



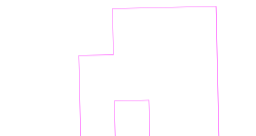
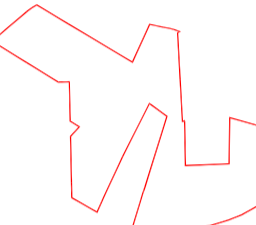





LEYENDA:

-  Curva de Nivel (equidist. 0,5 m)
-  Curva Directora (equidist. 2,5 m)
-  Parcelas Catastrales
-  Perfiles transversales
-  PERIMETRO DEMARCACION CUADRICULAS CE LONGATERA
-  PERIMETRO AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CE LONGATERA
-  FASE 1
-  FASE 2
-  FASE 3

NOTAS:

Sistema geodésico de referencia: ETRS89; Proyección UTM, HUSO 30.  
Fuente: Levantamiento topográfico propio.

|   |  |   |        |
|---|--|---|--------|
| TITULAR:  |  |  |        |
| DENOMINACION PROYECTO:  |  |   |        |
| PROYECTO DE RESTAURACION<br>AMPLIACION CDE "LA LONGATERA"                             |  |   |        |
| DENOMINACION PLANO:   |  |   |        |
| TOPOGRAFÍA DE DETALLE CON UBICACION<br>PERFILES FASE 3                                |  |   |        |
| PROYECTADO POR:   | AUTOR DEL PROYECTO:  |   |        |
|  | <br>Alfonso Martínez Andrés<br>Dr. Ingeniero de Minas |   |        |
| EMPLAZAMIENTO:  | FECHA:   | PLANO N°:   |        |
| T.M. ZARAGOZA   | 04/2022  | 21  |        |
| ESCALA: 1: 3000   | TAMAÑO: A1   | HOJA: 1/1   | REV: 1 |

LEYENDA:

- Estado preoperacional
- Estado final

NOTAS:

Sistema geodésico de referencia: ETRS89; Proyección UTM, HUSO 30.  
Fuente: Levantamiento topográfico propio.

TITULAR:



DENOMINACION PROYECTO:

PROYECTO DE RESTAURACION  
AMPLIACION CDE "LA LONGATERA"

DENOMINACION PLANO:

PERFILES LONGITUDINALES FASE 3

PROYECTADO POR:



AUTOR DEL PROYECTO:

Alfonso Martínez Andrés  
Dr. Ingeniero de Minas

EMPLAZAMIENTO:  
T.M. ZARAGOZA

FECHA:  
04/2022

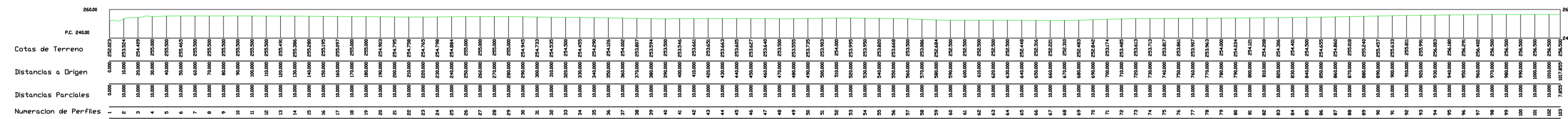
PLANO N°:  
22

ESCALA: 1:2000

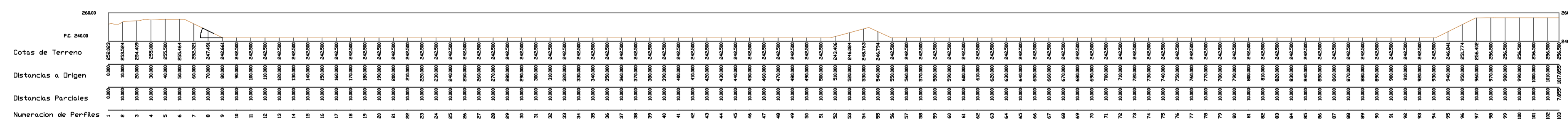
TAMAÑO: A1

HOJA: 1/1  
REV: 1

ESCALAS  
HORIZONTAL: 1:1000  
VERTICAL: 1:1000



ESCALAS  
HORIZONTAL: 1:1000  
VERTICAL: 1:1000





LEYENDA:

- Estado preoperacional
- Estado final

NOTAS:

Sistema geodésico de referencia: ETRS89; Proyección UTM, HUSO 30.  
Fuente: Levantamiento topográfico propio.

TITULAR:



DENOMINACION PROYECTO:

PROYECTO DE RESTAURACION  
AMPLIACION CDE "LA LONGATERA"

DENOMINACION PLANO:

PERFILES TRANSVERSALES FASE 3

PROYECTADO POR:



AUTOR DEL PROYECTO:



