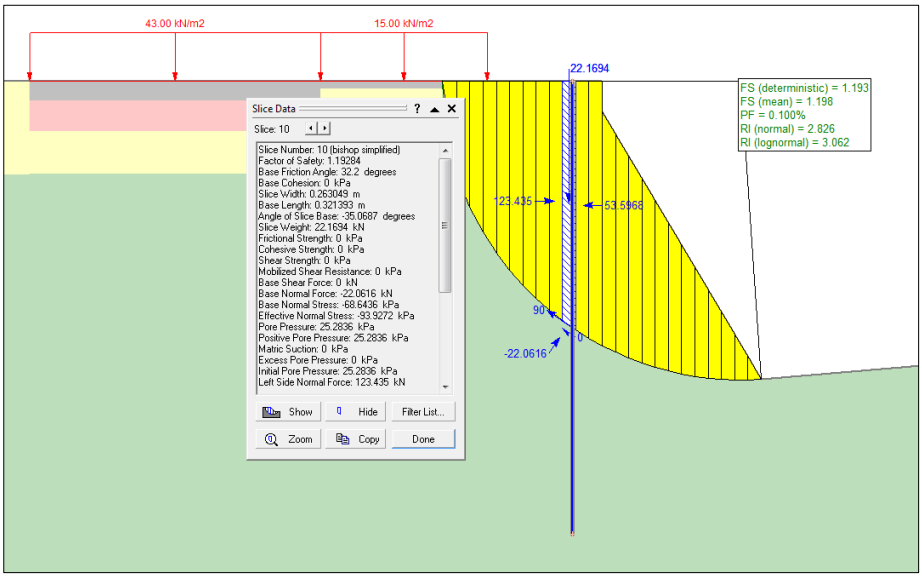



**Figura 6. Resultados dovelas para pilas**



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 6.0 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILAS

Como estabilización de la ladera se propuso un sistema de contencion que lleva una línea de pilas de 9.00 m de profundidad, de 1.20 m de diámetro, separadas 3.10 m entre ejes. Las pilas unidas a nivel de la cabeza con una viga. La longitud de la línea de pilas es de aproximadamente 33.0 m, correspondientes con el ancho de la torre de apartamentos a construirse de manera posterior en la corona del talud.

## 6.1 EVALUACIÓN DE CARGAS

Las cargas a considerar para el diseño de la estructura son las siguientes: Cargas muertas (D), Empujes de suelo en el caso estático (Hest) y Empujes de suelo en el caso pseudoestático (Hpseudo). Los empuje de suelos calculados con base en los resultados del análisis de estabilidad.

Para el diseño de los elementos estructurales, se utilizaron las combinaciones de carga de acuerdo con el Título B de la NSR-10.

### 6.1.1 CARGA MUERTA (D)

Las cargas muertas consistirán en el peso propio de los elementos estructurales: Pilas y viga cabezal.

### 6.1.2 EMPUJES DE SUELO ($H_{EST}$ Y $H_{PSEUDO}$)

Los empujes de suelo considerados en el diseño de las pilas son los siguientes:

| ESTATICO | | |
|---|---|---|
| F.S calculado | 1.506 | |
| Altura dovela | 4.979 | m |
| Ancho dovela | 0.260188 | m |
| Separación pila | 3.1 | m |
| Esfuerzo efectivo | 84.64 | kN/m2 |
| Esfuerzo cortante | 39.71 | kN/m2 |
| Cortante sobre pila | 32 | kN |
| **PSEUDOESTATICO** | | |



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

| | | |
|---|---|---|
| F.S calculado | 1.193 | |
| Altura dovela | 4.915 | m |
| Ancho dovela | 0.263049 | m |
| Separación pila | 3.1 | m |
| Esfuerzo efectivo | 83.56 | kN/m2 |
| Esfuerzo cortante | 49.55 | kN/m2 |
| Cortante sobre pila | 40 | kN |

