

ING. LUCAS A. MENDEZ

RESISTENCIA ESTRUCtuRAL, S.A DE C.V.

lucasamendez@yahoo.com.mx

**SITIO 4: CA01W B: SANTA TECLA (LAS DELICIAS) -LA CUCHILLA (INT. CA08W)**

PROPUESTA DE SOLUCION DE CAIDA DE ROCAS A TRAVEZ DE LA CONSTRUCCION DE BARRERA DE ALTA RESISNTENCIA

INDICE

[**1.** **INTRODUCCION** 1](#_Toc466751527)

[**2.** **DESARROLLO DE ALTERNATIVA 1** 3](#_Toc466751528)

[2.1 Remover Rocas fracturadas y sueltas 3](#_Toc466751529)

[2.2 Suministro e Instalación de malla y su anclaje a la masa rocosa 3](#_Toc466751530)

[2.3 Anclajes para la sujeción de bloques de roca 5](#_Toc466751531)

[2.4 Barrera de alta resistencia para caída de rocas 5](#_Toc466751532)

[2.4.1 Determinación de postes 7](#_Toc466751533)

[2.4.2 Análisis de base de barda 11](#_Toc466751534)

[2.4.3 Resultados 12](#_Toc466751535)

[2.4.4 Condición sísmica 15](#_Toc466751536)

[**3.** **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** 17](#_Toc466751537)

[Conclusiones. 17](#_Toc466751538)

[Recomendaciones. 17](#_Toc466751539)

1. **INTRODUCCION**

El presente documento consiste en la descripción técnica de la propuesta de protección al talud rocoso que se encuentra en el sector denominado **“Sitio 4 CA01W B: SANTA TECLA (LAS DELICIAS) -LA CUCHILLA (INT. CA08W)”**, el cual es un sub proyecto de “DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCION EN LAS ZONAS 1 Y 2 DE EL SALVADOR”.

Para este sub proyecto se cuenta con dos soluciones denominadas Alternativa 1 y Alternativa 2.

Para la alternativa 1, se propone remover rocas fracturadas y sueltas; restauración de la malla fracturada y el suministro e instalación de malla de iguales características a la existente en el resto del área afectada. Esta actividad incluye los anclajes menores para la sujeción de mallas.

Y por último construir una barrera de alta resistencia para caída de rocas del tipo LOOP FENCE.

Esta barrera posee la particularidad de ser resistente a altos impactos. La ubicación de esta seria adosada por el lado interno del muro alcancía existente, es decir entre el talud rocoso y paralelo al muro alcancía existente.

Para la alternativa #2, se propone remover rocas fracturadas y sueltas; restauración de la malla fracturada y el suministro e instalación de malla de iguales características a la existente en el resto del área afectada. Esta actividad incluye los anclajes menores para la sujeción de mallas.

Y por último la sujeción a través de anclajes activos de bloques de rocas a manto rocoso. Esta actividad implica la perforación profundad de rocas.

1. **DESARROLLO DE ALTERNATIVA 1**

* Remover rocas fracturadas y sueltas
* Suministro e instalación de malla y su anclaje a la masa rocosa
* Suministro y Construcción de Barrera de alta resistencia para caída de rocas

MALLA

CUÑA ROCOSA A REMOVER

MATERIAL SUELTO A REMOVER



Para efectos de análisis, se realizara en cuatro pasos:

* 1. Remover Rocas fracturadas y sueltas

Esta actividad consiste en eliminar cualquier roca o masa de roca fracturada, que amenace con desprenderse con movimientos de terremotos suaves o moderados.

* 1. Suministro e Instalación de malla y su anclaje a la masa rocosa

Esta actividad consiste en la restauración de malla existente anclándola a través de barras de diámetro Ø1” y longitud un metro embebidas en las rocas firmes.