Alfonso Martínez Andrés  
Dr. Ingeniero de Minas

EMPLAZAMIENTO:  
T.M. ZARAGOZA

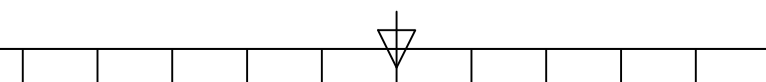
FECHA:  
04/2022

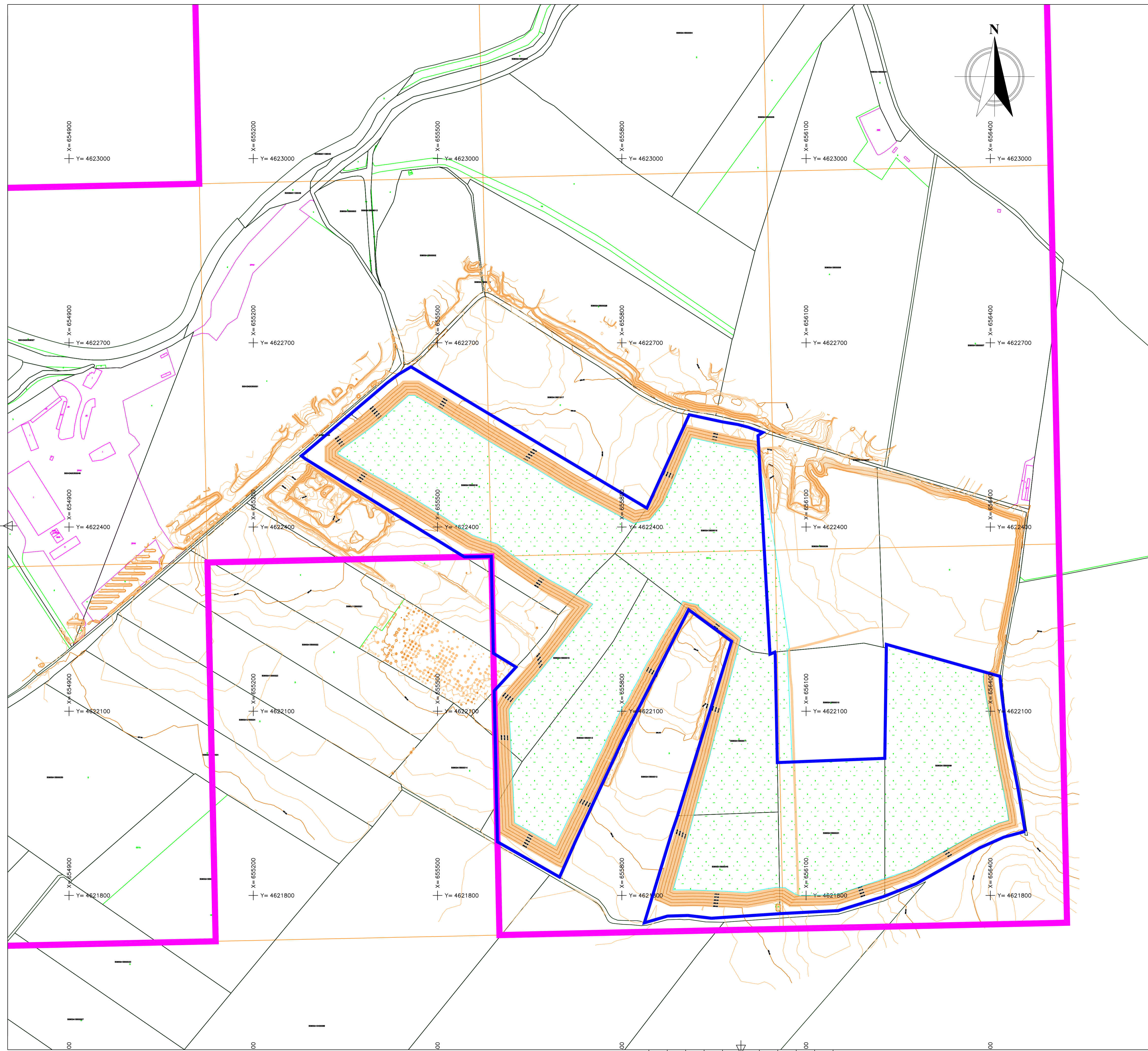
PLANO N°:  
23

ESCALA: 1:6000




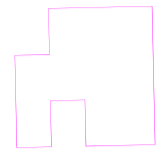
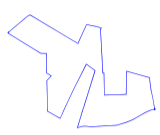
TAMAÑO: A1

HOJA: 1/1  
REV: 1





LEYENDA:

-  Curva de Nivel (equidist. 0,5 m)
-  Curva Directora (equidist. 2,5 m)
-  Parcelas Catastrales
-  PERIMETRO DEMARCAACION CUADRICULAS CE LONGATERA
-  PERIMETRO AMPLIACION FRENTE EXPLORACION CE LONGATERA



NOTAS:

Sistema geodésico de referencia: ETRS89; Proyección UTM, HUSO 30.  
Fuente: Levantamiento topográfico propio.

|   |  |   |        |
|---|--|---|--------|
| TITULAR:  |  |  |        |
| DENOMINACION PROYECTO:  |  |   |        |
| PROYECTO DE RESTAURACION<br>AMPLIACION CDE "LA LONGATERA"                                     |  |   |        |
| DENOMINACION PLANO:   |  |   |        |
| TOPOGRAFÍA DE DETALLE CON UBICACION<br>PERFILES ESTADO FINAL DE RESTAURACION                  |  |   |        |
| PROYECTADO POR:   | AUTOR DEL PROYECTO:  |   |        |
| <br>NRRD | <br>Alfonso Martínez Andrés<br>Dr. Ingeniero de Minas |   |        |
| EMPLAZAMIENTO:  | FECHA:   | PLANO N°:   |        |
| T.M. ZARAGOZA   | 04/2022  | 24  |        |
| ESCALA: 1: 3000   | TAMAÑO: A1   | HOJA: 1/1   | REV: 1 |

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION, CDE "LA LONGATERA". T.M. ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## ANEXOS.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION, CDE “LA LONGATERA”. T.M. ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## 27 ANEXOS.

ANEXO N° 1: EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

ANEXO N° 2: ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

ANEXO N° 3: PERÍMETRO DE ESTUDIO Y AUTORIZACIÓN.

ANEXO N° 4: GEOLOGÍA.

ANEXO N° 5: GEOTÉCNICO. ESTABILIDAD DE TALUDES.


ANEXO N° 6: HIDROGEOLOGIA.

ANEXO N° 7: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE DRENAJE.

ANEXO N° 8: EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN. CUBICACION RESERVAS.

ANEXO N° 9: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS MÁXIMA SEGURIDAD DEL PERSONAL E INSTALACIONES.



ANEXO N° 10: PREVENCIÓN Y CONTROL EL RUIDO Y POLVO.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br>LONGATERA TM ZARAGOZA | Consultora:<br> |
|--|---|--|

---

# ANEXO N° 1:

## EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTER EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## 1 EQUIPO TÉCNICO.

Al amparo del REAL DECRETO 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus IITTCss, la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y el Real Decreto 2857/1978 de 25 de agosto, que la desarrolla, por inclusión y exclusión de las competencias, se enumera el EQUIPO TÉCNICO DE ANÁLISIS, DISEÑO, Y REDACCIÓN del documento al que acompaña el presente anexo:

|   |   |
|---|---|
| CONSULTORA:<br><br><b>NATURAL RESOURCES RESEARCH AND DEVELOPMENT, S.L.U.</b>  |  |
| PROFESIONAL 1<br><br><b>D. Alfonso Martínez Andrés.</b><br>Dr. Ingeniero de Minas.<br>Colegiado nº NE-062-A.              |   |
| PROFESIONAL 2<br><br><b>Dña. Leticia Ortiz Bedia</b><br>Col. 19.616 ARN<br>Colegio Profesional Biólogos Aragón            |   |
| PROFESIONAL 3<br><br><b>D. Javier Espina Sal de Rellán</b><br>Ingeniero de Minas<br>Colegiado NO-3317                     |   |
| PROFESIONAL 4<br><br><b>D. José Rodolfo Anula</b><br>Ingeniero Técnico de Minas<br>Colegiado nº 753 del COITM de Linares. |   |





|               |   |                 |
|---------------|---|-----------------|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br>LONGATERA TM ZARAGOZA | Consultora:<br> |
|---------------|---|-----------------|

---

# ANEXO N° 2:

## ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

---

## 1 ACREDITACIÓN DEL TITULAR.

El Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, aprueba el Reglamento General para el régimen de la minería.

Al amparo de lo citado con anterioridad, la administración dispone de toda la documentación justificativa.

Promotor:



**PROYECTO DE RESTAURACION**  
AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA  
LONGATERA TM ZARAGOZA

Consultora:



---

# ANEXO N° 3:

PERÍMETRO DE AUTORIZACION.



|  |  |  |
|--|--|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTE EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|--|--|

## 1 LIMITE DE AUTORIZACION.

| UTM ETRS 89 HUSO 30 |        |         |
|---------------------|--------|---------|
| Nº                  | X      | Y       |
| 1                   | 655457 | 4622661 |
| 2                   | 655436 | 4622649 |
| 3                   | 655417 | 4622634 |
| 4                   | 655326 | 4622556 |
| 5                   | 655284 | 4622520 |
| 6                   | 655283 | 4622520 |
| 7                   | 655278 | 4622516 |
| 8                   | 655286 | 4622510 |
| 9                   | 655417 | 4622429 |
| 10                  | 655544 | 4622351 |
| 11                  | 655587 | 4622352 |
| 12                  | 655591 | 4622194 |
| 13                  | 655628 | 4622172 |
| 14                  | 655592 | 4622133 |
| 15                  | 655596 | 4621948 |
| 16                  | 655598 | 4621887 |
| 17                  | 655699 | 4621830 |
| 18                  | 655723 | 4621885 |
| 19                  | 655800 | 4622051 |
| 20                  | 655909 | 4622265 |
| 21                  | 655913 | 4622262 |
| 22                  | 655979 | 4622214 |
| 23                  | 655891 | 4621930 |
| 24                  | 655881 | 4621901 |
| 25                  | 655837 | 4621755 |
| 26                  | 655874 | 4621766 |

