

s/ref.  
n/escrito: RRE/ECS  
n/ref.: EX/OC-23112/E-1  
Fecha: 2024-07-11  
Asunto: IES CARMEN MARTÍN GAITE (Navalcarnero)

DIRECCIÓN GENERAL DE  
INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS  
Comunidad de Madrid

## **PREDIMENSIONAMIENTO DE UNA POSIBLE SOLUCIÓN DE RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE UN MURO DE GAVIONES ESCALONADOS EN ALTURA EN EL INTRADÓS**

Con fecha de 30 de mayo de 2024 el Instituto Técnico de Materiales y Construcción (INTEMAC) emitió un informe de título *“ESTUDIO DE LAS CAUSAS, TRASCENDENCIA ESTRUCTURAL Y MEDIDAS CORRECTORAS A ADOPTAR EN RELACIÓN CON EL DERRUMBE DE PARTE DE UN MURO DEL I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE, EN NAVALCARNERO (MADRID)”* en el que se describía la tipología, características y alcance del siniestro ocurrido y se llevaba a cabo un análisis preliminar sobre las causas más probables del mismo, estableciéndose conclusiones sobre las medidas de reconstrucción a adoptar.

Una vez verificado que la reparación del muro resultaba inviable, en dicho informe se proponían distintas alternativas para su reconstrucción.

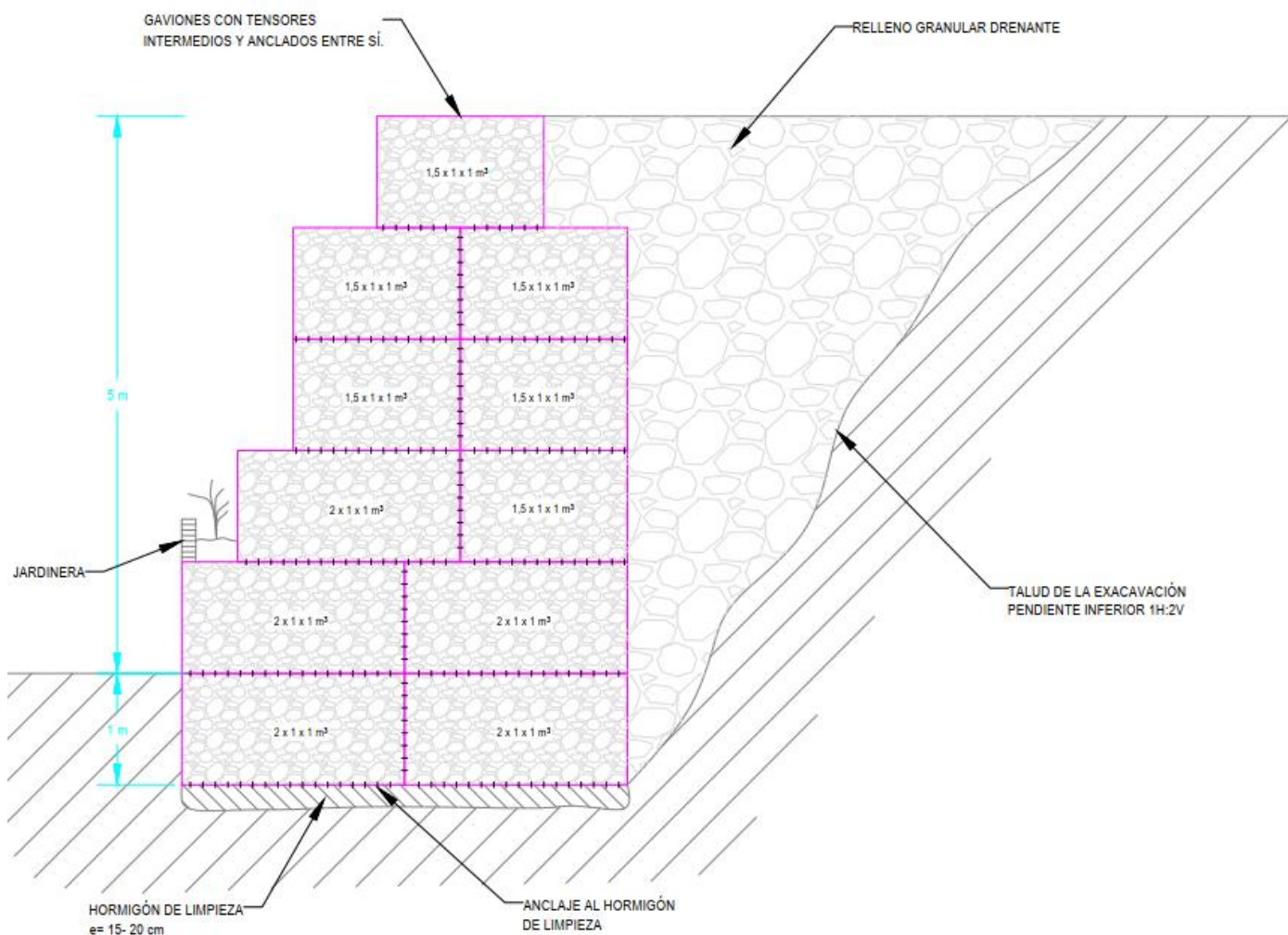
En la Figura 1 se ha remarcado con una línea amarilla sobre una vista aérea de las instalaciones las zonas a las que debe extenderse dicha reconstrucción. En las zonas del muro siniestrado, y del que acomete perpendicularmente a éste por su flanco oeste, en las que no se realice esta reconstrucción, se ejecutará un drenaje que garantice que el agua no llegue al terreno del trasdós de estos muros.