La malla propuesta para la captación de rocas, avalanchas, aluviones e inestabilidad de taludes es de alambre de acero trenzado de 4 mm de diámetro y tiene una resistencia a la tracción de al menos 1.77 N/mm2, con un tipo de acero al carbono de alta resistencia.

Debe poseer protección contra la corrosión e instalarse en rollos de 3.5m de ancho y 20m de largo.

La red de cables en espiral (refuerzo de malla), formada por una malla romboidal, tiene una capacidad de carga longitudinal de 220 kN/m, resultando superior a las redes de cable convencionales con o sin refuerzo longitudinal. La red de cables en espiral es suministrada en rollos de 20 m x 3,5 m, los cuales se pueden extender fácilmente y, gracias a las áreas comparativamente más grandes que se pueden cubrir, pueden sujetarse con un número relativamente pequeño de costuras o conexiones.

|  |
| --- |
| Figura 1. Ejemplo de diseño de instalación de malla |

Considerando un área de 3m de ancho por 4m de largo.

Los cables perimetrales serán de diámetro 14.5 mm y se sujetaran con anclas (ver figura #8), a una separación entre 2.50mt a 3mt.

Para casos donde los puntos de anclajes permitidos (ver ruta de puntos C y D) es mayor a 3mt, se deberá colocar uno anclaje intermedio tipo placa.

Así mismo, la ruta de puntos F y A, deberá llevar un anclaje intermedio tipo placa a efecto de no sobrepasar la longitud máxima de apoyos de 3mt.



|  |
| --- |
| Figura 2. Anclajes cable en esquina |

|  |
| --- |
| Figura 3. Anclajes intermedio cable |

* 1. Anclajes para la sujeción de bloques de roca

Para efecto de transporte e instalación, las características del rollo de alambre son:

Ancho del rollo 3.5 mt

Longitud del rollo 20 mt

Área total del rollo 70 m2

Peso por m2 será de 2.7 kg

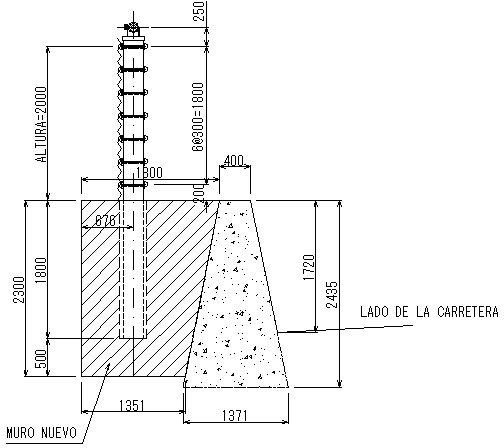
Peso del rollo de la red 190 kg.

Longitud de anclajes 100 cm con un Angulo de 10 grados

Diámetro del anclaje barra G60, Ø3/4”

* 1. Barrera de alta resistencia para caída de rocas

La barrera de alta resistencia tiene como objetivo captar rocas desprendidas del talud rocoso convirtiendo la energía cinética en energía potencial. Esto es llevar a cero la velocidad con la que se desplaza y depositarla al pie del muro alcancía.



La forma del muro de concreto donde se apoyan los postes obedece a la existencia de un muro alcancía. El poste posee un empotramiento en el concreto de 1.80mt y una altura visita de 2.0 mt.

Esta barrera de alta resistencia para caída de rocas, posee una estructura simple y un desempeño superior. Tiene la capacidad de atrapar las rocas caídas con una energía máxima de 1000kJ.