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTER EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

|    |        |         |
|----|--------|---------|
| 27 | 655907 | 4621767 |
| 28 | 655946 | 4621763 |
| 29 | 656057 | 4621770 |
| 30 | 656153 | 4621775 |
| 31 | 656228 | 4621799 |
| 32 | 656280 | 4621819 |
| 33 | 656332 | 4621849 |
| 34 | 656381 | 4621877 |
| 35 | 656422 | 4621895 |
| 36 | 656457 | 4621904 |
| 37 | 656457 | 4621904 |
| 38 | 656445 | 4621976 |
| 39 | 656438 | 4622008 |
| 40 | 656428 | 4622058 |
| 41 | 656424 | 4622089 |
| 42 | 656419 | 4622126 |
| 43 | 656416 | 4622157 |
| 44 | 656231 | 4622209 |
| 45 | 656228 | 4622023 |
| 46 | 656053 | 4622016 |
| 47 | 656050 | 4622193 |
| 48 | 656049 | 4622196 |
| 49 | 656041 | 4622193 |
| 50 | 656032 | 4622362 |
| 51 | 656022 | 4622549 |
| 52 | 656030 | 4622554 |
| 53 | 656005 | 4622563 |
| 54 | 655988 | 4622567 |
| 55 | 655966 | 4622571 |
| 56 | 655910 | 4622583 |

|  |  |  |
|--|--|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTE EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|--|--|

|    |        |         |
|----|--------|---------|
| 57 | 655841 | 4622431 |
| 58 | 655582 | 4622585 |
| 59 | 655457 | 4622661 |

Perímetro de 59 vértices de explotación.  
 ÁREA PERIMETRO AUTORIZACION: 436.118 m<sup>2</sup> = 43,61 ha  
 AREA PERIMETRO EXPLOTABLE: 421.032 m<sup>2</sup> = 42,10 ha  
 PERÍMETRO: 5.004 m.

## 2 RESUMEN DE PERÍMETROS.

### ÁREA PERIMETRAL DE LA AUTORIZACION.

ÁREA PERIMETRO AUTORIZACION: 436.118 m<sup>2</sup> = 43,61 ha  
 NÚMERO DE VÉRTICES: 59  
 PERÍMETRO: 5.004 m.

### PERÍMETRO OPERACIONAL DE EXPLOTACIÓN. Límite de explotación.

AREA OPERACIONAL: 421.032 m<sup>2</sup> = 42,10 ha  
 PERÍMETRO: 4.754 m.

### SUPERFICIES RESTAURACION.

SUPERFICIE TALUDES A RESTAURAR: 97.101 m<sup>2</sup>=9,71 ha  
 SUPERFICIE EXPLANADA A RESTAURAR: 323.931 m<sup>2</sup>=32,39 ha  
 SUPERFICIE TOTAL DE RESTAURACION: 421.032 m<sup>2</sup> = 42,10 ha

### RESUMEN DE SUPERFICIES.

AUTORIZACION: 43,61 ha  
 AREA DE EXPLOTACIÓN: 42,10 ha  
 SUPERFICIE DE RESTAURACIÓN: 42,10 ha

*(las posibles diferencias de decimales se deben a los redondeos)*

|  |  |  |
|--|--|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br>AMPLIACION FRENTE EXPLOTACION CDE LA<br>LONGATERA TM ZARAGOZA | Consultora:<br> |
|--|--|--|

### 3 OTROS DATOS.

COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30.

CENTRO DEL APROVECHAMIENTO: X = 655956 / Y = 4622301

COTA MÁXIMA operacional 255,5 msnm

COTA MÍNIMA operacional 245 msnm

Promotor:



**PROYECTO DE RESTAURACION**  
AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA  
LONGATERA TM ZARAGOZA

Consultora:





---

# ANEXO N° 4:

## GEOLOGÍA.



|  |  |  |
|--|--|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTE EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|--|--|

## 1 ESTUDIO GEOLÓGICO.

HOJA IGME Nº: 354

### 1.1 GEOLOGÍA GENERAL.

La Hoja de Alagón se sitúa en el sector central de la Depresión del Ebro, entre los paralelos 41°50'04"N y 41°40'04"N y los meridianos 1°11'10"O y 0°51'10"O, referidos al meridiano de Greenwich, estando toda su superficie comprendida dentro de la provincia de Zaragoza.

Entre los ángulos NO y SE discurre el río Ebro, que origina una amplia banda deprimida que puede alcanzar hasta 10 km de anchura y ocupa una superficie próxima al 40% del total de la hoja. Esta banda se encuentra limitada en su borde septentrional por un pronunciado escarpe, que supera localmente los 100 m de altura y da lugar a las mayores pendientes de la hoja.

Las zonas más elevadas topográficamente se encuentran en la parte septentrional, donde existen cotas de 478 (Hoya de Blancas), 435 (Navajeras) y 520 m (Corral de Domínguez), que hacia el norte y fuera de la hoja enlazan con los Montes de Castejón. Presentan un relieve suavemente alomado y muy monótono.


Geológicamente afloran depósitos de edad terciaria y cuaternaria. Los depósitos terciarios se dividen en dos unidades que se han denominado como: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada.

El Cuaternario cubre la mayor parte de la superficie, estando representado por depósitos y morfologías variadas, entre los que cabe destacar las terrazas del Ebro, diferentes generaciones de glaciares, coluviones, aluviales, etc.

Los objetivos principales del trabajo realizado han sido la caracterización de las distintas unidades litoestratigráficas, su cartografía y el establecimiento de las relaciones verticales y laterales entre las diferentes asociaciones de facies que las constituyen.

La hoja de Alagón se encuentra situada en el sector central de la Cuenca del Ebro, donde afloran materiales de origen continental pertenecientes al Terciario (Mioceno) y Cuaternario. Esta cuenca, se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico, actuando, en este sector, como área de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo, situado al norte y la Cordillera Ibérica, situada hacia el sur y suroeste.

Los afloramientos terciarios se presentan mal conservados y generalmente aparecen enmascarados por depósitos cuaternarios (glaciares, terrazas, etc.), a excepción del escarpe del río Ebro, donde existen cortes de casi 100 m, aunque son de difícil acceso. Se han diferenciado dos grandes unidades a nivel cartográfico: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada

|  |  |  |
|--|--|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br>AMPLIACION FRENTE EXPLOTACION CDE LA<br>LONGATERA TM ZARAGOZA | Consultora:<br> |
|--|--|--|

En cuanto a los depósitos cuaternarios, se han diferenciado varios niveles de terrazas, distintas generaciones de glaciares, coluviones, aluviones, etc.

## 1.2 GEOLOGÍA LOCAL.

Desde el punto de vista de la zonificación donde se presente ubicar el parque, y de manera global, nos encontramos en formaciones geológicas que pertenecen al CUATERNARIO, PLEISTOCENO SUPERIOR.

