

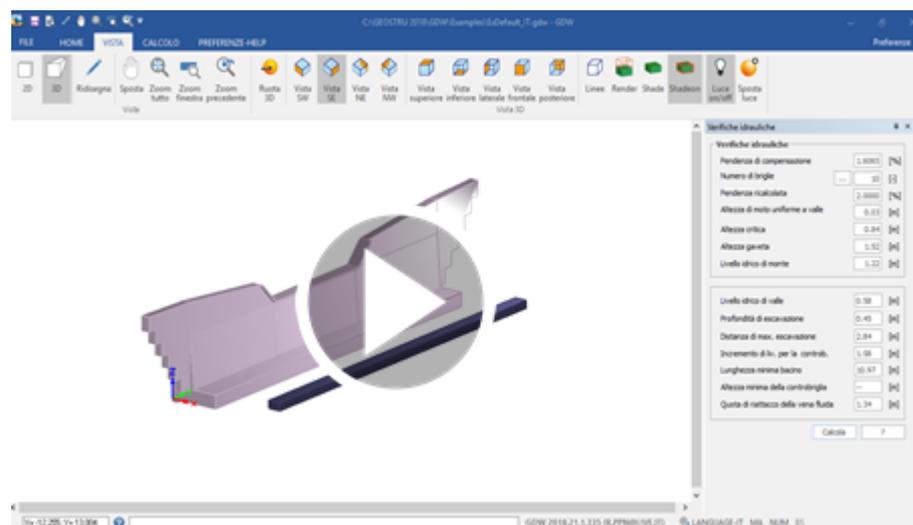
GDW

Part I GDW	1
Part II Introducción	2
Part III Dique en gaviones	3
Part IV Datos generales	5
Part V Dique en hormigón simple	6
Part VI Gaveta	8
Part VII Cuenca	9
Part VIII Tuberías de drenajes	13
Part IX Estratigrafía	14
1 Acción sísmica	15
Part X Cargas externas	17
Part XI Verificación hidráulica	18
Part XII Verificación de equilibrio global	21
Part XIII Verificación a sifonamiento	23
Part XIV Calcolo Micropali	25
1 Input dei micropali	25
2 Calcolo del momento di plasticizzazione	29
3 Distribuzioni delle azioni verticali sui micropali	30
4 Distribuzioni delle azioni orizzontali sui micropali	33
5 Carico limite verticale	33
6 Carico limite orizzontale	34
Part XV Geoapp	36
1 Sección Geoapp	36
Part XVI Contactos	37
Index	0

1 GDW

GDW se ocupa del análisis de los muros en gaviones, diques de hormigón simple y diques de **GAVIONES** en condiciones estáticas y sísmicas.

The global stability analysis is performed with **GSA** – *Global Stability analysis*.



Factores de seguridad:

- Al vuelco
- Al deslizamiento
- Carga última
- Estabilidad global
- Sifonamiento.

Además, para los muros de GAVIONES el software lleva a cabo sucesivas verificaciones de seguridad, específicamente:

- Verificación de seguridad al deslizamiento entre gavión y gavión;
- Verificación de seguridad del aplastamiento entre gaviones.

Dimensionamiento Hidráulico:

- Inclinación de compensación: es la inclinación del álveo en cuya correspondencia se produce la sedimentación del material en el dorso del dique y, para un caudal fijo de proyecto, los inertes están en equilibrio;
- Altura de la gaveta;
- La excavación máxima cuesta abajo del dique, una vez calculadas las alturas de la corriente cuesta abajo y cuesta arriba del dique;

- El factor de seguridad a sifonamiento, estimado mediante el estudio con elementos finitos del problema de la filtración en un medio poroso;
- La profundidad de máxima excavación estimada con la fórmula de Schoklitsch;
- En presencia de contradique se determina la altura mínima del mismo, la longitud mínima de la cuenca de disipación cuesta arriba del contradique, la altura de la corriente en correspondencia del contradique.

Salidas:

El software produce elaborados de textos y gráfica muy detallados en formato DXF, DOCX.

2 Introducción

El dique es una obra que se utiliza para contener fenómenos de tipo erosivo en los alvéolos fluviales. En particular modo es utilizado cuando se quiere modificar la inclinación de un determinado alvéolo para llevarla a la compensación. Las tecnologías utilizadas para la ejecución del dique son distintas. El programa G.D.W. tiene en cuenta los diques en hormigón simple y diques en gaviones como se muestra a continuación:

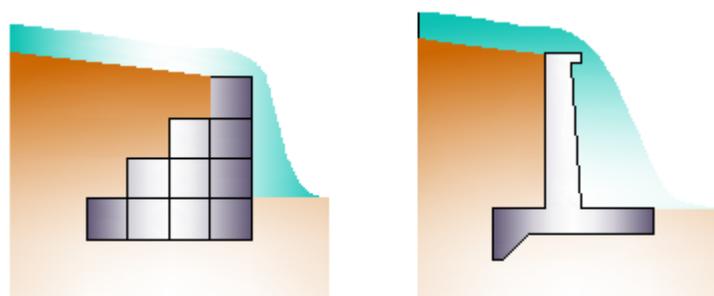


Figura: Dique en gavión (izq.) - Dique en hormigón

El programa realiza el cálculo según los siguientes criterios:

1. Verificación hidráulica

En este caso serán determinadas todas las cantidades hidráulicas necesarias para validez de la obra. Se calculan por ejemplo, la cantidad

como ser la profundidad máxima de excavación, altura de moto uniforme etc.

2. Verificación del equilibrio global

En este caso se verifica la estabilidad de la obra ejecutando las verificaciones clásicas.

3 Dique en gaviones

La geometría del dique en gaviones es definida con respecto a la siguiente figura:

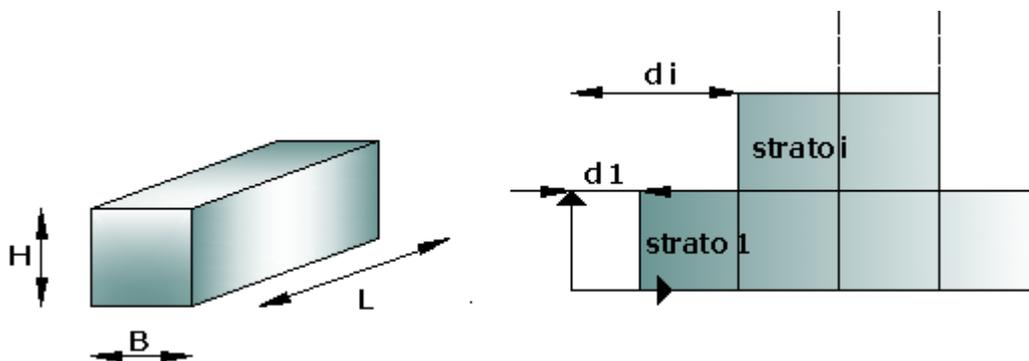


Figura: esquema geométrico del dique en gaviones

El dique en gaviones es definido con ensamblajes de distintos gaviones. Gaviones de distintos tipos pueden ser presentes en el mismo dique. El tipo de gavión de la figura de la izquierda va definido de la siguiente manera::

H[m]

Altura del gavión

B[m]

Base del gavión

L[m]

Longitud del gavión

Gama[kN/m³]

Peso específico del material que compone el gavión

El dique en gaviones de la figura de la derecha va definido de la siguiente manera:

Tipo

El primer estrato del dique será constituido con uno de los tipos definidos por el usuario

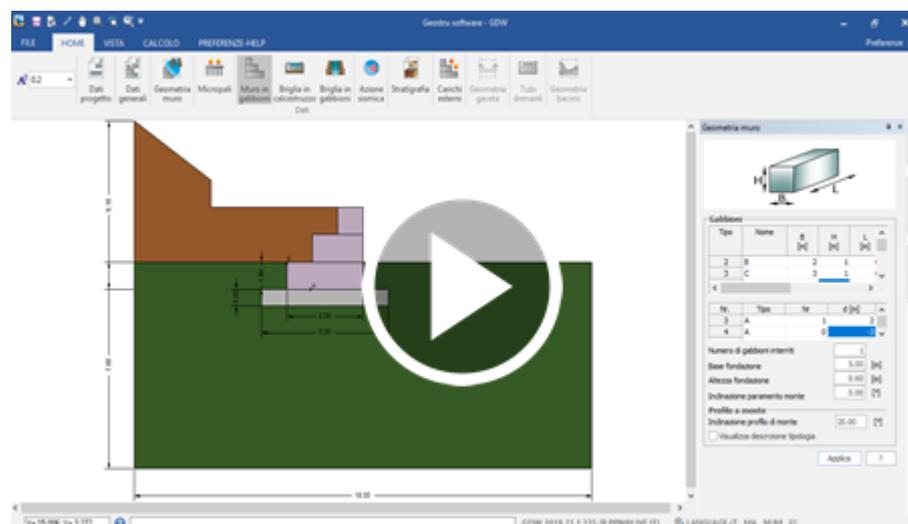
Número

Número de gaviones que componen el estrato

d[m]

Distancia entre el primer gavión a partir de la izquierda, del estrato de referencia elegido

Además el usuario tiene que definir el número de gaviones enterrados (**NGI**) de la puesta en obra.