**Figura 1. Zonas de intervención sobre una vista aérea (Fuente: Google Maps®).**

De entre las diferentes alternativas de reconstrucción que se proponen en el citado informe, en nuestra opinión, la solución de un muro de gravedad de gaviones escalonados en altura en el intradós, por sus características, versatilidad y alta capacidad drenante, es la alternativa más recomendable para la reconstrucción de este muro.

En la Figura 2 siguiente se muestra un croquis de una sección tipo de un ejemplo de una posible solución de reconstrucción mediante un muro de gaviones escalonados en altura en el intradós. Los cálculos realizados para el predimensionamiento de esta solución se incorporan como anejo al presente escrito.



**Figura 2. Croquis de la sección tipo de la solución de muro de gaviones estimada.**

Como se aprecia en dicho croquis, la adecuada ejecución de esta solución requiere que se lleven a cabo una serie de medidas, entre las que destacamos:

- El anclaje de los gaviones entre sí y al hormigón de limpieza dispuesto en la interfase con el terreno.
- La colocación de tensores intermedios para minimizar las deformaciones de los gaviones.
- La excavación de unos taludes que respeten las pendientes máximas especificadas en el informe geotécnico disponible.
- La colocación de un relleno de material granular y drenante en el trasdós.

En base a este predimensionamiento realizado, de manera aproximada, el coste de esta solución propuesta se podría estimar en 3.500 €/ml.

Más allá de las estimaciones realizadas, la solución de reconstrucción de muro debe desarrollarse en el correspondiente Proyecto de construcción, para el cual INTEMAC puede prestar asistencia.

Este informe consta de 4 páginas numeradas y 1 anejo.

En Torrejón de Ardoz (Madrid), a 11 de julio de 2024



Fdo.: Dña. Elena Carricondo Sánchez  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Máster en Ingeniería Sísmica  
División de Estudios



D. Eduardo Díaz-Pavón Cuaresma  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Jefe del Departamento de Evaluación de Estructuras  
Existentes. Área de Estructuras.



D. Raúl Rubén Rodríguez Escribano  
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director de la División de Estudios.

*El informe original emitido se conserva en el archivo de INTEMAC. Al Peticionario se le proporciona una copia electrónica que mantiene el valor de original y será válida siempre que no se vulneren las propiedades de seguridad del documento.*

**ANEJO:**

**CÁLCULOS REALIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE UN MURO DE GRAVEDAD DE GAVIONES**

# MURO I.E.S. CARMEN MARTÍN GAITE (NAVALCARNERO)

## ESTIMACIÓN DE MURO DE GAVIONES ESTABILIDAD GLOBAL

### 1. Propiedades

$$\gamma_a := 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad aparente de los rellenos

$$\phi := 28\text{deg}$$

Ángulo de rozamiento interno de los rellenos

$$\beta := 0\text{deg}$$

Ángulo de inclinación del talud del trasdós

$$\gamma_{\text{gav}} := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Densidad del relleno de los gaviones