Los depósitos pertenecientes a esta edad están ampliamente representados en la hoja, especialmente en su mitad suroccidental.

Terrazas (10, 11, 13 y 14): Se trata de conglomerados con cantos redondeados, esencialmente de rocas paleozoicas trabados por una matriz arenoso-limosa, con cemento carbonatado. Pertenecen a las terrazas altas y medias 70-140 (10), 55-60 (11), 35 (13) y 20 (14) de los ríos Ebro, Jalón y Gállego.

## 1.3 CONCLUSIONES.

El aprovechamiento se proyecta sobre formaciones geológicas formadas por cantos redondeados pertenecientes a las terrazas del CUATERNARIO.

En el PLANO GEOLÓGICO se puede observar lo citado en anterioridad, siendo la justificación de su existencia.

Promotor:



**PROYECTO DE RESTAURACION  
AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA  
LONGATERA TM ZARAGOZA**

Consultora:



---

# **ANEXO 5: GEOTÉCNICO. ESTABILIDAD DE TALUDES.**

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## 1 ESTUDIO GEOTÉCNICO.

### 1.1 Introducción.

Desde la idea de independizar escenarios, debido a las distintas tipologías, se ha realizado en estudio inicial de conocimiento del medio, con el uso de PIX4D en 3D, para verificar las situaciones, a posteriori de la visita de campo, por lo que ya estaban reconocidos.

Disponemos de una ubicación, que resulta del perímetro de la explotación:

#### 1 ZONA DE EXPLOTACION.

Examinadas las curvas, y dimensiones de taludes, se plantea un perfil tipo más desfavorable, para realizar la estabilidad del talud actual y su restauración.

### 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del presente estudio geotécnico, pretende justificar la estabilidad de los taludes proyectados, en los trabajos del aprovechamiento solicitado, determinando en primer lugar el dimensionamiento de los más desfavorables. De esta forma, realizado el análisis de estabilidad, el valor del factor de seguridad para dichos taludes demostraría, con un amplio margen, que son estables, y podremos asegurar que los de menores dimensiones (menor altura) en iguales condiciones que los analizados, lo serán sin lugar a dudas. En cualquier caso, el estudio indicará la situación.

El procedimiento para evaluar la estabilidad de los taludes consta de las siguientes etapas:

- Dimensionamiento del talud o taludes tipo.
- Definición y caracterización geotécnica de los materiales del talud o taludes.
- Identificación del tipo o tipos de rotura que con mayor probabilidad se pueden presentar.
- Determinación del factor o coeficiente de seguridad para los taludes tipo.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

### 3. IDENTIFICACIÓN SÍSMICA.

La aceleración sísmica es una medida utilizada en terremotos que consiste en una medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. Es una medida muy importante en ingeniería sísmica. Normalmente la unidad de aceleración utilizada es la intensidad del campo gravitatorio ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

A diferencia de otras medidas que cuantifican terremotos, como la escala Richter o la escala de magnitud de momento, no es una medida de la energía total liberada del terremoto, por lo que no es una medida de magnitud sino de intensidad. Se puede medir con simples acelerómetros y es sencillo correlacionar la aceleración sísmica con la escala de Mercalli.



La aceleración sísmica es la medida de un terremoto más utilizada en ingeniería, y es el valor utilizado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. Durante un terremoto, el daño en los edificios y las infraestructuras está íntimamente relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no con la magnitud del temblor. En terremotos moderados, la aceleración es un indicador preciso del daño, mientras que en terremotos muy severos la velocidad sísmica adquiere una mayor importancia.

La escala de Mercalli mide la intensidad de un terremoto según los daños que produce. Normalmente, esta escala es directamente relacionable con la intensidad, aunque la existencia en la zona de construcciones mucho más resistentes (o mucho menos resistentes) de lo normal puede falsear la medición de la escala de Mercalli, perdiéndose la correlación.

|        | <b>Aceleración sísmica (g)</b> | <b>Potencial de daño</b> |
|--------|--------------------------------|--------------------------|
| I      | < 0.0017                       | Ninguno                  |
| II-III | 0.0017 – 0.014                 | Ninguno                  |
| IV     | 0.014 – 0.039                  | Ninguno                  |
| V      | 0.039 – 0.092                  | Muy leve                 |
| VI     | 0.092 – 0.18                   | Leve                     |
| VII    | 0.18 – 0.34                    | Moderado                 |
| VIII   | 0.34 – 0.65                    | Moderado a fuerte        |
| IX     | 0.65 – 1.24                    | Fuerte                   |
| X+     | > 1.24                         | Muy fuerte               |

El peligro sísmico (o peligrosidad sísmica) de una región se denomina a la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. No debe confundirse este concepto con el de riesgo sísmico, que depende de factores antrópicos y se refiere a los daños potenciales.



|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

Las acciones sísmicas en las obras de excavación proyectadas, teniendo en cuenta la Norma NCSE-02 la aceleración sísmica básica correspondiente a la zona es de 0,04 g (K=1).

Valores que encontramos listados por autonomía y localidad en la citada norma.

Este valor es, junto otros dos factores relacionados con el tipo de obra y tipo de suelos que formarán la base de las obras, el que permite obtener la denominada aceleración sísmica de cálculo que se establece a continuación.

**Aceleración sísmica de cálculo.**

La aceleración sísmica de cálculo en el terreno ( $a_c$ ), aplicando la Norma NCSE-02, adopta la expresión:  
 $a_c = S \times \rho \times a_b$ .

, siendo:

$a_b$  la aceleración sísmica básica,  $\rho$  el coeficiente adimensional de riesgo que adopta un valor de 1,3 para obras de especial importancia como son los almacenamientos de agua para abastecimiento, y  $S$  el coeficiente de amplificación del terreno, que tomará valores en función del valor de las dos primeras variables, es decir:

|   |   |
|---|---|
| Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$              | $S = \frac{C}{1,25}$  |
| Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$ | $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left( \rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$ |
| Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$              | $S = 1,0$   |





|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

En nuestro caso el valor  $\rho \cdot a_b$  es igual a  $0,04 \text{ g} = 1,37$ , puesto que  $a_b$  corresponde a  $0,04 \text{ g}$  para el término municipal en cuestión. Por lo tanto, el resultado es  $\rho \cdot a_b = 0,4 \text{ g}$ , adoptando la SEGUNDA expresión de las tres indicadas anteriormente.

|   |   |
|---|---|
| Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$              | $S = \frac{C}{1,25}$  |
| Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$ | $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left( \rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$ |
| Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$              | $S = 1,0$   |

El valor C de la expresión corresponde al denominado Coeficiente del terreno que puede presentar según la Norma diferentes valores según los terrenos.



En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s > 750 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo III: Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s \leq 200 \text{ m/s}$ .

| TIPO DE TERRENO | COEFICIENTE C |
|-----------------|---------------|
| I               | 1             |
| II              | 1,3           |
| III             | 1,6           |
| IV              | 2             |

Para la zona de estudio se toma el valor de 2 que corresponde a alternancias de terrenos de tipo II.