4 Datos generales

Los datos generales son relativos principalmente al asta fluvial que se quiera analizar. Se definen los siguientes datos generales:

DATOS RELATIVOS AL ASTA

Cota cuesta arriba del asta [m]:

Es la cota con respecto, a un plano horizontal de referencia, del punto cuesta arriba (más alto) del tramo del cauce que se elija

Cota cuesta abajo del asta [m]:

Es la cota, respecto a un plano horizontal de referencia, del punto cuesta abajo (más bajo) del tramo del cauce que se elija;

Longitud del asta [m]:

Distancia medida a través de la proyección del asta sobre el plano horizontal de referencia, del punto de inicio del asta (punto cuesta arriba) y punto final del asta (punto cuesta abajo);

Ancho de la sección del cauce [m]:

La sección del cauce va hipotetizada por el software G.D.W. como una sección rectangular, por lo tanto el ancho de la sección del cauce coincide con la base de la sección rectangular asumida para modelar la sección del cauce;

Diámetro promedio del material que constituye el cauce [m]:

Diámetro que pasa al 50% en el ensayo granulométrico del terreno constituida por el cauce;

D90[m]:

Diámetro que pasa al 90% en el ensayo granulométrico del terreno constituido por el cauce;

Caudal de proyecto [m³/s]:

Caudal de proyecto determinado en base a las características hidrológicas del embalse en el interior del cual se contiene el asta por analizar;

n de Manning [-]:

Coefficiente de rugosidad del fondo del cauce utiliza en la fórmula de moto uniforme para canales a cielo abierto. Generalmente toma valores comprendidos entre 0.011 e 0.035;

FACTORES DE SEGURIDAD

Factor de seguridad a vuelco:

Es la relación mínima entre el Momento estabilizador y el momento de vuelco;

Factor de seguridad:

Es la relación mínima admitida entre las fuerzas que tienden a estabilizar por desplazamiento y fuerzas que tienden a desestabilizar por desplazamiento;

Factor de seguridad a carga límite:

Es la relación mínima entre la carga límite de la cimentación y la carga transmitida por el dique en condiciones de ejercicio.

5 Dique en hormigón simple

La geometría del dique en hormigón simple va definida con referencia a la siguiente figura:

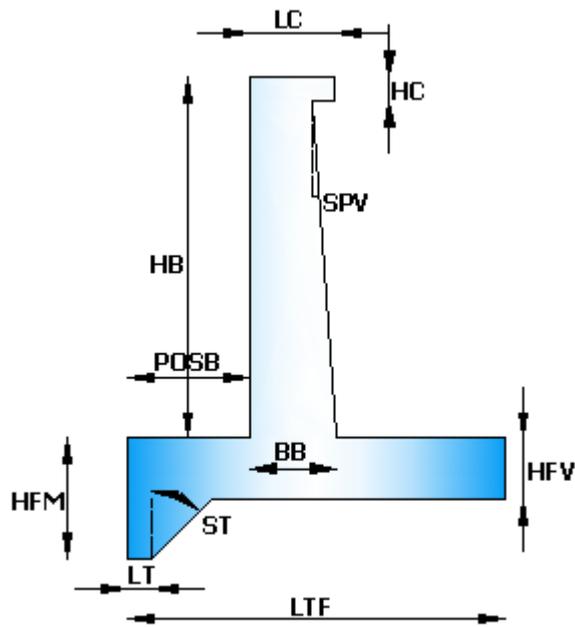


Figura: Esquema geométrico en hormigón

Con respecto a la figura los datos que el usuario tiene que introducir son los siguientes:

HB[m]

Altura del cuerpo del dique

POSB[m]

Distancia entre el parámetro cuesta arriba del dique y el orlo cuesta arriba de la cimentación

LC[m]

Ancho coronación

HC[m]

Altura coronación

SPV[°]

Escarpa parámetro cuesta abajo con respecto a la vertical (Ángulo medido positivo en sentido anti horario)

HFV[m]

Altura cimentación cuesta abajo

LTF[m]

Ancho cimentación

LT[m]

Ancho tacón

ST[m]

Inclinación de la pared cuesta abajo del tacón respecto a aquella vertical (Ángulo medido en positivo en sentido horario)

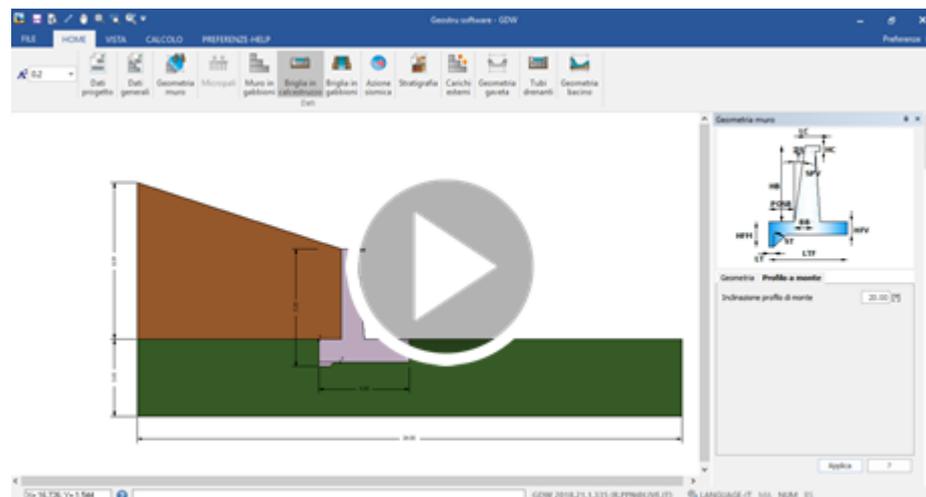
HFM[m]

Altezza della fondazione a monte

BB[m]

Base del cuerpo del dique

Además el dique en hormigón es completamente definido cuando en las informaciones generales es definido su peso específico.



6 Gaveta

La gaveta, necesaria para consentir un desagüe que evite la erosión de las orillas del cauce en proximidad al dique, es definida tomando como referencia la siguiente figura:



Figura: esquema geométrico de la gaveta

LG[m]

Longitud de la base menor de la gaveta

IS[°]

Inclinación de los deslizamientos laterales de la gaveta (Ángulo medido en sentido horario)

FRS[m]

Margen de seguridad que se tiene asegurado en el caso más desfavorable, medido como distancia vertical entre el fondo de la gaveta y el punto más alto de los deslizamientos de la gaveta.

7 Cuenca

La cuenca de disipación es una obra complementaria al dique que sirve a disipar parte de la energía de la corriente. Los elementos que la componen son :

1. El revestimiento de la cuenca
2. Contradique

En el ambiente considerado por el software G.D.W. se pueden distinguir cuatro tipologías de cuencas:

1.Cuenca no revestida de contradique

En este caso la formación de la cuenca se tiene a la obra de un contradique cuesta abajo del dique. Por lo tanto la cuenca no es revestida, como se puede apreciar en la siguiente figura:

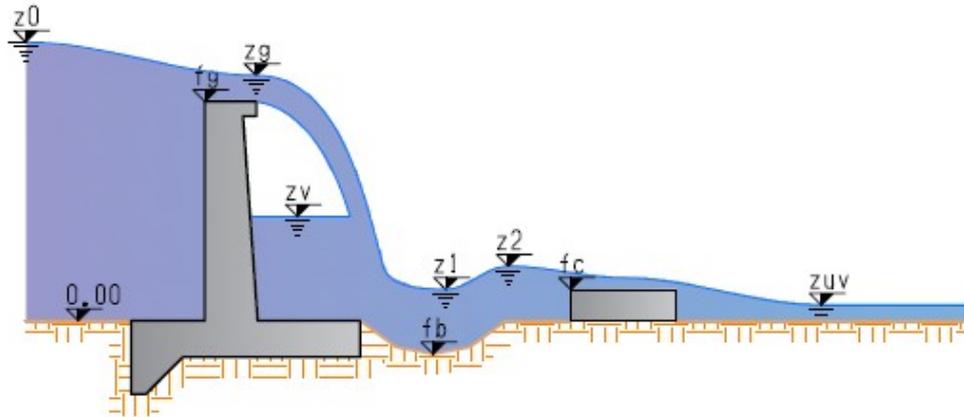


Figura: Cuenca no revestida con contradique

En este caso el fenómeno de erosión es atenuado, es decir que no va eliminado del todo.