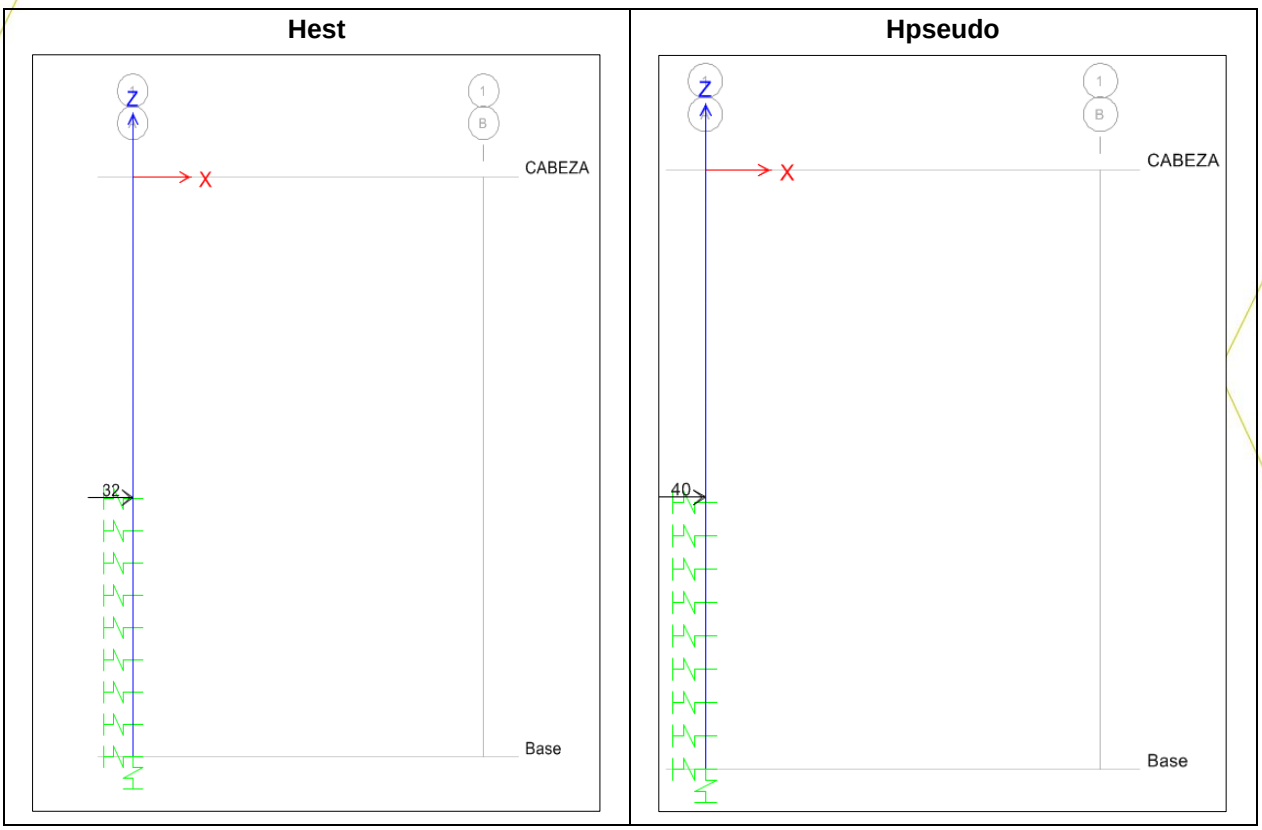



**Figura 7. Cargas de diseño empujes de suelo estáticas**

## 6.2 COMBINACIONES DE CARGA

Los elementos de la estructura serán diseñados bajo el método de la resistencia última. Por ello los factores de carga y de reducción utilizados, así, como las combinaciones de carga que se derivan para el diseño están acordes a lo establecido en C.9.2.1 y B.2.4.2, NSR-10 y CCP-14.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

Combinaciones de Diseño NSR-10:

- 1.4D
- 1.2D + 1.6Hest
- 1.2D + 1.6Hpseudo

Combinaciones de Servicio NSR-10:

- D + Hest
- D + Hpseudo

## 6.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO

A continuación se presentan las características generales de los materiales a emplear en la construcción del proyecto. Las recomendaciones adicionales para elementos o situaciones específicas se establecen en los planos estructurales correspondientes.