Resolviendo dicha expresión,

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## Aceleración sísmica de cálculo

### DATOS

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Importancia de la construcción: | normal      |
| Aceleración sísmica básica:     | 0.04 · g    |
| Tipo de terreno:                | Espesor (m) |
| Tipo I                          | 0.00        |
| Tipo II                         | 0.00        |
| Tipo III                        | 18.00       |
| Tipo IV                         | 0.00        |

### RESULTADO

| Coeficiente de riesgo (ρ) | coeficiente de amplificación del terreno (S) | Aceleración sísmica de cálculo (ac/g) |
|---------------------------|--|---------------------------------------|
| 1.00                      | 1.28   | 0.05                                  |

### DETALLES DEL CÁLCULO

Notación y metodología según Art. 2.2 NSCE-02

**Aceleración sísmica de cálculo: 0.05 · g**  
con:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

- $a_b$  (aceleración sísmica básica) = 0.04 · g
- $\rho$  (coeficiente de riesgo) = 1.00  
construcción normal
- $S$  (coeficiente de amplificación del terreno) = 1.28

Caso  $\rho \cdot a_b / g = 0.04 \leq 0.10$

$S = C / 1.25$ , con

◦  $C$  (coeficiente del terreno) = 1.60

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{\sum e_i}$$



$$C = (1.0 \cdot 0.00 + 1.3 \cdot 0.00 + 1.6 \cdot 18.00 + 2.0 \cdot 0.00) / 18.00$$

Vistos los ábacos, y sostenido el valor sísmico de 0,04g y K 1, SOBRE VALORES DE LA ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA,  $a_b$ , Y DEL COEFICIENTE DE CONTRIBUCIÓN, K, DE LOS TÉRMINOS MUNICIPALES, y por lo tanto a NO tener en cuenta en importancia.

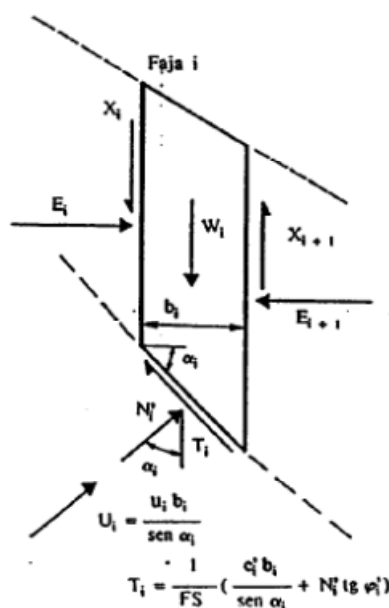
## 4. METODO DE CALCULO NUMERICO ESTABILIDAD TALUDES EMPLEANDO PROGRAMAS INFORMATICOS.

### Introducción:

El método descrito en la memoria del proyecto de explotación (método del círculo de rozamiento), es válido cuando la geometría de la masa deslizante tiene una forma regular, o es asimilable a ella, y las superficies de rotura atraviesan un material con características homogéneas. Sin embargo, en aquellos casos en que la superficie del talud es muy irregular o las superficies de rotura intersectan materiales con características geotécnicas diferentes, es necesario analizar la estabilidad del talud mediante otros métodos que se basan todos ellos en el denominado método de las fajas o rebanadas.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

En el método de las fajas, la masa deslizante se divide en un determinado número de rebanadas verticales y se considera el equilibrio de cada una de ellas. La figura 1 muestra una faja con el sistema de fuerzas actuantes en una rebanada.




**Figura nº 1.** Fuerzas actuantes sobre una rebanada.

Sobre las caras de la rebanada actúan las resultantes de los esfuerzos efectivos normales  $E_i$ , tangenciales  $X_i$  y de las presiones intersticiales en cada una de ellas  $U_e$  y  $U_r$ . En la superficie de rotura actúan la resultante de los esfuerzos efectivos normales  $N_i$ , tangenciales  $T_i$  y de las presiones intersticiales  $U_i$ . Las resultantes de las presiones intersticiales se suponen conocidas, pues pueden calcularse a partir de los diagramas de flujo del agua subterránea.

El problema presenta  $3n$  ecuaciones ya que por cada rebanada podemos plantear tres ecuaciones, y  $4n-2$  incógnitas, por lo que es necesario hacer  $n-2$  hipótesis para que el problema tenga solución.

Para la resolución de estos problemas se requiere el empleo de cálculos complejos mediante iteraciones mediante software específico. En todos los métodos aproximados que suponen roturas circulares, el factor de seguridad del círculo analizado se define en función de los momentos de las fuerzas resistentes y de vuelco respecto del centro del círculo de deslizamiento.

Si no existen fuerzas exteriores, la única fuerza de vuelco actuante es el peso de la masa deslizante. A la hora de calcular el factor de seguridad para cada rebanada  $i$ , estriba en la determinación de  $N_i$ , por lo que si el valor de  $N_i$  utilizado en ella satisface las condiciones de la estática, se obtiene un valor exacto de  $F$ .

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

Sin embargo, esto no ocurre, en los métodos aproximados que se exponen a continuación y son los más utilizados:

**Método del círculo sueco o de Fellenius:**

En este método se supone que las fuerzas que actúan sobre las caras de cualquier rebanada tienen una resultante nula en la dirección normal al arco de deslizamiento para cada rebanada. Suele ser un método conservador en lo que respecta al Factor de Seguridad, ya que se obtienen valores más bajos que con los otros métodos.

**Método de BISHOP simplificado:**

En este método se supone que las fuerzas que actúan sobre las caras laterales de una rebanada cualquiera, tiene una resultante nula en dirección vertical. Este método de cálculo es más complicado que el de Fellenius, y requiere realizar varios tanteos ya que  $F$  interviene en ambos miembros de la ecuación. Sin embargo la convergencia de los tanteos es muy rápida. Este método tampoco cumple todas las condiciones de equilibrio, no obstante, numerosos ejemplos han demostrado que los valores de  $F$  que proporciona se aproximan en más de un 10% a los que se obtienen por métodos exactos. Para valores del factor de seguridad menores de la unidad este método suele dar errores bastante apreciables.

**Método de Jambu:**

Este método, que también es aproximado, adopta la hipótesis de fijar la altura  $h$  del punto de aplicación de  $E_i$ . Tiene la ventaja sobre los métodos aproximados anteriormente tratados de que sirve para analizar superficies de rotura cualesquiera.

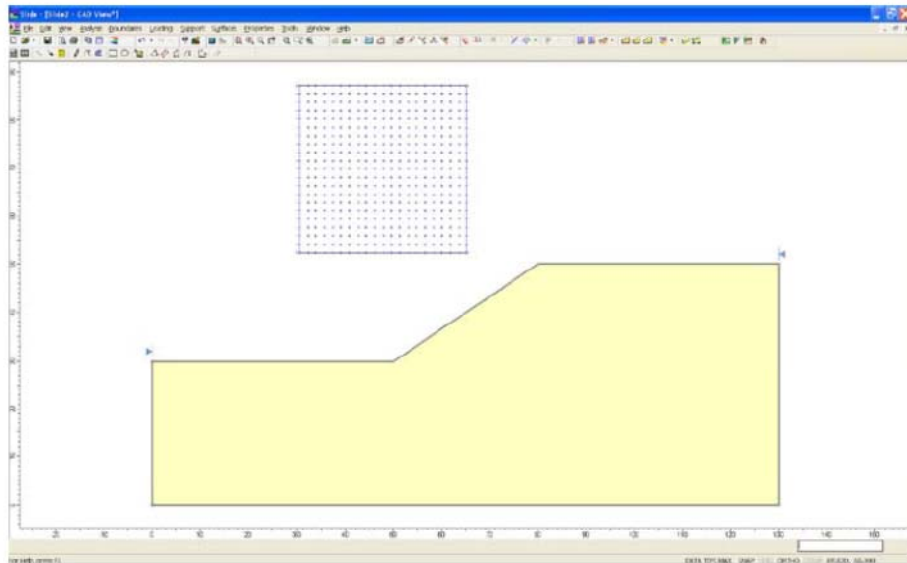
**CÁLCULO MEDIANTE EL SOFTWARE SLIDE VERSIÓN 6**

El programa Slide de la empresa ROCSCIENCE, ampliamente utilizado en el análisis de estabilidad de taludes, para suelos, puede analizar, superficies circulares y no circulares. Se puede analizar una superficie en particular o se puede realizar la búsqueda de una superficie crítica con la finalidad de encontrar la superficie de falla con el menor factor de seguridad.