2. Cuenca en terraplén, revestido con contradique

En este caso además de la puesta en obra de un contradique es presente un revestimiento del espacio comprendido entre el contradique y el pie cuesta abajo de la cimentación del dique como se puede observar en la siguiente figura:

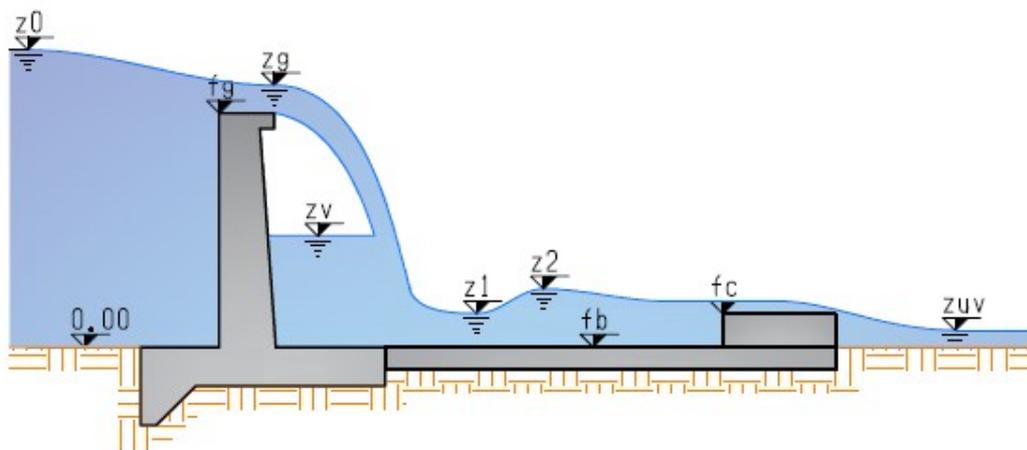


Figura: Cuenca en terraplén revestida con contradique

En este caso el fenómeno de erosión es completamente eliminado, siendo el material de revestimiento de la cuenca bastante resistente con respecto a la erosión.

3. Cuenca en depresión, revestida con contradique

En este caso, a diferencia de lo que ocurre con la cuenca en terraplén, la cota de la superficie del embalse es inferior a la cota de referencia del terreno, y la cota del fondo de la gaveta del contradique coincide con al cota de referencia del terreno como se puede observar en la siguiente figura:

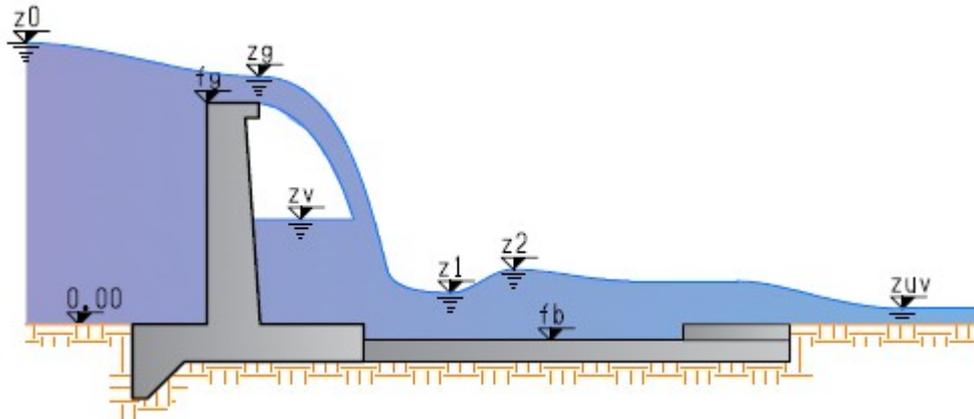


Figura: Cuenca en depresión revestida con contradique

4. Sin cuenca de disipación y contradique

Este es el caso más desfavorable desde el punto de vista de la erosión. Además de ser presente cuesta abajo del dique un fondo de poca capacidad de resistencia respecto al fenómeno de erosión, no es presente ningún dispositivo de disipación. En este caso se verifican las mayores profundidades de excavación:

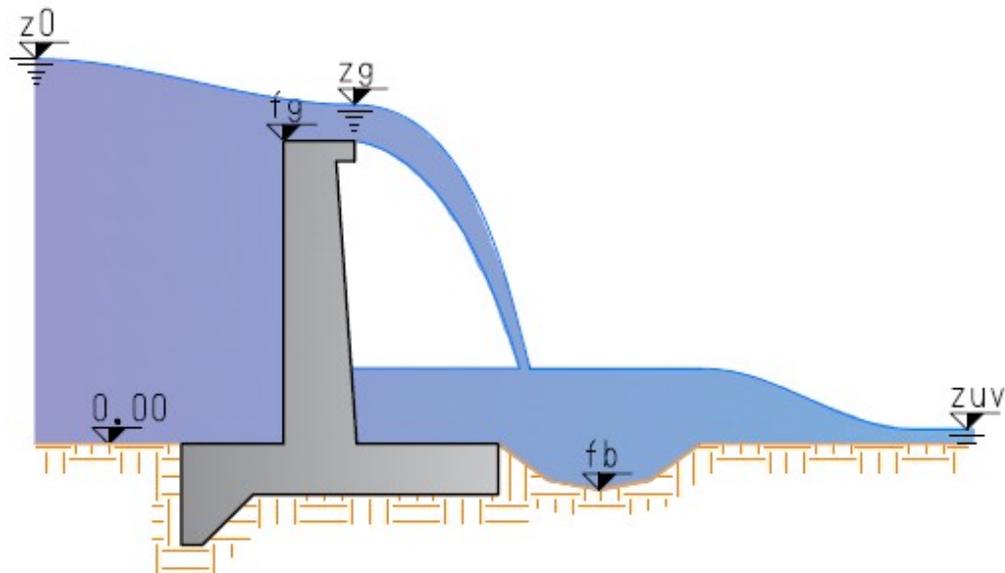


Figura: Ausencia de cuenca y contradique

Con respecto al input que el usuario tiene que introducir se toma como referencia la siguiente figura:

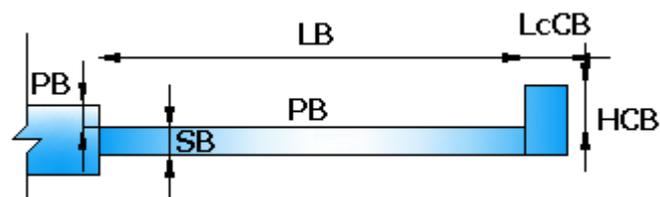


Figura: Datos geométricos de la cuenca de disipación

con

LB[m]

Longitud de la cuenca

PB[m]

Cota del fondo de la cuenca con respecto al plano de referencia representado por el terreno

SB[m]

Espesor embalse

HCB[m]

Altura del contradique medido desde el plano de referencia representado por el terreno

LcCB[m]

Ancho coronación contradique

8 Tuberías de drenajes

La función de dichas tuberías es disminuir el efecto del empuje causado por la presencia de agua, mientras que la función de la estructura de ensambles aquella de garantizar que el dique sea bien ensamblado en las orillas del río en el cual se va a introducir. Los datos de input relativos a los tubos de drenajes y a la estructura de ensamble se introducen con respecto al siguiente esquema:

