ANEJO 12: BALSA DE ACUMULACIÓN. ESTABILIDAD DE TALUDES

INDICE

1. ESTABILIDAD DE LOS TALUDES 1
2. RED DE ISOBARAS 2
2. 1. EMBALSE LLENO CON FUGA 2
2. 2. CONSTRUCCIÓN 2
2. 3. DESEMBALSE RÁPIDO 3
2. 4. EMBALSE LLENO SIN FUGA 3
3. CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES 3
4. CONCLUSIÓN 9

1. ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

A continuación, se estudia la estabilidad del dique correspondiente a la balsa del proyecto.

Se han realizado dos estudios geotécnicos, dado que el primero de los estudios realizado por el laboratorio de control de calidad de la Junta de Castilla y León (Estudio Geotécnico para la construcción de una balsa en Castronuño. Valladolid. IN-0422-ST. MAYO 2020) únicamente definía las características geotécnicas de los materiales situados por debajo del fondo de la balsa y que no se usan para el cuerpo del dique. Del "Estudio de estabilidad de taludes, realizado por la consultora EPTISA: VLG.20087-PR21QCVAL0001-004" se han obtenido las características del material que compone el cuerpo de la balsa Se trata de arenas y arenas arcillosas ligeramente cementadas, que aparece en las catas 2, 11 y 12.

Subnivel alterado:

Densidad aparente:	γ_{apa} = 1,7 – 2,0 t/m³
Cohesión:	c´= 2,0 – 7,0 t/m²
Ángulo de rozamiento interno:	ϕ´= 28 – 32º

Subnivel sano:

Densidad aparente:	γ_{apa} = 1,9 – 2,1 t/m³
Cohesión:	c´= 5,0 – 10,0 t/m²
Ángulo de rozamiento interno:	ϕ´= 28 – 32º

Han aparecido dos subniveles, uno sano y otro alterado. Dado que el terraplén se formará por una mezcla de materiales, se ha optado por considerar las características del subnivel alterado y por tanto, la hipótesis más conservadora. Las características de este subnivel son:

Arenas y arenas arcillosas ligeramente cementadas	
- Cohesión	0,3 kg/cm2
- Angulo de rozamiento interno	30º

Del estudio geotécnico del laboratorio de la Junta se obtienen las características geotécnicas del material situado por debajo del fondo de la balsa.

Margas arcilloarenosas de plasticidad media marrones. (Capas B y C)	
- Cohesión	0 kg/cm2

- Angulo de rozamiento interno	32,526º

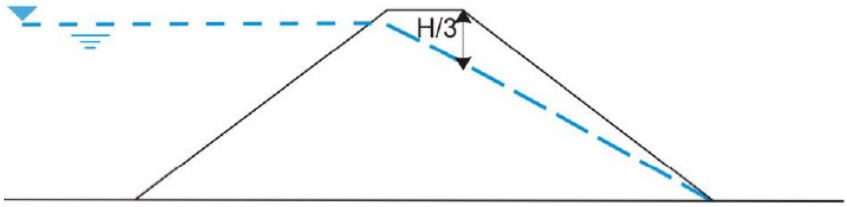
2. RED DE ISOBARAS

Antes de proceder al cálculo de la estabilidad de la presa hay que obtener en primer lugar las leyes de subpresión para los cuatro estados a considerar:

- Embalse lleno con Fuga
- Construcción
- Desembalse rápido.
- -Balsa llena sin Fuga

2. 1. EMBALSE LLENO CON FUGA

La Guía Técnica para el caso de rotura del elemento de impermeabilización considera que la carga de agua se corresponde con la cota de máximo embalse posible y aparece una línea de saturación en el dique, como se indica en la figura:

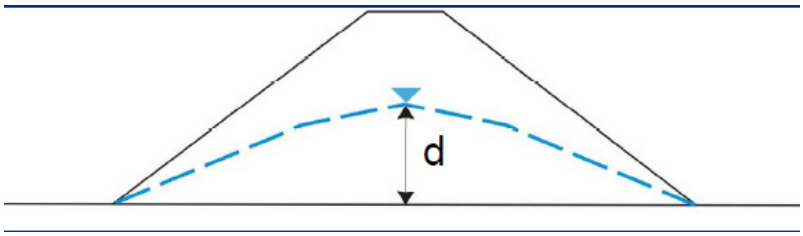


2. 2. CONSTRUCCIÓN

El valor de las presiones intersticiales al ir aumentando la altura de los terraplenes durante la ejecución del cuerpo de presa depende de múltiples variables, entre las que se pueden destacar el tiempo transcurrido en la ejecución, el tipo y homogeneidad del material a compactar, el grado y método de compactación, la humedad de las tierras en el momento de compactarlas, etc.

Esta situación se analizará en los casos en los que el dique de cierre esté constituido mayoritariamente por materiales arcillosos en los que se puede suponer que no se ha producido disipación de la presión intersticial durante el proceso de construcción. A efectos de cálculo, la presión intersticial se puede modelizar tal y cómo se indica en la figura. En el caso que nos ocupa se trata de un material con elementos gruesos, pero también con un porcentaje significativo por debajo del tamiz 200, con lo que se analizara la estabilidad al final de la construcción.

En este caso el terreno es LL<50 (terreno CL-ML), con lo que d=H/2. El esquema es el de la figura siguiente:



2. 3. DESEMBALSE RÁPIDO

En un desembalse rápido, las presiones intersticiales existentes en el embalse lleno se disipan en la zona del cuerpo de la presa siguiendo las curvas de flujo que define la red de isobaras. Las red de isobaras teóricas se calcula a partir de la reducción que se produce en la tensión principal a causa de la desaparición de la carga de agua, obteniendo la siguiente expresión simplificada, que deja del lado de la seguridad y que puede utilizarse en la mayoría de los casos

$$U_{final} = U_{inicial\ (embalse\ lleno)} - h_w - N_{hp}$$

siendo:

h_w = altura de agua sobre el espaldón

h_p = altura de material permeable

N = porosidad del material permeable

Dado que el cuerpo es de material todo-uno, la línea de saturación es idéntica a la de embalse lleno en el interior del talud de la presa y pegada al talud de aguas arriba en el talud en él mismo.

2. 4. EMBALSE LLENO SIN FUGA

En esta hipótesis no hay fuga con lo que no hay línea de saturación.

3. CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

El cálculo de la estabilidad de taludes se realiza mediante el programa **Geoslope** para cada una de las hipótesis anteriores. Para la determinación de la estabilidad se usará el método de Bishop.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Los coeficientes de seguridad mínimos exigibles por el Manual de Balsas son:

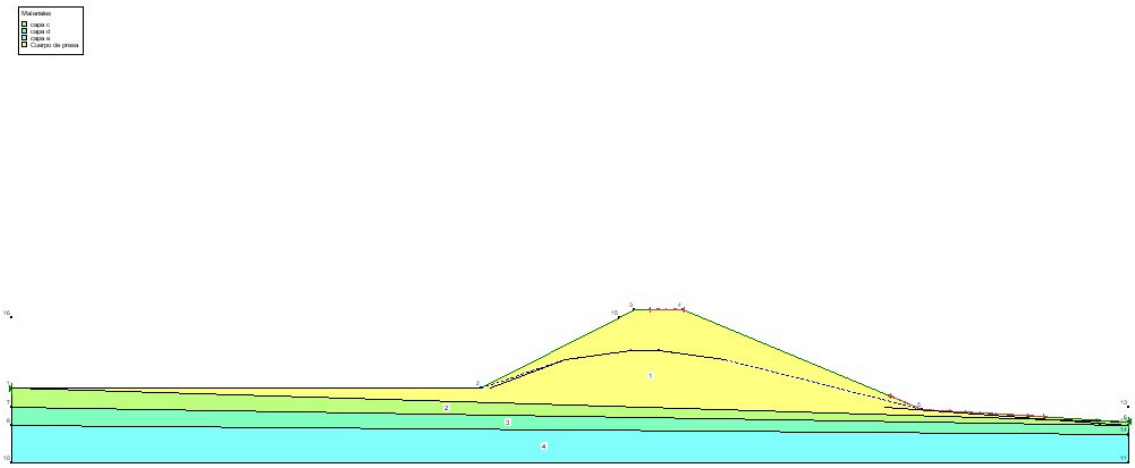
	Sin efecto sísmico
Embalse lleno	1.5

Final de Construcción	1.3
Rotura de Lámina	1.3
Desembalse rápido	1.1

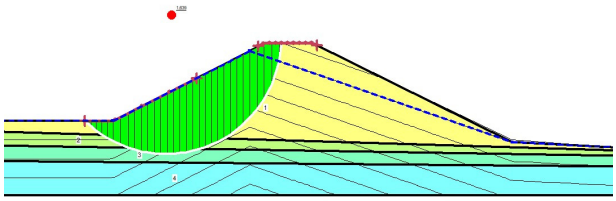
La situación de Sismo no se considera en este caso, dado que no nos encontramos en zona Sísmica.

A continuación, se incluyen las salidas gráficas del programa.

DESEMBALSE RÁPIDO MODELO DE CÁLCULO



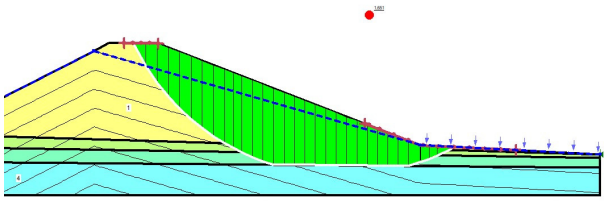
DESEMBALSE RÁPIDO TALUD DE AGUAS ARRIBA



El coeficiente de seguridad es el incluido en la tabla siguiente:

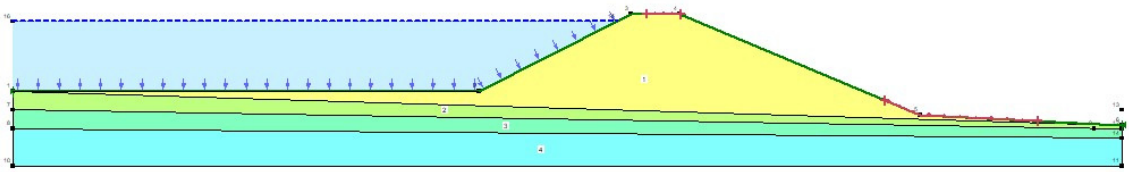
HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	1,64	1,1

DESEMBALSE RÁPIDO TALUD DE AGUAS ABAJO

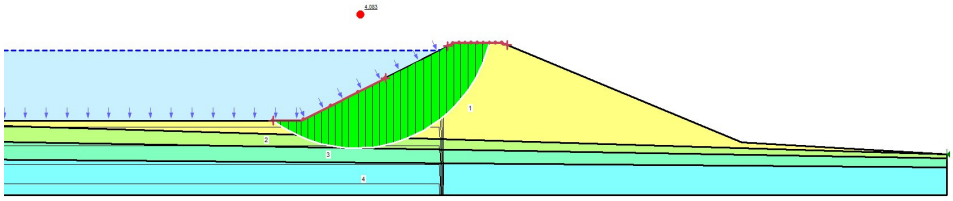


HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	1,65	1,1

EMBALSE LLENO. MODELO DE CÁLCULO

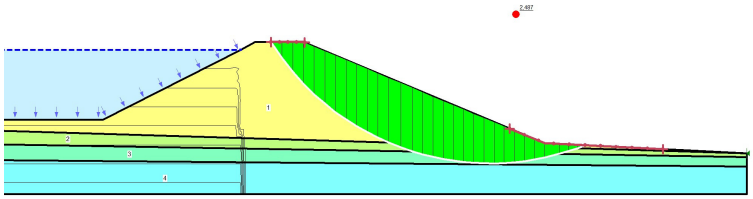


EMBALSE LLENO TALUD DE AGUAS ARRIBA



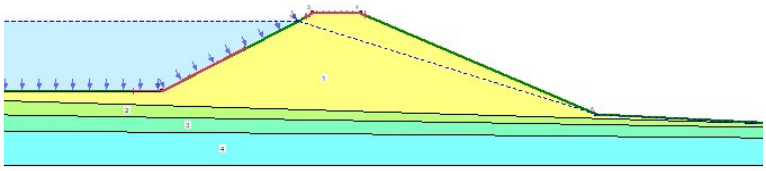
HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
II	4,08	1,5