En el Slide hay disponibles 3 Métodos de Búsqueda para superficies de falla circulares:

- Búsqueda por Cuadrícula (“Grid Search”), Búsqueda por Talud (“Slope Search”) o Búsqueda Avanzada (“Auto Refine Search”)

En nuestro caso usaremos la Búsqueda por Cuadrícula que es el método que viene programado por defecto en el programa. Una Búsqueda por Cuadrícula requiere una cuadrícula de centros de falla.



**Figura nº 2.** Cuadrícula de centro de falla generada con la opción Cuadrícula Auto Generada ("Auto Grid").

Cada centro en una cuadrícula de centros de falla representa el centro de rotación de una serie de círculos de falla. Slide calcula automáticamente el radio del círculo para cada punto de la cuadrícula basado en los Límites del Talud ("Slope Limits") y en el Incremento del Radio ("Radius Increment"). El Incremento del Radio ingresado en la ventana de Opciones de Superficies ("Surface Options") determina el número de círculos generado para cada punto de la cuadrícula.

### METODOLOGÍA DE CÁLCULO A UTILIZAR EN EL PROGRAMA SLIDE VERSIÓN 6

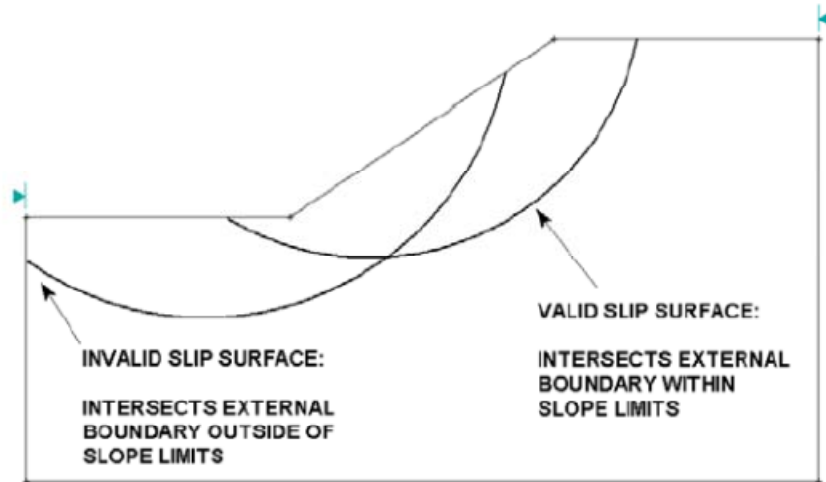
En primer lugar se han de generar los límites del talud, mediante la delimitación del contorno del talud a analizar y la definición de cada una de las capas que lo componen.

Una vez generado el Límite Externo ("External Boundary") aparecen dos pequeñas marcas triangulares en los extremos superior izquierdo y derecho de la superficie del Límite Externo. Estos son los Límites del Talud ("Slope Limits").

Los Límites del Talud son calculados automáticamente por el Slide tan pronto como se crea el Límite Externo o cuando se editan operaciones o funciones (p.e. mover vértices) en el Límite Externo.

Los Límites del Talud tienen dos propósitos en el análisis de superficies circulares que realiza el Slide:

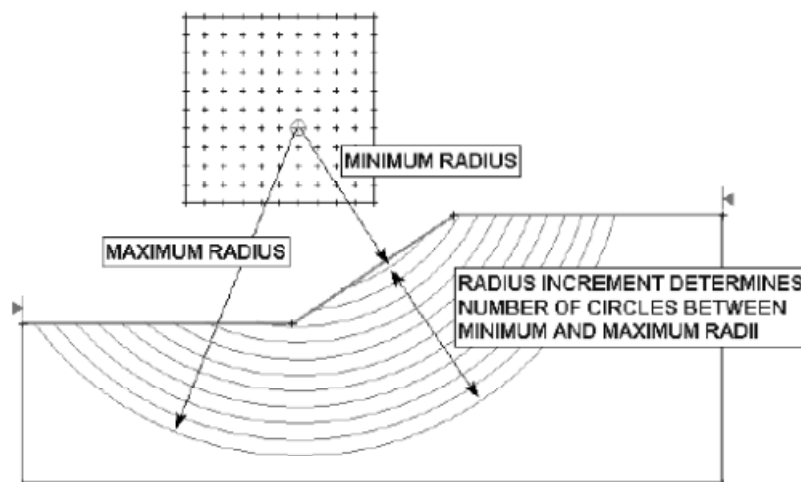
1. **FILTRADO** – Todas las superficies de falla deben intersectar el Límite Externo comprendido dentro de los Límites del Talud. Si el punto inicial y/o final de la superficie de falla no caen dentro de los Límites del Talud entonces esta superficie es descartada (no analizada). Para una mejor interpretación se muestra la siguiente figura.



**Figura nº 3.** Filtrado de límites del talud para superficies válidas.

2. CREACION DE CIRCULOS – Las secciones comprendidas entre el Límite Externo y los Límites del Talud definen la superficie del talud a ser analizada. Esa superficie del talud se emplea para generar los círculos de falla en una Búsqueda por Cuadrícula de la siguiente manera:

- Se calculan dos radios, uno Mínimo y otro Máximo apropiados para cada centro de falla ubicado en los puntos de la cuadrícula; éstos radios son calculados en función a la distancia del centro de falla a la superficie del talud, tal como se muestra en la Figura 4.
- Los Incrementos en el Radio son usados para calcular el número de superficies de falla generados entre los radios mínimo y máximo en cada punto de la cuadrícula.