### 6.3.1 CONCRETO

El concreto de los diferentes elementos diseñados debe corresponder a las resistencias especificadas a los 28 días de edad de acuerdo a las especificaciones de la NSR-10. Para los diferentes elementos se enumera a continuación la resistencia mínima de los materiales.

- Las pilas del sistema de contención serán diseñada para una del concreto de 21 MPa (210 kg/cm$^2$) y una resistencia de fluencia del acero (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm$^2$).

- La viga cabezal será diseñada para una resistencia del concreto a la compresión (f´c) de 21 MPa (210 kg/cm$^2$) y una resistencia de fluencia del acero (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm$^2$).

### 6.3.2 ACERO DE REFUERZO

- Barras corrugadas: Las barras corrugadas deberán cumplir lo establecido en la norma NTC 2289 y capítulo C.3.5, NSR-10, en cuanto a designación, masa, composición química, propiedades mecánicas, ensayos y rotulado.

Resistencia a la fluencia: fy = 420 MPa.
Resistencia a la rotura fu = 540 MPa.
Módulo de elasticidad del acero: E = 200000 MPa (C.8.5.2, NSR-10)


(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Teniendo en cuenta la configuración del sistema de contención, se utilizó el software ETABS para la elaboración de un modelo matemático base, con los cuales se ajustó la respuesta para obtener las fuerzas de diseño de los distintos elementos.

### 6.4.1 DISEÑO DE ELEMENTOS

Los elementos constitutivos de la estructura, se han diseñado para que tengan en cualquier sección la resistencia de diseño requeridas, ésta última calculada para las cargas y fuerzas mayoradas en las condiciones establecidas en la NSR-10.

A continuación se muestra el diseño de los elementos que componen el sistema de contención:

**Tabla 3. Diseño estructural pilas L = 9.00 m**

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE PILAS**

| | |
|---|---|
| **Proyecto:** | EDIFICIO CASA DE LA CULTURA |
| **Calculó:** | CAROLINA HINCAPIE |
| **Revisó:** | |

| | |
|---|---|
| **Fecha:** | 01/08/2025 |
| **Localizacion:** | PILAS LONGITUD 9.00 m |

| **Geometria pila** | | |
|---|---|---|
| Diametro pila, f | 1.20 | m |
| Longitud pila, L | 9.00 | m |
| Hormigón, $f'_c$ | 210 | Kgf/cm² |
| Acero, $f_y$ | 4200 | Kgf/cm² |
| Módulo Hormigón, $E_c$ | 215381 | Kgf/cm² |
| Inercia | 10178760 | cm4 |

| **Diseño base pila** | | |
|---|---|---|
| Carga Axial, P | 24,457 | Kgf |
| $S_{admisible\ vertical}$ | 3.0 | Kgf/cm² |
| $S_{admisible\ horizontal}$ | 5.9 | Kgf/cm² |
| Diametro fuste, $f_f$ | 0.26 | m |
| Diametro campana, $f_c$ | 1.03 | m |
| y/H | 0.0005 | |

| **Refuerzo a flexion y cortante** | | |
|---|---|---|
| ρ min | 0.005 | |
| ρ max | 0.016 | |
| Acero minimo, $As_{min}$ | 57 | cm² |
| Diametro estribos, $f_v$ | 4/8" | |
| Numero ramas adicionales | 0 | |
| $\phi\ v_c$ | 5.8 | kgf/cm² |
| S maximo, $S_{max}$ | 60 | cm |