EMBALSE LLENO TALUD DE AGUAS ABAJO

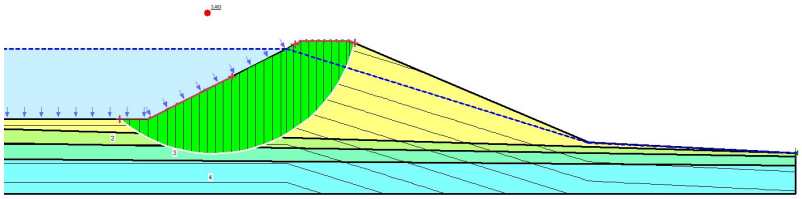


HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	2,48	1,5

EMBALSE LLENO CON ROTURA DE CÁLCULO. MODELO DE CÁLCULO

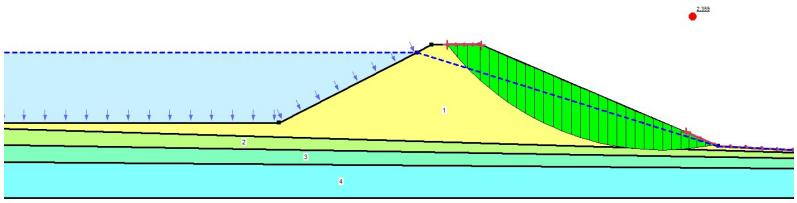


EMBALSE LLENO CON ROTURA TALUD DE AGUAS ARRIBA



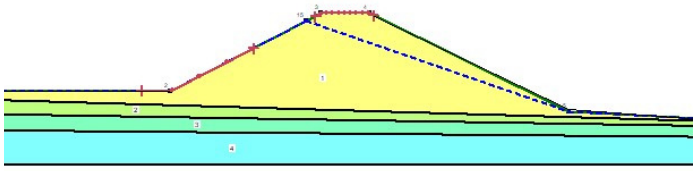
HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	3,46	1,3

EMBALSE LLENO CON ROTURA TALUD DE AGUAS ABAJO

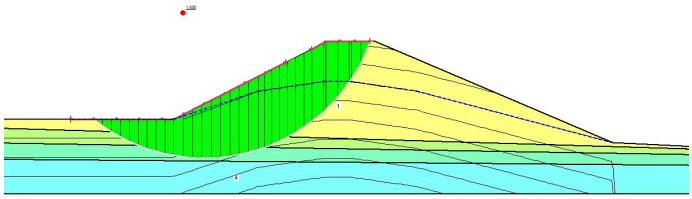


HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	2,26	1,3

CONSTRUCCIÓN MODELO

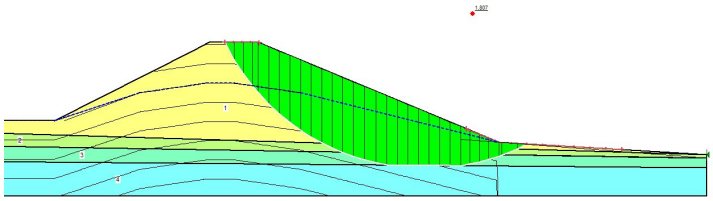


CONSTRUCCIÓN TALUD DE AGUAS ARRIBA



HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	1,9362	1,3

CONSTRUCCIÓN TALUD DE AGUAS ABAJO



HIPÓTESIS DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD INDICADO POR LA INSTRUCCIÓN
I	1,81	1,3

4. CONCLUSIÓN

Como consecuencia de los resultados obtenidos, se desprende que cumple con todos los coeficientes de seguridad del Manual de Balsas para los materiales considerados. Por tanto, queda asegurada la estabilidad de la balsa proyectada y confirmada la idoneidad de la sección elegida.