**Figura nº 4.** Método de la creación de superficies de falla mediante el uso de los límites del talud y los incrementos en el radio cuando emplea la búsqueda por cuadrícula.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

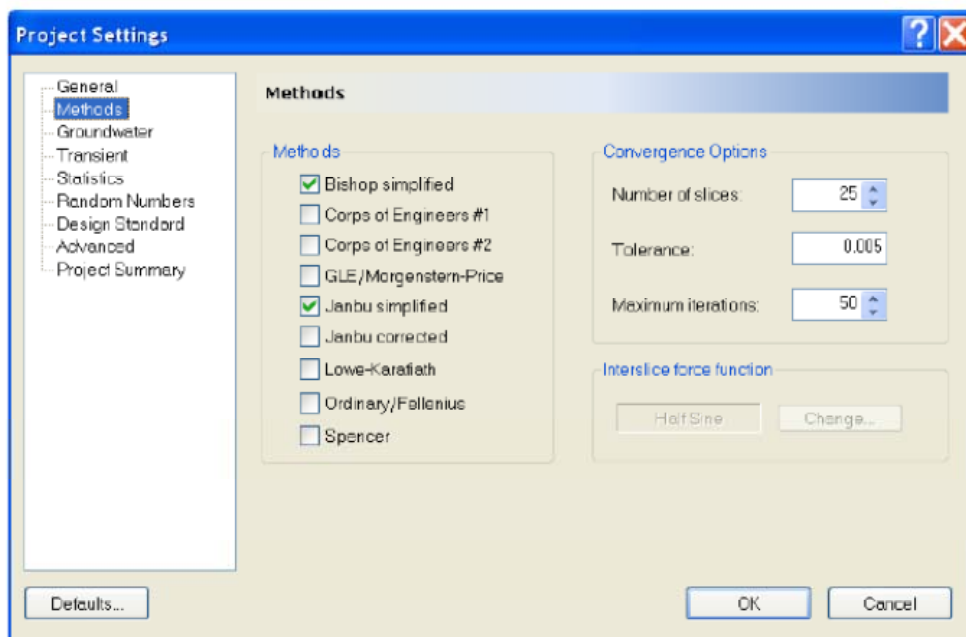
NOTA:

- Los Incrementos en el Radio (“Radius Increment”) representan el número de intervalos entre los radios de los círculos mínimo y máximo para cada punto de la cuadrícula. Por lo tanto la cantidad de círculos de falla generados para cada punto de la cuadrícula será igual a los Incrementos en el Radio + 1.
- Por lo tanto el número total de círculos de falla generados por una Búsqueda de Cuadrícula será igual a: (Incrementos en el Radio + 1) x (Número Total de centros de falla en la cuadrícula). Para el ejemplo que estamos viendo sería:  $11 \times 21 \times 21 = 4,851$  círculos de falla.



### MÉTODOS DE ANÁLISIS EN EL PROGRAMA SLIDE VERSIÓN 6.

Los Métodos de Análisis que vienen programados por defecto en el programa son los métodos de análisis por equilibrio límite de Bishop y de Janbu.

Sin embargo se pueden seleccionar cualquiera de los métodos de análisis disponibles y todos los seleccionados serán calculados o ejecutados cuando se seleccione Computar (“Compute”).



**Figura nº 5.** Métodos de análisis en la ventana de diálogo Parámetros del Proyecto.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>         AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>         LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

### RESULTADOS OBTENIDOS:

Por ser el método que más se adapta a la realidad proyectada, utilizaremos el método de Jambu, aplicado a los taludes diseñados para el banco de explotación operacional y banco de restauración con relleno mediante estériles.

Según se ha podido comprobar para la zona la zona de estudio el nivel freático se encuentra muy por debajo del nivel base de explotación. Se estima según la información facilitada por el estudio hidrogeológico, que el nivel freático se sitúa en la cota 235 msnm. Y puesto que el nivel base de explotación se encuentra entre las cotas 291 msnm, se concluye que los niveles freáticos, en el caso más desfavorable podrían estar a 56 metros de profundidad de la cota más baja de excavación operacional.

De esta forma los resultados obtenidos se representan en la tabla siguiente, mostrándose la representación gráfica posteriormente:

### Datos de partida:

| MATERIALES              | DATOS DE PARTIDA                 |                   |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|
|                         | DENSIDAD<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | COHESIÓN<br>(KPa) | ÁNGULO ROZAMIENTO INTERNO<br>(°) |
| GRAVAS Y ARENAS         | 25.8                             | 25                | 39.6                             |
| ESTERIL GRAVAS Y ARENAS | 20                               | 30                | 30                               |

### Taludes de frente de explotación con bermas:

|  |  |
|--|--|
| ALTURA DE TALUDES  | COEFICIENTE DE<br>SEGURIDAD (F)<br><br>SIN COEFICIENTE<br>DE SISMICIDAD NI<br>NIVEL FREÁTICO |
| 15 metros con bermas de 6<br>metros en bancos de 3,5<br>metros de altura | 2,179  |

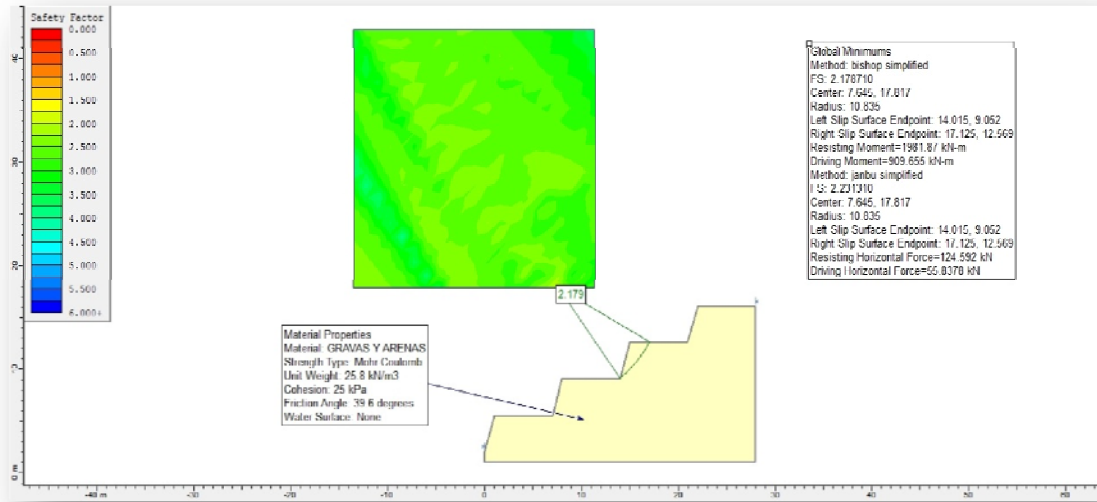


Promotor:



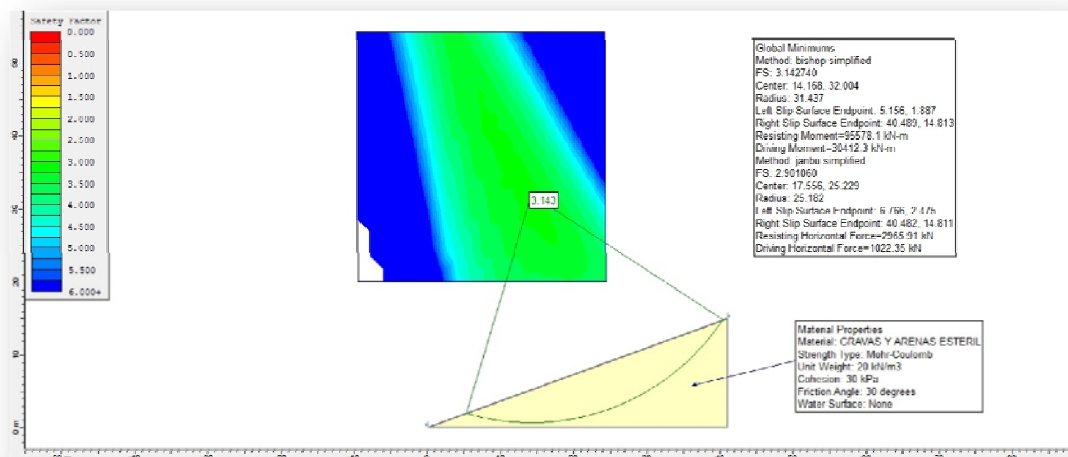
**PROYECTO DE RESTAURACION  
AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA  
LONGATERA TM ZARAGOZA**


Consultora:



Taludes de bancos finales de restauración (relleno con estériles-gravas y arenas):

| ALTURA DE TALUDES                  | COEFICIENTE DE SEGURIDAD (F) |
|------------------------------------|------------------------------|
| 15 metros en un único talud de 20° | 3,143                        |



|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION<br/>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA<br/>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

En este último caso no se considera el nivel freático al tratarse de un relleno y considerar el valor de cohesión saturado.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Teniendo en cuenta las características geotécnicas del terreno, la ripabilidad es factible de realizar con medios mecánicos tipo retroexcavadora.