| z | y | Rs | Ps | Vs | Ms | σ | Pu | Vu | Mu | ρ calculado | As | Scalc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | cm | kgf | kgf | kgf | kgf-m | kgf/cm2 | kgf | kgf | kgf-m | | cm² | cm |
| 0.00 | 0.39 | | | | | | | | | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 0.50 | 0.36 | | (1,359) | - | - | | (1,902) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 1.00 | 0.34 | | (2,717) | - | - | | (3,804) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 1.50 | 0.31 | | (4,076) | - | - | | (5,707) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.00 | 0.29 | | (5,435) | - | - | | (7,609) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 2.50 | 0.26 | | (6,794) | - | - | | (9,511) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 3.00 | 0.24 | | (8,152) | - | - | | (11,413) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 3.50 | 0.21 | | (9,511) | - | - | | (13,316) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 4.00 | 0.19 | | (10,870) | - | - | | (15,218) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 4.50 | 0.16 | | (12,229) | - | - | | (17,120) | - | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |
| 5.00 | 0.14 | (1,150) | (13,587) | 4,079 | 347 | -0.19 | (19,022) | 6,526 | 555 | 0.00001 | 0.20 | 32.3 |
| 5.50 | 0.11 | (1,254) | (14,946) | 2,929 | 1,811 | -0.21 | (20,925) | 4,687 | 2,898 | 0.00007 | 1.07 | 32.3 |
| 6.00 | 0.09 | (1,225) | (16,305) | 1,675 | 2,649 | -0.20 | (22,827) | 2,681 | 4,238 | 0.00010 | 1.56 | 32.3 |
| 6.50 | 0.06 | (1,007) | (17,664) | 451 | 2,874 | -0.17 | (24,729) | 721 | 4,599 | 0.00011 | 1.69 | 32.3 |
| 7.00 | 0.04 | (707) | (19,022) | (557) | 2,596 | -0.12 | (26,631) | (891) | 4,154 | 0.00010 | 1.53 | 32.3 |
| 7.50 | 0.02 | (295) | (20,381) | (1,264) | 1,964 | -0.05 | (28,533) | (2,022) | 3,143 | 0.00008 | 1.16 | 32.3 |
| 8.00 | -0.01 | 114 | (21,740) | (1,558) | 1,185 | 0.02 | (30,436) | (2,493) | 1,896 | 0.00005 | 0.70 | 32.3 |
| 8.50 | -0.03 | 520 | (23,098) | (1,445) | 463 | 0.09 | (32,338) | (2,312) | 740 | 0.00002 | 0.27 | 32.3 |
| 9.00 | -0.05 | 925 | (24,457) | (925) | - | 0.15 | (34,240) | (1,480) | - | 0.00000 | 0.00 | 32.3 |

**Tabla 4. Diseño a flexión viga cabezal**

| FLEXION EN EL PLANO | | |
|---|---|---|
| **Concreto =** | 210 | **kgr/cm2** |
| **Acero** | 4200 | **kgr/cm2** |
| **Mu =** | 4.39 | **ton-m** |
| **Ancho, b =** | 140 | **cm** |
| **Altura efectiva, d =** | 53 | **cm** |
| **Ku =** | 0.0011 | **ton/cm2** |
| **m =** | 23.53 | |
| **1/m =** | 0.043 | |
| **ro =** | 0.0003 | |
| **As min =** | 24.73 | **cm2** |
| **As =** | 2.20 | **cm2** |
| **4/3 As =** | 2.93 | **cm2** |

| FLEXION FUERA DEL PLANO |
|---|



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

| | | |
|---|---|---|
| **Concreto =** | 210 | **kgr/cm2** |
| **Acero** | 4200 | **kgr/cm2** |
| **Mu =** | 13.99 | **ton-m** |
| **Ancho, b =** | 60 | **cm** |
| **Altura efectiva, d =** | 133 | **cm** |
| **Ku =** | 0.0013 | **ton/cm2** |
| **m =** | 23.53 | |
| **1/m =** | 0.043 | |
| **ro =** | 0.0004 | |
| **As min =** | 26.60 | **cm2** |
| **As =** | 2.79 | **cm2** |
| **4/3 As =** | 3.73 | **cm2** |