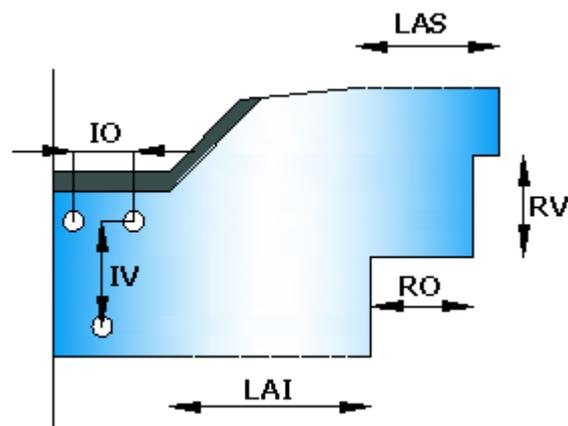


Figura: Esquema input para tuberías de drenaje y ensamble

Los símbolos son:

IO[m]

Intereje horizontal de los tubos de drenaje

IV[m]

Intereje vertical de los tubos de drenaje

LAI[m]

Longitud del ensamble inferior

LAS[m]

Longitud ensamble superior

RV[m]

Rediente vertical

RO[m]

Rediente horizontal

Nota: La eficiencia de un sistema de tuberías de drenajes es limitada a los primeros tiempos de vida de la obra, sobre todo si no posee una adecuada mantenimiento. Es por este motivo que en el cálculo del equilibrio del dique, el sistema de tuberías de drenaje no es tomado en cuenta con respecto al beneficio que pueda aportar.

9 Estratigrafía

Para el análisis del modelo es necesario definir dos estratos para el material de la siguiente manera:

- 1) Un primer estrato del material en elevación, según el cual son calculados los empujes*
- 2) Un segundo estrato de material en cimentación, según el cual es calculada la carga límite de la cimentación*

Para ambos estratos el usuario tiene que introducir las siguientes cantidades:

Nombre del material

Nombre que identifica el material

Peso[kN/m³]

Peso específico del material seco

Peso saturado[kN/m³]

Peso específico del material saturado del material seco saturado

Ángulo de rozamiento[°]

Ángulo de resistencia al corte del terreno

c[kN/m²]

Cohesión interna del terreno

Rozamiento tierra[°]

Ángulo de rozamiento interfaz muro-terreno

Adhesión[kN/m²]

Adhesión entre tierra y muro

9.1 Acción sísmica

Para el cálculo automático de los coeficientes sísmicos horizontales y verticales según el **NTC** (*NTC son las nuevas Normas técnicas Italianas de la construcción del 2008*) se puede utilizar GEOSTRU PS

La acción sísmica se tiene en cuenta en el cálculo a través de la teoría de *Mononobe & Okabe*. A nivel de input el usuario tiene que introducir los coeficientes de empuje sísmico horizontal y vertical:

kh[-]

coeficiente sísmico horizontal

kv[-]

Coficiente sísmico vertical

xp/h[-]

relación entre la altura del punto de aplicación del aumento sísmico y la altura de empuje del muro. Este valor es asumido generalmente igual a 2/3

Cálculo de los coeficientes sísmicos

El **NTC 2018** calculan los coeficientes k_h y k_v en dependencia de varios factores:

$$k_h = \beta_s (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot K_h$$

Con

β_s coeficiente de reducción de la aceleración máxima al sitio a_{max}
aceleración horizontal máxima al sitio.

g aceleración de gravedad.

Todos los factores presentes en las fórmulas dependen de la aceleración máximas sobre el sitio de referencia rígido y de las características geomorfológicas del territorio.

a_{max} es la aceleración máxima al sitio:

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

S_s (efecto de amplificación estratigráfica): $0.90 \leq S_s \leq 1.80$

È función de $F0$ (Factor máximo de amplificación del espectro en aceleración horizontal).

S_T (efecto de amplificación topográfica): $1.00 \leq S_T \leq 1.40$

El valor de S_T cambia con el pasar de las cuatro categorías topográficas introducidas T1 ($S_T = 1.0$), T2 ($S_T = 1.20$), T3 ($S_T = 1.20$) e T4 ($S_T = 1.40$).

Estos valores son calculados como función del punto en el cual se encuentra el sitio analizado. El parámetro de entrada para el cálculo es el tiempo de regreso del evento sísmico que es calculado como sigue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Con V_R vida de referencia de la construcción e P_{VR} probabilidad de superación, en la vida de referencia, asociada al estado límite considerado. La vida de referencia depende de la vida nominal de la construcción y de la clase del uso de la construcción (alineado según el punto 2.4.3 del NTC). De todas maneras V_R tendrá que ser mayor o igual a 35 años.

La aplicación del D.M. 88 y modificaciones sucesivas e integraciones es consentido mediante la introducción del coeficiente sísmico horizontal K_o en función de las Categorías Sísmicas según el siguiente esquema:

CATEGORÍA	K_o	K_v
I	0.1	0
II	0.07	0
III	0.04	0

En acuerdo a tales disposiciones la relación: $a_g/g = C \cdot I \cdot R$

C: coeficiente de intensidad sísmica

$$C = \frac{S-2}{100}$$

S: grado de sismicidad (S - 2)

R: coeficiente de respuesta,

I: coeficiente de protección sísmica.

Para aplicar el **Eurocódigo 8** (proyectación geotécnica en campo sísmico) el coeficiente sísmico horizontal va definido de la siguiente manera:

$$k_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : aceleración de pico de referencia sobre suelo rígido emergente,

γ_I : factor de importancia,

S: soil factor depende del tipo de terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

es design ground acceleration on type A ground.

El coeficiente sísmico vertical k_v es definido en función de k_h , y vale:

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Coficiente acción sísmica horizontal k_h : valor inicial en base al cálculo de los coeficientes sísmicos o bien definidos por el usuario.

10 Cargas externas

El usuario puede introducir ulteriores cargas, además de aquellas que el software G.D.W. calcula por default. En particular el usuario puede introducir fuerzas horizontales concentradas, fuerzas verticales concentradas y copias concentradas. La convención de positividad y el sistema de referencia respecto al cual se permite definir las fuerzas son representadas en la siguiente figura:

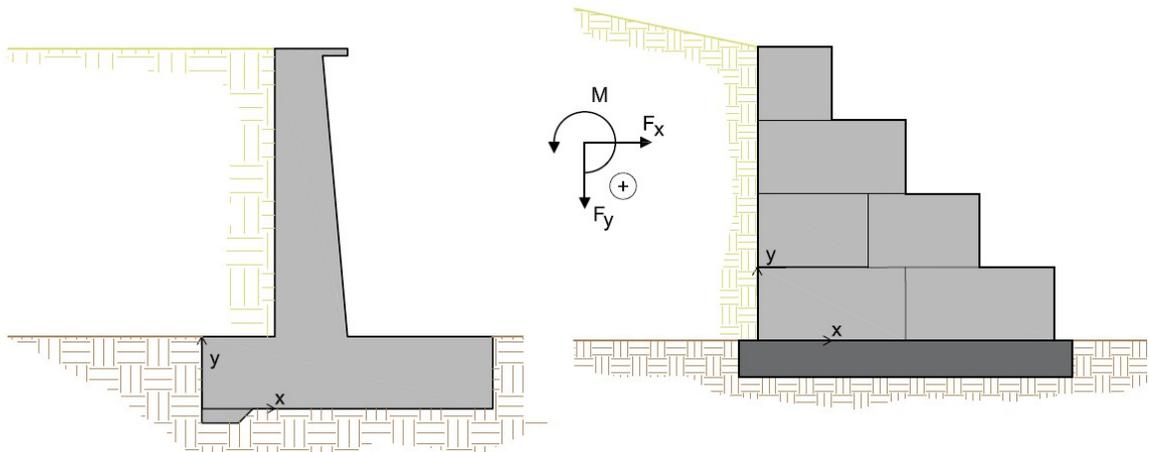
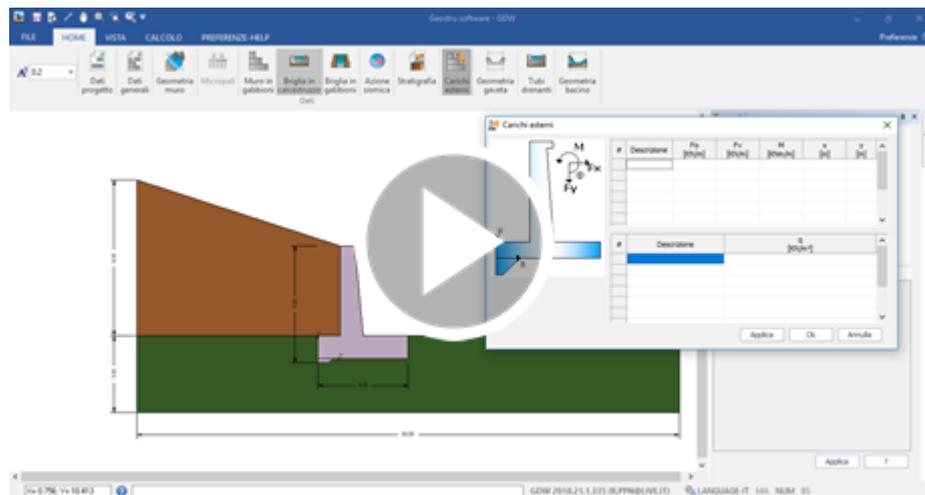