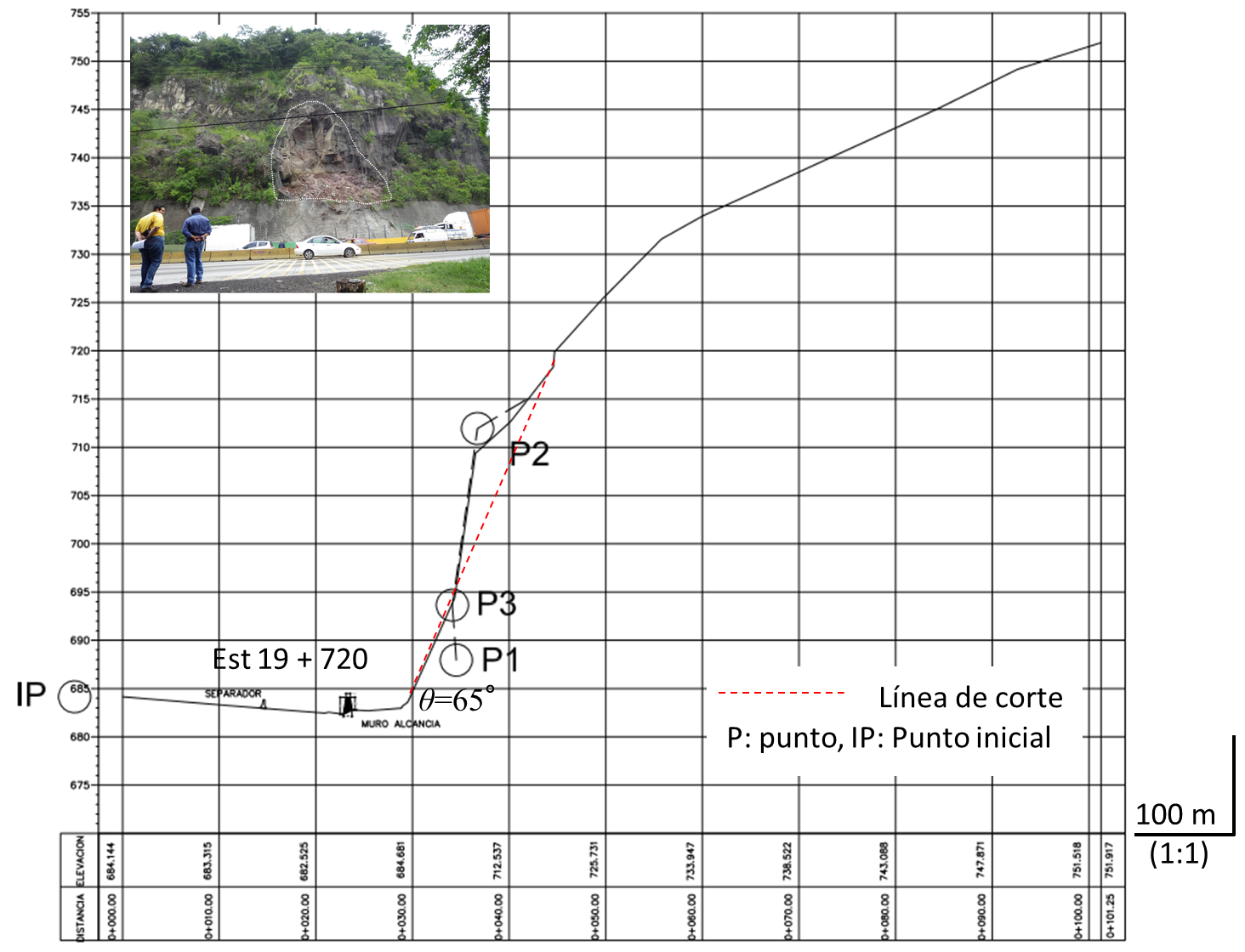
|  |
| --- |
| Figura #4. Forma de disipar energía de rocas en movimiento |

### 2.4.1 Determinación de postes

Primeramente se determina el volumen de roca a desprenderse.

La altura promedio del muro rocoso esta entre 40 y 50 mt, por lo tanto la altura media de caída de rocas será de 29 mt y habrá un desprendimiento de 12.759m3 por cada metro lineal.

|  |
| --- |
| Figura 5. Perfil de estación 19 + 720  P: Punto medio con distanciometro |



Calculo de la energía de roca caída

　 Según el “Manual de medidas para Roca caída” de la Asociación de Carreteras de Japón, de la sociedad civil con personalidad jurídica.