**Tabla 5. Diseño a cortante y torsión viga cabezal**

**CAPACIDAD A TORSION Y CORTANTE EN EL PLANO Y FUERA DEL PLANO**

| **Sección Viga** | | |
|---|---|---|
| Base = | **140** | cm |
| Altura = | **60** | cm |
| d' = | **7** | cm |
| dp = | **53** | cm |
| rl = | **5** | cm |
| dfp = | **135** | cm |

| **Materiales** | | |
|---|---|---|
| f'c = | **21** | Mpa |
| Fy = | **420** | Mpa |
| Fyt = | **420** | Mpa |
| $\phi$ = | **0.75** | |

| **Solicitaciones** | | |
|---|---|---|
| Tu = | **3011** | Kgf-m |
| | **30** | KN-m |
| Vup = | **5399** | Kgf |
| | **54** | KN |
| Vufp = | **624** | Kgf |
| | **6** | KN |

| **Revisión de solicitación** | | |
|---|---|---|
| Acp = | 840000 | mm2 |
| Pcp = | 4000 | mm |
| Tumin = | 50 | KN-m |
| Se pueden despreciar los efectos de torsión | | |

| **Comprobación de la sección a torsión** | | |
|---|---|---|
| $\tau u$ = | 0.17 | Mpa |
| $\upsilon u$ = | 0.07 | Mpa |
| Ru = | 0.19 | Mpa |
| $\tau ad$ = | 3.02 | Mpa |
| $\upsilon u$ = | 0.78 | Mpa |
| Rad = | 2.85 | Mpa |
| La sección cumple | | |

| **Áreas de cálculo para torsión** | | |
|---|---|---|
| Ph = | 3520 | mm |
| Aoh = | 598000 | mm2 |
| Ao = | 508300 | mm2 |



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

| Cortante resistida concreto plano | | |
|---|---|---|
| Vc = | 578 | kN |
| ΦVc = | 434 | kN |
| No requiere estribos por cortante | | |

| Cortante resistida concreto fuera plano | | |
|---|---|---|
| Vc = | 631 | kN |
| ΦVc = | 473 | kN |
| No requiere estribos por cortante | | |

| Acero requerido por cortante plano | | |
|---|---|---|
| ϕ Vs = | 0 | kN |
| Vsmax = | 2244 | kN |
| Av/s = | 0.00 | mm2/mm |
| Avmin/s = | 0.44 | mm2/mm |
| Avc/s = | 0.44 | mm2/mm |
| Smax = | 265 | mm |
| Ramas = | 7 | |
| Área barra = | 71 | mm2 |
| Separación = | 1125 | mm |
| Sc = | 250 | mm |
| OK | | |
| Vsc = | 443 | kN |
| OK | | |

| Acero requerido por cortante fuera plano | | |
|---|---|---|
| ϕ Vs = | 0 | kN |
| Vsmax = | 2450 | kN |
| Av/s = | 0.00 | mm2/mm |
| Avmin/s = | 1.13 | mm2/mm |
| Avc/s = | 1.13 | mm2/mm |
| Smax = | 600 | mm |
| Ramas = | 4 | |
| Área barra = | 71 | mm2 |
| Separación = | 252 | mm |
| Sc = | 250 | mm |
| OK | | |
| Vsc = | 644 | kN |
| OK | | |

| Acero requerido por torsión | | |
|---|---|---|
| At/s = | 0.09 | mm2/mm |
| Al = | 331 | mm2 |
| Almin = | 3518 | mm2 |
| Alc = | 3518 | mm2 |
| Smax = | 300 | mm |
| Área barra = | 71 | mm2 |
| Separación = | 755 | mm |
| Sc = | 250 | mm |
| OK | | |
| (Av+2At)/smin = | 1.17 | mm2/mm |
| (Av+2At)/sc = | 2.56 | mm2/mm |
| OK | | |

A continuación se presentaron los diagramas de la deformación horizontal de las pilas, lo cual se hace necesario para el control de las deformaciones de estas.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

**Tabla 6. Deformación lateral ejes de pilas**




**Tabla 7. Resultados obtenidos a partir del análisis de elementos finitos**

| SECCIÒN 2 | | | |
|---|---|---|---|
| Linea | Desp. horizontal max - [m] | Altura de pivoteo[m] | y/H |
| 1 | 0.0039 | 8.0 | 0.00049 |