Figura: Convención de positividad y de referencia para la definición de cargas externas

Las unidades de medida que tienen que ser utilizadas son **kN** para las fuerzas y **m** para las longitudes (es decir kNm para los momentos)



11 Verificación hidráulica

En el cálculo hidráulico son calculadas distintas cantidades en función del tipo de dispositivo de disipación adoptado. Para los distintos casos los resultados atendibles para el cálculo hidráulico son:

1. Embalse con cotradique

z0[m]

Elevación del nivel del agua cuesta arriba

zg[m]

Cota del agua sobre la gaveta (nota: el agua en la gaveta transita en condiciones de estado crítico)

zv[m]

Cota de retomo de la vena fluida, parámetro cuesta abajo

z1[m]

Cota del agua cuesta abajo del dique

fb[m]

Cota del perfil del terreno a la distancia de máxima excavación (profundidad de máxima excavación)

z2[m]

Elevación del nivel del agua cuesta arriba del contradique

zum[m]

Cota de la corriente cuesta abajo del dique en condiciones de moto uniforme

lbmin[m]

Longitud mínima cuenca

hcbmin[m]

Altura mínima contradique

2. Cuenca en terraplén, revestido con contradique

z0[m]

Elevación del nivel del agua cuesta arriba

zg[m]

Cota del agua en la gaveta (*nota: el agua en la gaveta corre en condiciones de estado crítico*)

zv[m]

Cota de retomo de la vena fluida parámetro cuesta abajo

z1[m]

Cota del agua cuesta abajo del dique

z2[m]

Elevación del nivel de agua cuesta arriba del dique

zum[m]

Cota cuesta abajo del dique en condiciones de moto uniforme

lbmin[m]

Longitudes mínimas de la cuenca

hcbmin[m]

Altura mínima del contradique

3. Cuenca en depresión, revestida con contradique

z0[m]

Elevación del nivel del agua cuesta arriba

zg[m]

Cota del agua sobre la gaveta (*nota: el agua en la gaveta corre en condiciones de estado crítico*)

zv[m]

Cota de retomo de la vena fluida parámetro cuesta abajo

z1[m]

cota del agua cuesta abajo del dique

z2[m]

Elevación del nivel del agua subito cuesta arriba del contradique

zum[m]

Cota de la corriente cuesta abajo del dique en condiciones de moto uniforme

lbmin[m]

Longitudes mínimas de la cuenca

hcbmin[m]

Altura mínima del contradique

4. Ausencia de cuenca o contradique

z0[m]

Elevación del nivel del agua cuesta arriba

zg[m]

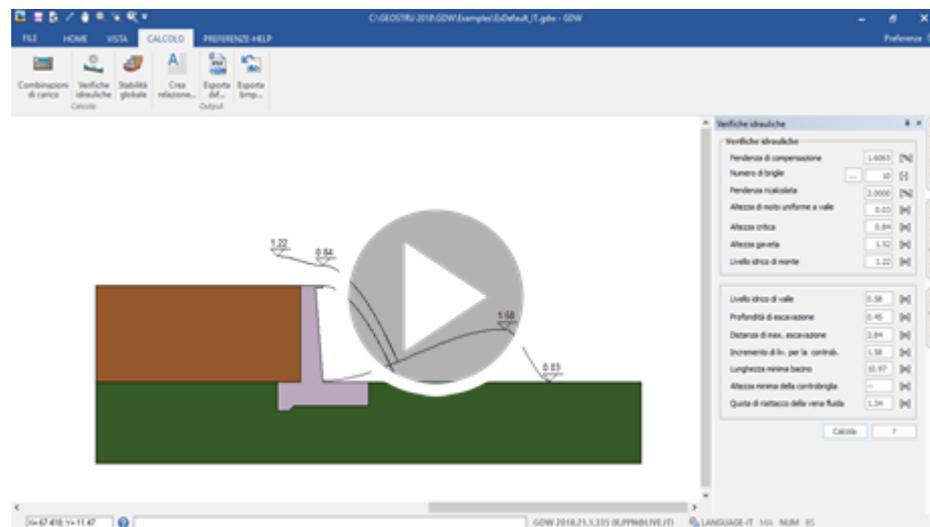
Cota del agua (*nota: el agua en la gaveta corre en condiciones de estado crítico*)

zv[m]

Cota de retorno de la vena fluida parámetro cuesta abajo

zum[m]

Cota de la corriente cuesta abajo del dique en condiciones de moto uniforme



12 Verificación de equilibrio global

Verificación a vuelco

El peligro del vuelco es representado por la posibilidad de rotación del dique al rededor del punto más lejano cuesta abajo. Las acciones que favorecen al vuelco, en el caso del dique, son los empujes del terreno (estáticas y dinámicas) y los empujes provocados por el agua. Las acciones que se oponen al vuelco son generalmente aquellas causadas por el peso de los materiales de la obra (por ejemplo peso propio del dique). En términos numéricos la verificación a vuelco se realiza con una

comparación entre el momento estabilizador y el momento desestabilizador. La fórmula la verificación a vuelco es la siguiente:

$$\frac{M_s}{M_R} \geq FSR$$

donde M_s es el momento estabilizador, M_R es el momento a vuelco y FSR es el factor de seguridad a vuelco que generalmente no tiene que ser inferior a 1.5.

Verificación a desplazamiento

el peligro de desplazamiento es representado por la posibilidad que el resultante de las fuerzas paralelas al plano de contacto terreno cimentación sea mayor a la resistencia al desplazamiento por rozamiento. Las acciones que favorecen el desplazamiento son, como antes, los empujes del terreno (estáticos y dinámicos) y los empujes causados por el agua. Las acciones que se oponen al desplazamiento son en cambio aquellas derivadas por el rozamiento y la adhesión del terreno-cimentación. En términos matemáticos, la verificación a desplazamiento es la siguiente:

$$\frac{F_{rs}}{F_{ss}} \geq FSS$$

donde F_{rs} es la fuerza de resistencia al desplazamiento, F_{ss} es la fuerza solicitante al desplazamiento y FSS es el factor de seguridad al desplazamiento que generalmente no tiene que ser inferior a 1.3.

Verificación Aplastamiento

El peligro de aplastamiento es representado por la posibilidad que la tensión inducida por el dique, sobre la cimentación, sea mayor de la tensión en correspondencia de la cual se verifica la ruptura del terreno-cimentación. En términos matemáticos la verificación se realiza comparando la máxima tensión actuante en el terreno con la carga límite terreno-cimentación:

$$\frac{Q_{lim}}{Q_e} \geq FSQ_{lim}$$

donde Q_{lim} es la carga límite de la cimentación, Q_e es la tensión transmitida (para una particular condiciones de carga) al terreno de

cimentación y FSQlim es el factor de seguridad por aplastamiento, que generalmente no tiene que ser inferior a 2.

En el caso en el cual el dique analizado sea del tipo a gaviones el programa realiza otras dos verificaciones, denominadas verificaciones de estabilidad interna y precisamente:

Verificación para desplazamiento interfaz entre gaviones

Esta verificación es realizada para evitar que, por una determinada interfaz entre gavión y gavión, se verifique un deslizamiento entre el grupo de gaviones que está sobre el interfaz y el grupo de gaviones que se encuentra bajo el interfaz. El programa realiza, por cada combinación, la verificación a desplazamiento por cada estrato de gavión y devuelve el valor mínimo del factor de seguridad. En términos matemáticos la verificación se realiza utilizando una fórmula análoga a aquella descrita en el punto anterior "Verificación a desplazamiento".