1.1 Condiciones para el diseño

Tabla 3. Condiciones para el diseño

Condiciones ・Forma de roca caída esférico

・Diámetro de Roca caída φ = 1.32 [m]

・Peso de la unidad de Roca caída γ = 27.0 [kN/m3]

・Aceleración de la gravedad g = 9.8 [m/s2]

・Peso de Roca caída W (m・g) = 32.52 [kN]

・Masa de Roca caída m = 3.32 [t]

・Altura de roca caída H = 35.0 [m]

（35m al máximo）

・ Inclinación de ladera =65.0 [ °]

・ Clasificación de ladera　　Clasificación E

Cálculo del coeficiente de fricción equivalente, 𝜇 según la Tabla 4.

Tabla 4. Coeficiente de fricción equivalente sobre la ladera.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Clasificación | Característica de roca caída y talud | 𝜇 para diseño |
| A | Roca dura, Roca suave,  Desigual: Poco, No hay árboles | 0.05 |
| B | Roca suave, Cuadrado～esférico,  Desigual: Moderado～intenso, Hay unos árboles | 0.15 |
| C | Tierra・Detrito, Esférico～cuadrado  Desigual: Poco～moderado, No hay árboles | 0.25 |
| D | Detrito・Detrito con roca grande, Cuadrado  Desigual: Moderado～intenso, No hay árboles～Hay | 0.35 |
| E | Roca dentro de la malla para proteger contra las rocas caídas. | 0.5 |

**1.2 Energía de roca caída**

Calculo de la energía de roca caída según la formula siguiente.

Donde:

E: Energía de roca caída [ kJ]

　　　 　𝛽: Coeficiente de la energía rotacional （normalmente: 0.1） [ - ]

𝜇： Coeficiente de fricción equivalente [ - ]

*θ*： Inclinación de ladera [ °]

m・g： Peso de roca caída （=W） [ kN]

H: Altura de roca caída [ m ]

= 0.844≦ 1.0

En consecuencia, usar 0.844

E=0.844×32.52×35.0

=960.64 (kJ)

Por eso, se usa para el cálculo: E=1000 [kJ]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Tipo S** | **Tipo R** | **Tipo M** | **Tipo L** | **Tipo E** |
| Capaz de absorber energía | 1000kJ | 600kJ | 250kJ | 150kJ | 100kJ |
| Altura de la guía estándar | 2.5m – 5.0m | 2.5m-5.0m | 2.5m-5.0m | 2.5m-5.0m | 2.5m-5.0m |
| Espaciado estándar puntual | 6.0m-10.0m | 6.0m-10m | 6.0m-10m | 3.0m-5.0m | Por calculo estructural |
| Diámetro del cable principal | 16mm  Ø5/8” | 16mm  Ø5/8” | 12mm  Ø1/2” | 12mm  Ø1/2” | 16mm |
| Reducir la tierra y la arena | - | - | - | - | La correspondencia posible |

|  |
| --- |
| Figura 6. Absorción de energía |

La altura promedio del muro rocoso asciende a 36 mt, por lo tanto la altura media de caída de rocas será de 25 mt y habrá un desprendimiento de 9.60 m3 por cada metro lineal.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Altura de muro | Volumen desprendido | Altura promedio de caída | Volumen por cada ml |
| Figura #7. Tomada de Loop Fence. Folleto Japonés | | | | |

De acuerdo a la tabla de figura #7, para un talud con altura promedio entre 30 y 40mt, podría desprenderse un volumen de rica de 9.60 m³/ml. Esta roca desprendida en fragmentos tendrá un aumento de volumen o abundamiento de alrededor de 1.5 veces.

Por tanto el volumen a almacenar será de 9.60 m³/m x 1.5, esto es 14.40m³/ml.