Finalmente con los desplazamientos horizontales máximos obtenidos en la sección de análisis y con base en la Tabla H.6.4-1 de la NSR-10, es posible determinar si las estructuras de contención estan sometidas a un empuje activo o pasivo, y de esta manera realizar un cálculo de empujes y determinar la formación o no de una posible superficie de falla.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

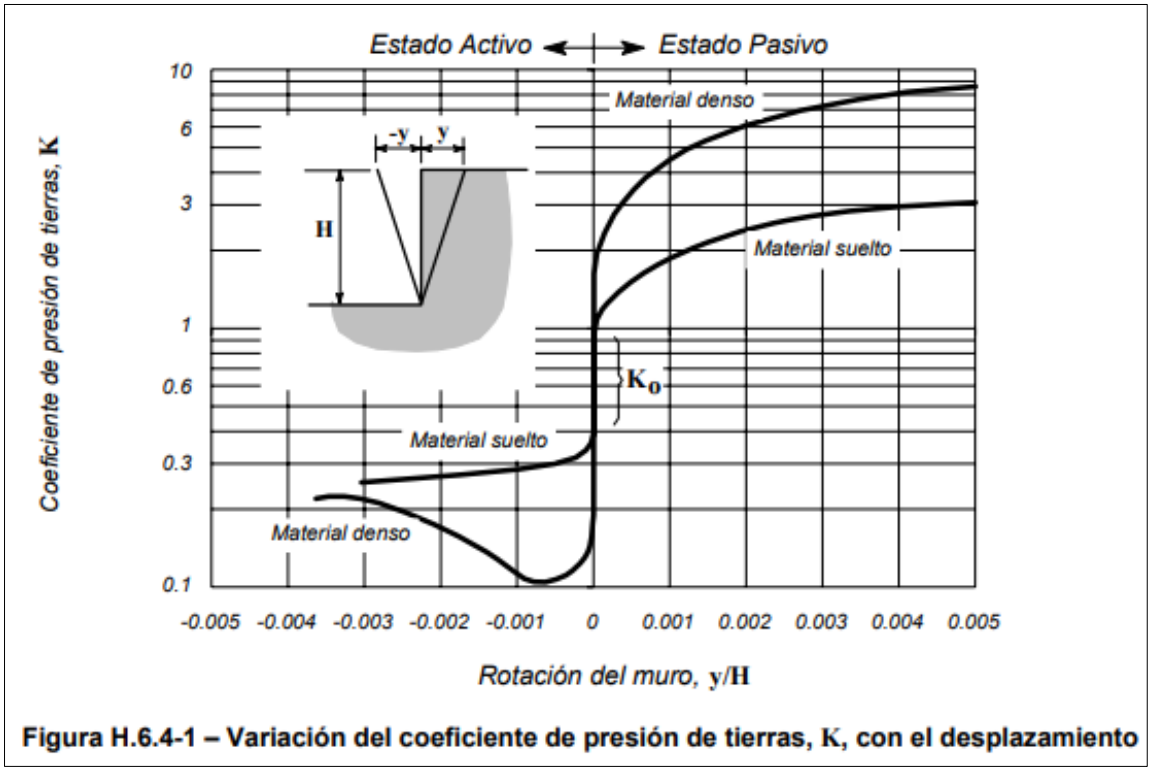



**Figura H.6.4-1 – Variación del coeficiente de presión de tierras, K, con el desplazamiento**

**Tabla H.6.4-1**
**Movimientos horizontales en el muro de contención conducentes a los estados activo y pasivo**

| Tipo de suelo | Estado activo | Estado pasivo |
|---|---|---|
| Granular denso | 0.001 **H** | 0.020 **H** |
| Granular suelto | 0.004 **H** | 0.060 **H** |
| Cohesivo firme | 0.010 **H** | 0.020 **H** |
| Cohesivo blando | 0.020 **H** | 0.040 **H** |