Verificación aplastamiento del material que constituye los gaviones

Esta verificación va realizada con el fin de evitar que el material de los gaviones sea puesto a tensiones de compresión y excesivas, tales de alcanzar la crisis por ruptura a compresión. El programa realiza por cada combinación de carga, la verificación sobre cada interfaz y devuelve el valor del factor de seguridad mínimo. En términos matemáticos la verificación más satisfactoria es la siguiente:

$$\frac{\sigma_{am}}{\sigma_n} \geq FSch$$

donde σ_{am} es la tensión admisible del material, σ_n es la tensión de la cual es sujeto el material constituido por el dique, mientras que FSch es el factor de seguridad por aplastamiento.

13 Verificación a sifonamiento

Verificación a sifonamiento

El desnivel hídrico existente entre la zona cuesta arriba y cuesta abajo del dique comporta la posibilidad del problema de sifonamiento. Por sifonamiento se entiende el fenómeno físico capaz de levantar parte del terreno que se encuentra en la base cuesta abajo, generando el peligro de colapso de la obra. El criterio adoptado por el programa es aquel de verificar que la velocidad en el medio poroso sea en cada punto, tal de no remover las partículas más finas del terreno. En matemática se llama i_c la pendiente crítica y i_e la pendiente de deflujo, el factor de seguridad a sifonamiento es expresado por:

$$F_s = \frac{i_c}{i_e}$$

donde :

$$i_c = \frac{\gamma_{sat} - \gamma}{\gamma}$$

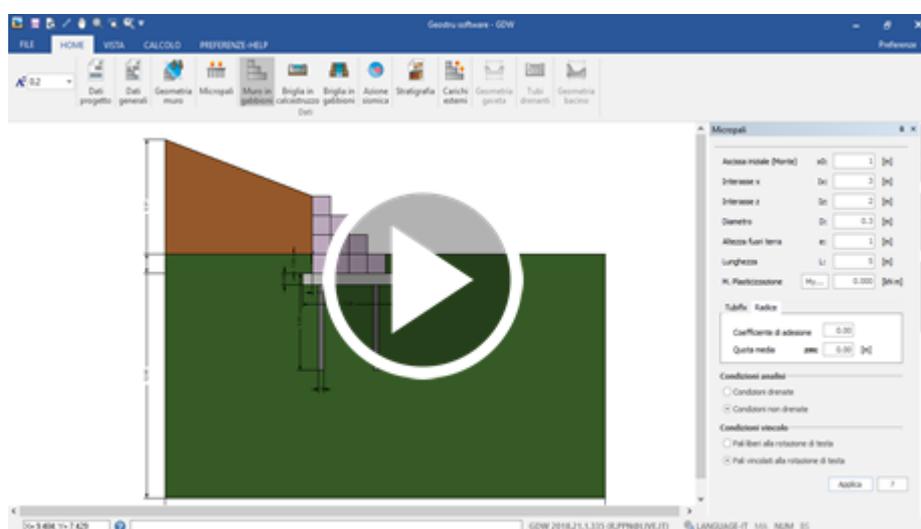
i_e es la pendiente hidráulica calculada en el punto de mayor peligro del sifonamiento, generalmente al pie de la obra cuesta abajo. La verificación a sifonamiento puede ser realizada con la ayuda de un software particular que realiza el análisis de la filtración en un medio poroso. Para realizar el análisis de la filtración proceder de la siguiente manera:

1. Desde el menú Cálculo, o desde la relativa barra de herramientas, seleccionar "Análisis filtración";
2. Se abre una ventana por medio de la cual se podrá generar un archivo compatible con el software utilizado para el análisis de la filtración;
3. Seleccionar, en la ventana que aparece, el tipo de dique por el cual se quiere analizar la filtración (*Dique enterrado o no enterrado*);
4. A este punto realizar un click sobre el estrato exportar y seleccionar el recorrido del del archivo por exportar;

14 Calcolo Micropali

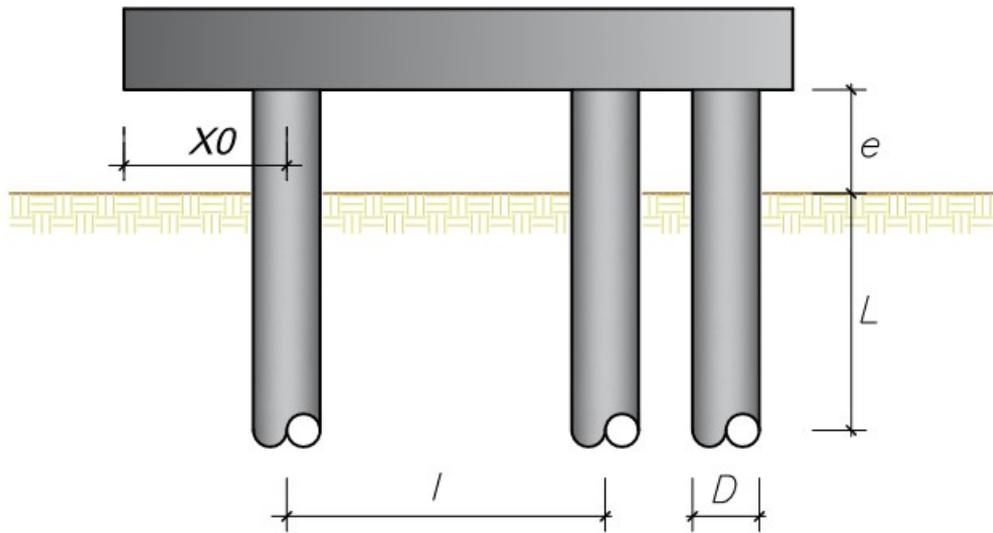
In GDW è prevista la possibilità di verificare la circostanza nella quale la briglia, o eventualmente il muro, si fonda su micropali.

N.B. E' IMPORTANTE CONSIDERARE CHE IL SOFTWARE ESEGUE LA VERIFICA SIA NELLA CONDIZIONE CON MICROPALI CHE NELLA CONDIZIONE SENZA MICROPALI. QUINDI ANCHE QUANDO L' UTENTE VUOLE VERIFICARE LA BRIGLIA (O IL MURO) SU MICROPALI IL SOFTWARE FORNISCE COMUNQUE UN FATTORE DI SICUREZZA A RIBALTAMENTO E SCORRIMENTO DELLA BRIGLIA.



14.1 Input dei micropali

L' ambiente per la gestione dell' input dei micropali è il seguente:



Schema di riferimento per la definizione della geometria dei micropali

The screenshot shows a software window titled 'Micropali' with a sidebar on the right containing buttons for 'Geometria muro', 'Geometria gaveta', 'Geometria bacino', 'Verifiche idrauliche', and 'Dati generali'. The main area contains the following fields and options:

- Ascissa iniziale (Monte) x0: 0.000 [m]
- Interasse x Ix: 0.000 [m]
- Interasse z Iz: 0.000 [m]
- Diametro D: 0.000 [m]
- Altezza fuori terra e: 0.000 [m]
- Lunghezza L: 0.000 [m]
- M. Plasticizzazione My... 0.000 [kN m]
- Tubifix Radice (selected)
- Tipo iniezione: Ripetuta (dropdown menu)
- Pressione limite di Menard: 0.00 [N/mm²]
- Condizioni analisi**
 - Condizioni drenate
 - Condizioni non drenate
- Condizioni vincolo**
 - Pali liberi alla rotazione di testa
 - Pali vincolati alla rotazione di testa
- Buttons: 'Applica' and '?'

Ambiente per l'inserimento dei dati dei micropali

I dati da inserire sono:

- **Ascissa iniziale (x0):**

E' l' ascissa in corrispondenza della quale va ad essere inserito il micropalo. E' inserita a partire da monte (*lato spingente*) ed è espressa in m.

- **Interasse x (Ix):**

E' l' interasse dei pali, misurato tra i baricentri geometrici delle sezioni associate ai pali, in direzione orizzontale (*direzione contenuta nel piano della lavagna*). E' espresso in m.

- **Interasse z (Iz):**

E' l' interasse dei pali, misurato tra i baricentri geometrici delle sezioni associate ai pali nella direzione normale al piano del disegno. E' espresso

in m.

- **Diametro (D):**

E' il diametro dei micropali utilizzato nel calcolo geotecnico del micropalo (*Carico limite*). E' espresso in m.