La altura de la barda propuesta es de 2 mt sobre la corona del muro alcancía existente, con esta altura se alcanza un volumen de 35m³/ml, y siendo que el volumen de roca por desprenderse alcanza 9.60 m³/ml, **se concluye entonces que la altura de la barda de 2mt por encima del muro existente es satisfactorio.**

Para un volumen desprendido de roca de 9.60 m3 con un peso volumétrico promedio de 27.09 kN/m3, se tiene un peso en dirección vertical de 260.06 kN.

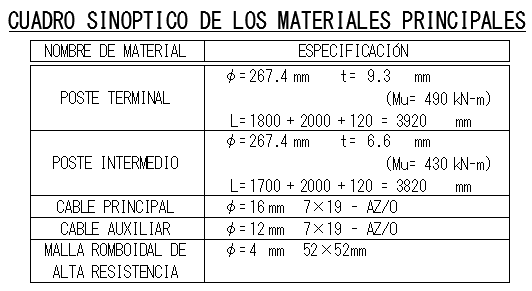
Utilizando una fuerza horizontal de 0.4g, se tiene que la fuerza horizontal es 104.02 kN. Si esta fuerza se aplica a una altura de 1/3H, donde H es 2 mt, se tiene que el momento es de 69.35 kN-m

Considerando la colocación de columnas o postes a cada 6.0 mt, se tiene que el peso a soportar por cada columna será de 96.68kN x 6 m, esto es 416.0 kN

Aplicando esta fuerza horizontal a una altura de 1/3 de H, siendo H=2.0 mt, se tiene un momento de: 277.33 kN-m lo cual es menor que 490 kN-m

Por lo tanto el tubo de Ø267.4mm y t=9.3m que posee un momento Mn=490 kN-m, es aceptable.

Características estructurales del tubo:



**Conclusión:**

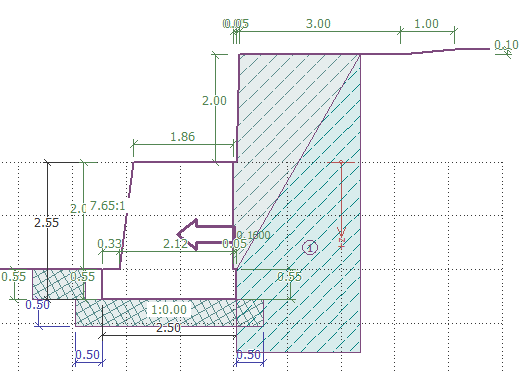
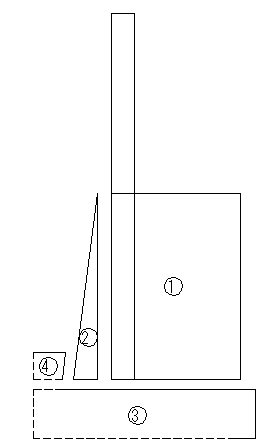
* La Barda deberá ser de 4.85mt de altura medidos desde el suelo de apoyo ó 3 metros medidos desde la corona del muro alcancía existente.
* Los cables serán de diámetro Ø 16mm 7 x 19, apoyados de columna en columna a través de ojetes o bucles.
* Las columnas irán apoyadas sobre agujero en el suelo natural y en su alrededor concreto simple de resistencia a la compresión f’c, de 210 kg/cm². Ver figura 9
* La profundidad de empotramiento será de 1.20mt
* El espaciamiento de las columnas o puntales será de 3.5mt

### **2.4.2 Análisis de base de barda**

Consiste en un muro base de concreto f’c=250 kg/cm2 a construirse adosado al muro alcancía existente

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Estructuras de hormigón : | EN 1992-1-1 (EC2) | |
| Coeficientes EN 1992-1-1 : | Estándar | |
| Muro de concreto (f’c=250 kg/cm2): | EN 1996-1-1 (EC6) | |
| Calculo de la presión activa de la tierra : | | Coulomb | |
| Cálculo de la presión pasiva de la tierra : | | Caquot-Kerisel | |
| Análisis sísmico : | | Mononobe-Okabe | |
| Forma de la cuña de la tierra : | | Calcular oblicuo | |
| Excentricidad permitida : | | 0.333 | |
| Metodología de verificación : | | Factores de seguridad (ASD) | |

Geometría de la estructura:





El peso gravitacional del muro de 1.76 mt vistos y una barda de 2.0 m sobre la corona del muro existente, genera un momento de 18.348 Tn-mt.