**Figura 8. Movimientos horizontales en estructuras de contención. (Tabla H.6.4-1, titulo H NSR-10)**

Es claro que se presentarán deformaciones en la corona, debido a esto, el suelo siempre estará empujando, lo que genera un estado activo de empujes; sin embargo la condición ideal es que no se presenten deformaciones que superen la mínima exigida por la NSR-10, de forma que no se genere la superficie de falla.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 7.0 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

- El sistema de contención establecido consiste en una línea de pilas de contención unidas por medio de una viga cabezal.
- Este sistema de contención propuesto brinda la estabilidad necesaria para la implementación de las obras proyectadas; esto se determinó a partir de los factores de seguridad obtenidos en el capítulo 7, los cuales fueron mayores a los establecidos por la NSR-10 (1.50 en condición estática y 1.05 en condición pseudoestática).
- El diseño de las estructuras de contención es un procedimiento iterativo, en donde la geometría de estas son los parámetros más sensibles del diseño y construcción.

## 8.0 RECOMENDACIONES

Antes de iniciar la elaboración de los cortes del talud y la excavación de las pilas se debe aclarar a los constructores los detalles y procesos constructivos y la conformación de las pilas. Además es muy importante la instalación de las medidas de control, como puntos de control topográfico de referencia.

Se recomienda la construcción de cunetas impermeables en la corona de los taludes y protegerlas con mortero de cemento. Si aparecen zonas de afloramiento de agua, se deberán captar mediante drenes de penetración horizontal y sacar de la zona excavada, evitando el humedecimiento de la base de la excavación.

### CONTROL DE MOVIMIENTOS

Antes de iniciar los cortes, se deben definir las líneas de control topográfico sobre el terreno, las cuales se pueden establecer con mojones empotrados en el terreno, separados máximo 5.0 m. Se recomiendan lecturas periódicas de la topografía, al menos cada 15 días, o según el avance del proceso de construcción. Las mediciones de los inclinómetros deben ser con una periodicidad de 15 días durante conformación de los cortes y luego mensualmente.

## 9.0 NOTAS IMPORTANTES

Por la naturaleza propia de los suelos, es posible encontrar variaciones en sus características físicas y mecánicas tanto horizontales como verticales, que se han estimado en forma prudente, pero que, debido a las metodologías puntuales de exploración, pueden existir variaciones en las características del terreno, que escapan a las hipótesis del diseño, situación que obliga a observar



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

y verificar los materiales encontrados durante la construcción para realizar los ajustes pertinentes, así como los comportamientos registrados a partir de la instrumentación.

**Si durante la ejecución de cortes o movimientos de tierra se encuentran cambios en el material o al realizar el replanteo de las obras diseñadas se encuentran cambios en el terreno o diferencias con la información suministrada se pueden requerir la necesidad de ejecutar estudios o análisis adicionales a este estudio lo cual está fuera del alcance determinado. Adicionalmente, si durante la ejecución de los cortes, aflora el nivel freático, se deberá comunicar inmediatamente al ingeniero geotecnista y se tomarán las medidas pertinentes.**

Cuando se inicien las obras deberá disponerse en el sitio de una copia de este informe.

Se deben localizar en la zona de estudio, cunetas, filtros, etc.; Con la finalidad de evacuar los flujos superficiales y subsuperficiales que puedan inferir en la estabilidad del talud de corte.

Los taludes de corte deben protegerse con agromantos, vegetación o concreto lanzado para evitar su erosión superficial y prevenir procesos que afecten la estabilidad de los mismos.

Deben definirse en campo la rápida captación, conducción y evacuación de aguas lluvias y/o freáticas y/o de la quebrada.

No se debe acumular, apilar o depositar productos de excavación, material de construcción o almacenamiento en los bordes de la conformación de llenos, lo cual generaría una sobre carga que pueden inducir o dar lugar a la inestabilidad durante su construcción, por lo tanto la disposición de dichos materiales estará a una distancia no menor de 5.0 m a 6.0 m de la corona o borde del lleno estructural.