- **Altezza fuori terra (e):**

E' la distanza tra la testa del palo ed il piano campagna. In pratica è l'altezza fuori terra del palo. E' espressa in m.

- **Lunghezza (L):**

E' la lunghezza utile del palo (*Vale a dire quella che partecipa alla resistenza per carico limite*). E' espressa in m.

- **M. Plasticizzazione (My):**

E' il momento di plasticizzazione della sezione. E' considerato reagente solo l'acciaio. E' espresso in kN per m.

- **Tipo iniezione:**

Dato necessario per o pali tubifix. Può essere unica o ripetuta.

- **Pressione limite di Menard:**

E' la pressione limite del terreno rilevata in sito mediante pressiometro di Menard. E' espressa in N/mm².

- **Alfa:**

Coefficiente correttivo da applicare alla coesione del terreno nel caso in cui il micropalo sia di tipo radice. E' adimensionale.

- **Quota media:**

E' la quota del punto medio della lunghezza utile per il calcolo del carico limite del micropalo. E' espressa in m.

- **Condizioni Drenate:**

Spuntare questa opzione quando si vuole modellare il terreno come coesivo.

- **Condizioni Non Drenate:**

Spuntare questa opzione quando si vuole modellare il terreno come non coesivo.

- **Palo libero alla rotazione di testa:**

Spuntare questa opzione se le condizioni di contorno del palo sono tali da permettere la rotazione della testa del palo senza generare reazioni aggiuntive.

- **Palo vincolato alla rotazione di testa:**

Spuntare questa opzione se le condizioni di contorno del palo sono tali da non permettere la rotazione della testa del palo, e quindi si generano reazioni di incastro.

14.2 Calcolo del momento di plasticizzazione

Il momento di plasticizzazione è utilizzato nel calcolo del carico limite orizzontale dei micropali. E' predisposto uno strumento per il calcolo del momento di plasticizzazione. L' ambiente per il calcolo del momento di plasticizzazione è il seguente:

Momento di plasticizzazione

Geometria

Diametro esterno De: [mm]

Spessore tubolare t: [mm]

Materiale

Tens. Di snervamento fy: [kN/m²]

Sollecitazioni

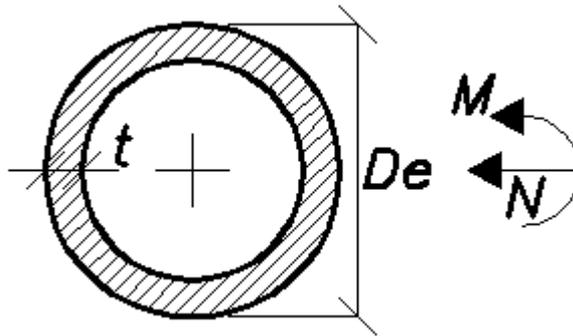
Sforzo normale N: [kN]

M. Plasticizzazione My: [kN m]

Calcola Chiudi ?

Ambiente per il calcolo del momento di plasticizzazione del micropalo

Lo schema da prendere come riferimento è il seguente:



Geometria della sezione e convenzione di sollecitazione
I dati da inserire sono i seguenti:

- **Diametro esterno (De):**

Diametro esterno della sezione, espresso in mm;

- **Spessore tubolare (t):**

E' lo spessore della lamiera che costituisce il tubolare, espresso in mm;

- **Tens. Di snervamento:**

E' la tensione di snervamento limite per il calcolo del momento. Tale dato è sufficiente in quanto si ipotizza un legame costitutivo rigido-plastico per il materiale. E' espressa in kN/m²;

- **Sforzo normale:**

E' lo sforzo normale esterno in corrispondenza del quale determinare il momento di plasticizzazione. E' espresso in kN

- **M. Plasticizzazione:**

E' il momento di plasticizzazione cercato. E' espresso in kN per m.

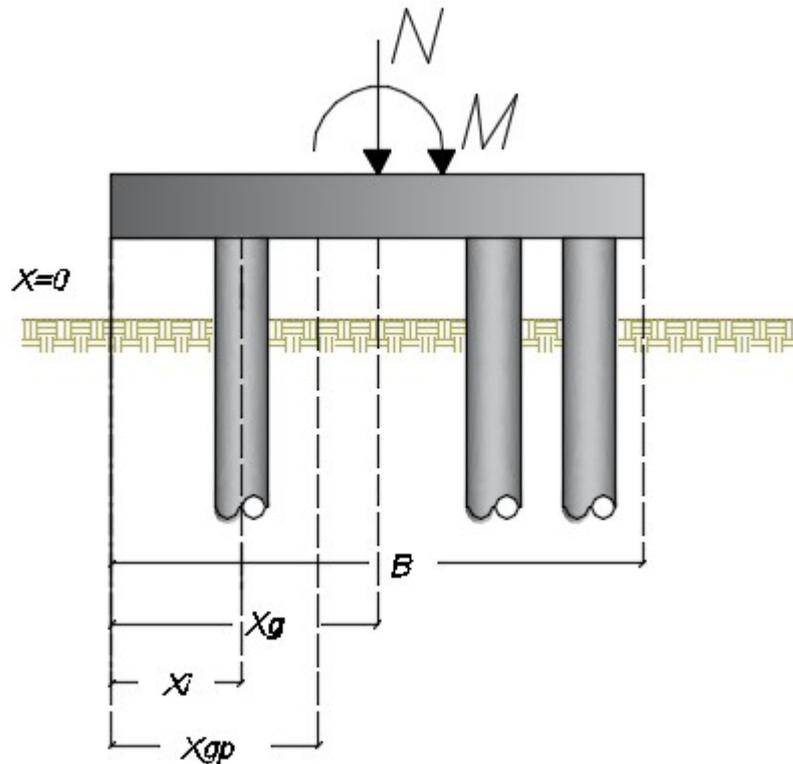
La convenzione vuole lo sforzo normale positivo se di compressione, ed il Momento flettente positivo se tende le fibre inferiori della sezione.

$$J_x = \sum_{i=1}^{i=np} (x_i - x_{gp})^2$$

14.3 Distribuzioni delle azioni verticali sui micropali

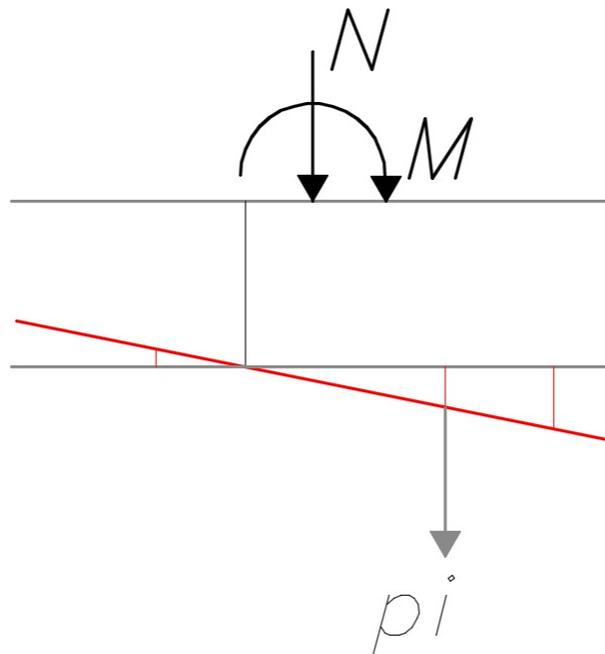
Al fine di poter eseguire la verifica del carico limite del generico micropalo è necessario determinare quale è l' aliquota di sforzo verticale e di

momento che va ad essere assorbita dal generico micropalo. Per fare ciò si fa riferimento al seguente schema di calcolo:



Schema di riferimento per la distribuzione degli sforzi

Dove N ed M sono le azioni scaricate dalla sovrastruttura (in questo caso corpo della briglia). Lo schema precedente è utilizzato per distribuire gli sforzi sui micropali. La distribuzione degli sforzi è fatta ipotizzando che la fondazione a collegamento dei micropali sia infinitamente rigida, in modo che la stessa distribuzione si possa considerare ad andamento lineare:



Andamento lineare delle reazioni dei pali

Per la valutazione dello sforzo caricato sul singolo micropalo è necessario preventivamente determinare l' eccentricità dello sforzo normale N rispetto al baricentro della palificata (individuato dalla coordinata x_{gp}). L' eccentricità è valutata con la seguente formula:

$$e = \frac{M}{N} + (x_{gf} - x_{gp})$$

Il termine aggiuntivo $(x_{gf} - x_{gp})$ permette di tenere in considerazione l' eventualità che il baricentro geometrico della palificata ed il baricentro geometrico della fondazione non siano coincidenti. A questo punto si può applicare la seguente formula:

$$p_i = \frac{N}{np} + N \cdot e \cdot \frac{(x_i - x_{gp})}{J_x}$$

dove np è il numero dei pali, x_i è la coordinate x del palo i -esimo rispetto all' origine globale di riferimento, p_i è lo scarico verticale sul palo i -esimo, J_x è il momento di inerzia della palificata, rispetto al suo baricentro, valutato con la seguente formula:

$$J_x = \sum_{i=1}^{i=np} (x_i - x_{gp})^2$$

14.4 Distribuzioni delle azioni orizzontali sui micropali

Anche per la determinazione del carico limite orizzontale è necessario distribuire le azioni a livello di singolo micropalo. In questo caso la distribuzione è fatta utilizzando la seguente formula:

$$H_i = \frac{H_t}{n_p}$$

dove H_i è lo scarico orizzontale sul singolo micropalo, n_p è il numero dei micropali, e H_t è il carico orizzontale totale scaricato.

14.5 Carico limite verticale

La valutazione del carico limite verticale del micropalo dipende dalla tipologia di micropalo considerato. Nel presente lavoro si considerano **Micropali radice**, e micropali **Tubifix**.

Micropali Radice:

Il carico limite verticale è espresso mediante la seguente formula:

$$V_{lim} = \pi \cdot d \cdot L_p \cdot \tau_{lim}$$

Quindi è espresso come prodotto tra l'area laterale del palo e la tensione tangenziale limite all'interfaccia palo terreno. La τ_{lim} è valutata con la seguente formula:

$$\tau_{lim} = \gamma_t \cdot z_m \cdot K_0 \cdot \tan(\phi) + \alpha \cdot c$$

dove γ_t è il peso specifico del terreno, z_m è la quota del punto medio della lunghezza utile del palo, K_0 è il coefficiente di pressione laterale a riposo, ϕ è l'angolo di attrito interno del terreno, α è un coefficiente adimensionale di adesione, e c è la coesione del terreno di fondazione.

Micropali Tubifix:

Anche in questo caso il carico limite verticale è espresso mediante la seguente formula:

$$V_{lim} = \pi \cdot d \cdot L_p \cdot \tau_{lim}$$

In questo caso però cambia il metodo per calcolare la t limite di interfaccia. In particolare si utilizza la teoria di **Bustamante**. Secondo questa teoria la tensione tangenziale limite si calcola nel seguente modo:

- se F è diverso da zero:

$$\tau_{\text{lim}} = \frac{p_{\text{lim}}}{10}$$

- se F è pari a zero e se c è maggiore di zero:

Si possono presentare due eventualità, a seconda che si tratti di iniezione unica o ripetuta

Iniezione unica:

$$\tau_{\text{lim}} = 0.033 + 0.067 \cdot p_{\text{lim}}$$

se la tensione limite così calcolata dovesse risultare inferiore al valore di 0.5 allora si deve utilizzare la seguente formula:

$$\tau_{\text{lim}} = 0.133 \cdot p_{\text{lim}}$$

Iniezione ripetuta:

$$\tau_{\text{lim}} = 0.095 + 0.085 \cdot p_{\text{lim}}$$

e la tensione limite così calcolata dovesse risultare inferiore al valore di 0.5 allora si deve utilizzare la seguente formula:

$$\tau_{\text{lim}} = 0.275 \cdot p_{\text{lim}}$$

In tutte le precedenti formule p_{lim} è la pressione limite rilevata al pressimetro di Menard inserita in N/mm².

14.6 Carico limite orizzontale

Il carico limite orizzontale è valutato per terreni coesivi e per terreni non coesivi.

TERRENI COESIVI

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa - meccanismo di rottura di palo corto**

$$H_{\text{lim}} = 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(- \left(1.5 + \frac{L}{d} + 2 \cdot \frac{e}{d} \right) + \sqrt{\left(2 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{e}{d} \right)^2 + 4 \cdot \frac{L \cdot e}{d^2} + 6 \cdot \frac{e}{d} + 4.5 \right)} \right)$$

$$M(H_{\text{lim}}) = \left(4.5 \cdot \left(\frac{L}{d} \right)^2 - 10.125 \right) \cdot c_u \cdot d^3$$

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo lungo

$$H_{\text{lim}} = -9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \left(1.5 + \frac{e}{d} \right) + 9 \cdot c_u \cdot d^2 \cdot \sqrt{\left(\left(\frac{e}{d} \right)^2 + 3 \cdot \frac{e}{d} + \frac{2 \cdot My}{9 \cdot c_u \cdot d^3} + 2.25 \right)}$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo corto

$$H_{\text{lim}} = 9 \cdot c_u \cdot d \cdot (L - 1.5 \cdot d)$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo lungo

$$H_{\text{lim}} = c_u \cdot d^2 \cdot \left(-13.5 + \sqrt{\left(182.25 + 36 \cdot \frac{My}{c_u \cdot d^3} \right)} \right)$$

TERRENI NON COESIVI

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo corto

$$H_{\text{lim}} = \frac{k_p \cdot \gamma_t \cdot d \cdot L^3}{2 \cdot (e + L)}$$

$$M(H_{\text{lim}}) = H_{\text{lim}} \cdot \left(e + \frac{2}{3} \cdot 0.816 \cdot \sqrt{\frac{h}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d}} \right)$$

- **Pali non vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo lungo

In questo caso è necessario risolvere la seguente equazione di terzo grado in H_{lim} :

$$\frac{H_{\text{lim}}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3} \cdot \left(\frac{e}{d} + 0.544 \cdot \sqrt{\frac{H_{\text{lim}}}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3}} \right) - \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} = 0$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo corto

$$H_{\text{lim}} = 1.5 \cdot L^2 \cdot k_p \cdot \gamma_t \cdot d$$

$$M(H_{\text{lim}}) = \frac{2}{3} \cdot H_{\text{lim}} \cdot L$$

- **Pali vincolati alla rotazione di testa** - meccanismo di rottura di palo lungo

$$H_{\text{lim}} = k_p \cdot \gamma_t \cdot d^3 \cdot \left(3.676 \cdot \frac{My}{k_p \cdot \gamma_t \cdot d^4} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Per il significato dei simboli è opportuno riferirsi alla sezione "Input dei micropali" e "Calcolo del Momento di plasticizzazione".

15 Geoapp

Geoapp: la suite más grande de la web para cálculos en línea

Las aplicaciones que componen Geostru Geoapp han sido diseñadas para brindar soporte profesional en la solución de múltiples casos técnicos. Geoapp comprende más de 40 aplicaciones para: Ingeniería, Geología, Geofísica, Hidrología e Hidráulica.

La mayoría de las aplicaciones son **gratuitas**, mientras algunas requieren **suscripción** mensual o anual.

Suscribirse en Geoapp significa:

- usar aplicaciones profesionales en cualquier momento, lugar y dispositivo;
- guardar los archivos en la nube y en el propio PC;
- abrir los archivos para elaboraciones sucesivas;
- servicios de impresión de los informes y las elaboraciones gráficas;
- información sobre nuevas aplicaciones e inclusiones automáticas en la propia cuenta de usuario;
- disponibilidad de versiones siempre actualizadas;
- servicios de asistencia técnica por medio de Tickets.

15.1 Sección Geoapp

General e Ingeniería, Geotecnia y Geología

Entre las aplicaciones presentes, se puede utilizar una amplia gama para **GDW**. Para este propósito, se recomiendan las siguientes aplicaciones:

- Gavion
- Drenando trincheras
- Invariancia hidráulica
- Protección del lecho del río, Riprap
- Comportamiento hidraulico

- Perdidas de carga
- Calculo uniforme de movimiento

16 Contactos



Ofrecemos un servicio completo y de gran calidad de asistencia en las compras. Para información gratuita en español sobre nuestros productos y servicio llamar al número +506 83094208 (*horario de nuestra sede en Costa Rica*) de las **9 AM a las 4 PM**, de **lunes a viernes**, o bien escribimos a info.es@geostru.eu. En Europa (+39) 6 90 28 90 85.