### 2. Geometría y pesos

$$n_2 := 5$$

Gaviones de dimensiones 1mx2mx1m

$$n_{1.5} := 6$$

Gaviones de dimensiones 1mx1,5mx1m

$$W_{\text{gav}} := (n_2 \cdot 2\text{m} + n_{1.5} \cdot 1.5\text{m}) \cdot \gamma_{\text{gav}} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 361 \cdot \text{kN}$$

$$h_{\text{sobre}} := 5\text{m}$$

Altura sobre rasante

$$h_{\text{bajo}} := 1\text{m}$$

Altura bajo rasante

$$h_{\text{tot}} := h_{\text{sobre}} + h_{\text{bajo}} = 6\text{m}$$

Altura total

$$B := 4\text{m}$$

Ancho de la base

Distancia del centro de gravedad del conjunto al punto de vuelco:

$$d_{\text{cg}} := \frac{4\text{m} \cdot 2\text{m} \cdot 2\text{m} + 3.5\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 3.5\text{m} \cdot 0.5 + 3\text{m} \cdot 2\text{m} \cdot 1.5\text{m} + 1.5\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot (0.75 + 0.5)\text{m}}{4\text{m} \cdot 2\text{m} + 3.5\text{m} \cdot 1\text{m} + 3\text{m} \cdot 2\text{m} + 1.5\text{m} \cdot 1\text{m}} = 1.737\text{m}$$

### 3. Coeficientes de empuje

Coeficiente de empuje activo horizontal:

$$\lambda_h := \cos(\beta)^2 \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_h = 0.361$$

Coeficiente de empuje activo vertical:

$$\lambda_v := \sin(\beta) \cdot \cos(\beta) \cdot \frac{\cos(\beta) - \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}{\cos(\beta) + \sqrt{\cos(\beta)^2 - \cos(\phi)^2}}$$

$$\lambda_v = 0$$

Coeficiente de empuje pasivo horizontal:

$$\lambda_{hp} := \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)} = 2.77$$

### 4. Cálculo de empujes

#### **Empujes activo del terreno sin saturar**

Empuje horizontal:  $E_h := \frac{1}{2} \cdot h_{tot} \cdot \gamma_a \cdot h_{tot} \cdot \lambda_h \cdot 1m = 116.975 \cdot kN$

Empuje vertical:  $E_v := \frac{1}{2} \cdot h_{tot} \cdot \gamma_a \cdot h_{tot} \cdot \lambda_v \cdot 1m = 0 \cdot kN$

Empuje total:  $E_{tot} := \sqrt{E_h^2 + E_v^2} = 116.975 \cdot kN$

#### **Empujes pasivo del terreno sin saturar**

Despreciamos el empuje pasivo de los 50 cm más superficiales

Empuje pasivo:  $E_{pas} := \frac{1}{2} \cdot (h_{bajo}^2 - 0.5m^2) \cdot \gamma_a \cdot \lambda_{hp} \cdot 1m = 12.464 \cdot kN$

### COMPROBACIÓN FRENTE A VUELCO

Momento estabilizador:

$$M_{\text{est}} := W_{\text{gav}} \cdot d_{\text{cg}} + E_{\text{pas}} \cdot \frac{h_{\text{bajo}} - 0.5\text{m}}{3} = 629.077 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

Momento desestabilizador frente al empuje del terreno drenado:

$$M_{\text{des.tot}} := E_h \cdot \frac{h_{\text{tot}}}{3} = 233.95 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al vuelco (muro drenado):

$$\text{CSV}_{\text{tot}} := \frac{M_{\text{est}}}{M_{\text{des.tot}}} \quad \text{CSV}_{\text{tot}} = 2.689$$

### COMPROBACIÓN FRENTE A DESLIZAMIENTO

$$\mu := \tan(\phi) = 0.532 \quad \text{Rozamiento muro-terreno}$$

Fuerzas estabilizadoras:

$$F_{\text{est}} := (W_{\text{gav}} + E_{\text{pas}}) \cdot \mu = 198.574 \cdot \text{kN}$$

Coefficiente de seguridad al deslizamiento (muro drenado sin mayorar):

$$\text{CSD}_{\text{tot}} := \frac{F_{\text{est}}}{E_h} \quad \text{CSD}_{\text{tot}} = 1.698$$

### COMPROBACIÓN TENSIONES SOBRE EL TERRENO DE CIMENTACIÓN

$$\text{Excentricidad} \quad e_n := \frac{W_{\text{gav}} \cdot \left[ -(2\text{m} - d_{\text{cg}}) \right] + E_h \cdot \frac{h_{\text{tot}}}{3}}{W_{\text{gav}}} = 0.385 \text{ m}$$

$$e_n = 0.385 \text{ m} \quad \text{menor que} \quad \frac{B}{3} = 1.333 \text{ m}$$

$$\text{Tensiones terreno} \quad \sigma_t := \frac{W_{\text{gav}}}{2 \cdot \left( \frac{B}{2} + e_n \right) \cdot 1\text{m}} = 0.772 \cdot \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$