En el momento de la ejecución de actividades para el proyecto como tal, se empleen vehículos o máquinas, se debe contemplar una distancia prudente (4 a 6 m) para el tránsito de las mismas a causa de las sobre cargas inducidas que pueden generar desprendimientos en las excavaciones cercanas.

Dentro de las actividades donde se realicen excavaciones, siempre se tendrá un trabajador o ayudante el cual estará pendiente del entorno, este ayudante de trabajo dará aviso o alarma en caso de producirse alguna emergencia durante la actividad o tarea. Los niveles de desplante deben ser verificados por el ingeniero residente o encargado del proyecto.

Los llenos estructurales que se requieran en las actividades que complementan la obra, se deberán conformar con materiales adecuados, estos deben estar libres de material orgánica,



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

basura, lodo, arcilla. Los suelos orgánicos, basura y escombros no son aptos para la realización de llenos estructurales, por lo tanto estos no se deben utilizar en la ejecución de la obra.

Los materiales de lleno se colocaran por capas de no más de 0.20 m de espesor, compactando cada capa hasta llegar a una densidad del 95% del Proctor modificado, hasta no haber alcanzado dicha densidad no se colocara la capa siguiente.

Si a la hora que se generen movimientos de tierras se presentan cambios importantes o alguna singularidad no prevista, se comunicara al personal técnico de esta consultora, de acuerdo con esto el contratista adoptará las medidas que estime necesarias.

**El correcto funcionamiento del sistema propuesto está supeditado al cumplimiento de las recomendaciones constructivas plasmadas en este capítulo, por lo tanto en el caso de encontrar condiciones no esperadas en el estudio de suelos, se deberá proporcionar la información necesaria para de forma oportuna aplicar los correctivos precisos.**

**Las conclusiones y recomendaciones plasmadas en este estudio geotécnico, se fundamentaron en los resultados obtenidos por las investigaciones de campo y en la experiencia de los profesionales que participaron en el mismo, por tal motivo en caso de que se ejecuten modificaciones sin la aprobación de esta consultora "Soluciones Integrales en proyectos de ingeniería S.A.S", no será la responsable de las secuelas o consecuencias que impliquen dichos cambios.**

Según la NSR-10 Literal A.1.5.1 DISEÑADOR RESPONSABLE: "La responsabilidad de los diseños de los diferentes elementos que componen la edificación, recae sobre los profesionales bajo cuya dirección se elaboran los diferentes diseños".

De acuerdo con la NSR-10 Capítulo H, Numeral H.2.2.3 ASESORÍA GEOTÉCNICA EN LAS ETAPAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN: "Los proyectos clasificados como categoría Media, Alta o Especial, deberán contar con el acompañamiento de un ingeniero Geotecnista, quien aprobará durante la ejecución de la obra los niveles y estratos de cimentación, los procedimientos y el comportamiento durante la ejecución de las excavaciones, rellenos, obras de estabilización de laderas, contenciones, y obras especiales de estabilización y/o mejoramiento del terreno..."

El hecho de iniciar los trabajos de construcción, implica que todas las personas involucradas en el desarrollo del proyecto, como son diseñador estructural, personal del constructor, interventor y supervisor técnico y o demás actores de la construcción, aceptan haber leído y comprendido este informe, y deben acatar estrictamente las recomendaciones contenidas en el Estudio de Suelos, conocer estas Notas Importantes y abstenerse de realizar cambios en las recomendaciones o procedimientos que invalidan la responsabilidad del ingeniero de suelos.



(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia

## 10.0 BIBLIOGRAFÍA


Asosiación Colombiana de Ingenieria Sísmica. (2010). NSR-10.

Braja M. Das. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.* México: Cengage Learning.

Joseph E. Bowles, P. S. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN.* McFraw-Hill.

Ministerio de fomento. (2005). *Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.* España.





(+604) 444 59 37
www.sipiconsultores.com
Calle 71 Sur No. 34-60 Of. 201 Ed. Marat Plus
Sabaneta - Antioquia - Colombia