### **2.4.3 Resultados**

**a. Condición permanente:**

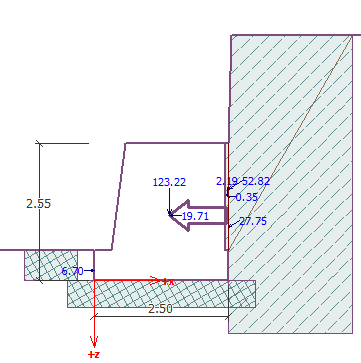
Se analizó la estructura para una condición permanente, generando los siguientes resultados:

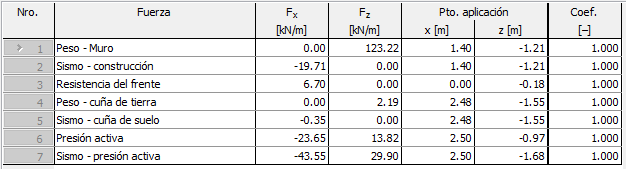
Capacidad portante del suelo: 2 kg/cm² ó 200 kPa

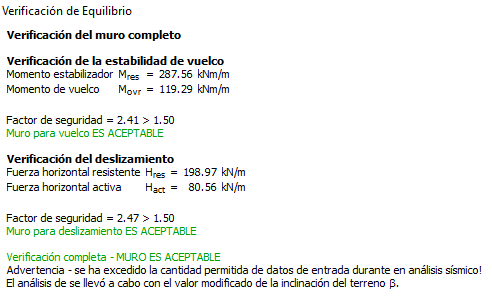
Peso del concreto: 2.2 kg/m3 ó 22 kN/m3

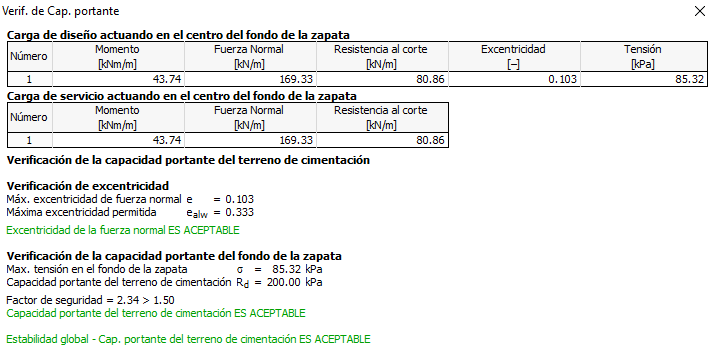
Peso de piedra tipo granito 27 kN/m3

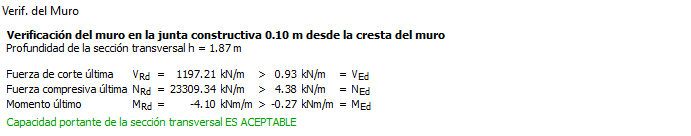
Peso de piedra fracturada 22.5 kN/m3

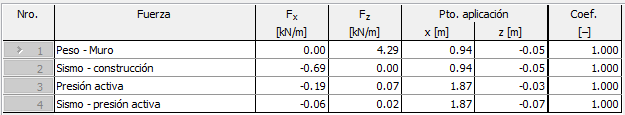












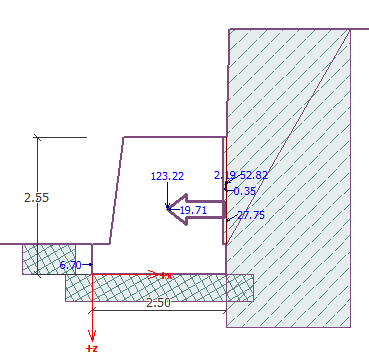
### **2.4.4 Condición sísmica**

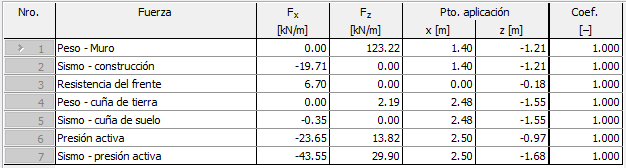
Capacidad portante del suelo: 2 kg/cm² ó 200 kPa

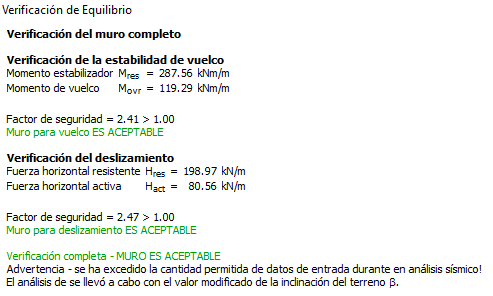
Peso del concreto: 2.2 kg/m3 ó 22 kN/m3

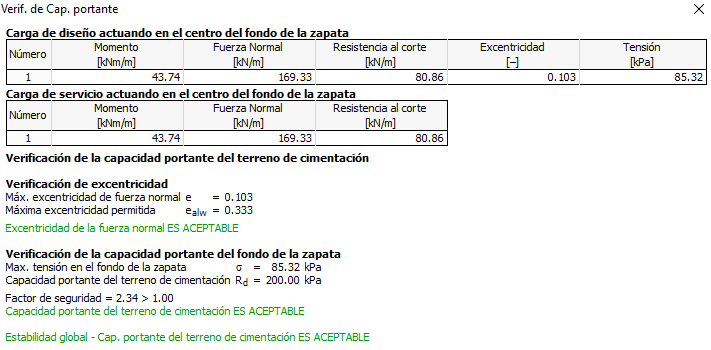
Peso de piedra tipo granito 27 kN/m3

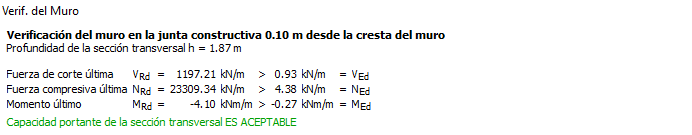
Peso de piedra fracturada 22.5 kN/m3

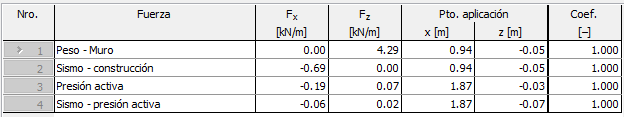












1. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## Conclusiones.

* El muro de retención tipo alcancía con las nuevas dimensiones establecidas, cumple con los factores mínimos de seguridad de Norma Técnica de Diseño y Construcción de Muros de retención y Estabilidad de Taludes.
* La capacidad actual y su estabilidad estructural del muro alcancía no se verá disminuida por la construcción de una barrera sobre la corona del mismo, ya que el muro base adicional lo vuelve más estable.
* Dado que el suelo del lugar es de consistencia rocosa, la capacidad portante del suelo es sustancialmente alta.

## Recomendaciones.

* Debido a que es un muro estabilizado gravitacionalmente, se debe mantener las dimensiones y pesos de materiales establecidos para la revisión de la estabilidad estructural a efecto de garantizar un comportamiento aceptado.
* Hacer juntas de espesor 3cm, a cada 12mt o donde exista la junta del muro alcancía existente y así garantizar un comportamiento similar entre muro viejo y muro nuevo.