Analizadas las características geomecánicas del macizo, y los resultados obtenidos para el coeficiente de seguridad, se puede indicar que la calidad del macizo es media-buena, por lo que no es necesario aplicar medidas correctoras. De hecho se obtiene un factor de seguridad de 2,179 para un talud de 15 metros con cuatro bancos de material aprovechable de 3.5 metros y 6 metros de berma.

Analizados los taludes existentes en zonas cercanas similares a la zona de estudio, no se evidencia la existencia de procesos importantes de desprendimiento con caída de bloques importantes.

Al efecto de evitar las caídas de material por desprendimiento, se recomienda evitar la sobreexcavación, a fin de impedir que localmente existan zonas colgadas en el talud.

Además cabe indicar que se debe prestar especial atención en épocas de lluvias, pudiendo ser recomendable realizar drenajes puntuales en el talud, para evitar el aumento de la presión hidrostática en el mismo, lo que podría originar variaciones puntuales en las condiciones de estabilidad.

Promotor:



**PROYECTO DE RESTAURACION**  
AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA  
LONGATERA TM ZARAGOZA


Consultora:



---

# ANEXO N° 6:

## HIDROGEOLOGIA.

|  |   |  |
|--|---|--|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|--|---|--|

## 1 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO.

### 1.1 Objetivo del estudio preliminar.

Los métodos de investigación en Hidrogeología son, principalmente, los geológicos y geofísicos, climatológicos y de Hidrología de superficie, métodos hidrogeológicos en sentido estricto, físico-matemáticos e hidroquímicos.

Los métodos geológicos y geofísicos, se emplean para la definición de la extensión y geometría del acuífero (límites laterales, inferior y superior) y de sus características litológicas.

Un Estudio Hidrogeológico consiste en la aplicación de los métodos de investigación de la Hidrogeología a la prospección de las aguas subterráneas en un territorio concreto. El objeto de un Estudio Hidrogeológico es localizar los acuíferos, definir su extensión y características geológicas, sus parámetros hidráulicos, la dinámica del flujo subterráneo y la composición química del agua, e incluso, elaborar un modelo matemático de comportamiento ante eventuales acciones exteriores.

Dado que, mediante el presente estudio hidrogeológico no se trata de estudiar planificación hidrológica, se estima la realización de un ESTUDIO BÁSICO LOCALIZADO, donde se van a usar estudios geológicos publicados, para PRIMERO definir el Marco hidrogeológico, con la presencia de acuíferos en el entorno y características geométricas y litológicas de los mismos, tipología de los acuíferos en función de sus características litológicas, según el tipo de hueco y según la presión hidrostática, características piezométricas y flujo subterráneo, funcionamiento hidrogeológico, hidrogeología local, inventario de pozos, sondeos y manantiales en el entorno próximo, características estructurales y análisis, permeabilidad usando valores tabulados, caracterización geológica e hidrogeológica de la zona no saturada, situados en la misma unidad geológica o en su defecto en una estimación a partir de la cartografía existente, situación del nivel piezométrico local y su evolución temporal con los datos de los que se disponga.

Y SEGUNDO, poder así servir de base para, determinar ciertos aspectos relacionados con la presencia o no de nivel freático o piezométrico en el área de estudio, de manera justificada, las posibles fluctuaciones estacionales en caso de que existan, así como, permeabilidad de los materiales subyacentes, ubicación de puntos de control en función de la dirección de las líneas de flujo de fluidos en el subsuelo, la velocidad de avance del flujo en los materiales subyacentes (suelos y rocas) tanto en suelo saturados como no saturados, y medidas preventivas en su caso.

Dentro de los conceptos fundamentales de hidrogeología y la clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico, podemos definir el acuífero como aquella formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua susceptible de ser explotada en cantidades económicamente apreciables para atender diversas necesidades.

En función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

|               |   |                 |
|---------------|---|-----------------|
| Promotor:<br> | <b>PROYECTO DE RESTAURACION</b><br><b>AMPLIACION FRENTES EXPLOTACION CDE LA</b><br><b>LONGATERA TM ZARAGOZA</b> | Consultora:<br> |
|---------------|---|-----------------|

Acuífugo: No posee capacidad de circulación ni de retención de agua.

Acuícludo: Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.

Acuíardo: Contiene agua y la transmite muy lentamente.

Acuífero: Almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

Si admitimos que los acuíferos reciben agua de la precipitación (aunque puede recibirla por otras vías), se pueden definir tres zonas: zona de alimentación o recarga, zona de circulación y zona de descarga.

Tipos de acuíferos:

Según las características litológicas: detríticos, carbonatados.

Según el tipo de huecos: poroso, kárstico, fisurado.

Según la presión hidrostática: libres, confinados y semiconfinados.

Acuíferos libres: También llamados no confinados o freáticos. En ellos existe una superficie libre y real del agua encerrada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica. Entre la superficie del terreno y el nivel freático se encuentra la zona no saturada. El nivel freático define el límite de saturación del acuífero libre y coincide con la superficie piezométrica. Su posición no es fija sino que varía en función de las épocas secas o lluviosas.

Acuíferos confinados: También llamados cautivos, a presión o en carga. El agua está sometida a una presión superior a la atmosférica y ocupa totalmente los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. No existe zona no saturada.

Acuíferos semiconfinados: El muro y/o techo no son totalmente impermeables sino que son acuíardos y permiten la filtración vertical del agua y, por tanto, puede recibir recarga o perder agua a través del techo o de la base. Este flujo vertical sólo es posible si existe una diferencia de potencial entre ambos niveles.

Un mismo acuífero puede ser libre, confinado y semiconfinado según sectores.

Acuíferos colgados: Se producen ocasionalmente cuando, por efecto de una fuerte recarga, asciende el nivel freático quedando retenida una porción de agua por un nivel inferior impermeable.

Un acuífero es una estructura geológica que contiene agua y que es capaz de cederla en cantidades aprovechables mediante galerías, zanjas, pozos, sondeos o el uso directo de manantiales; y para que una estructura sea considerada como acuífero no es suficiente con que contenga agua, sino que además debe estar disponible para su uso. Se evita de esta manera considerar como acuíferos algunas formaciones, especialmente arcillosas, que a pesar de contener cantidades importantes de agua, ésta no puede ser extraída por los métodos tradicionales.

Los acuíferos detríticos están formados por materiales granulares, conglomerados, arenas, limos y arcillas, alternando horizontes impermeables o semi-impermeables, con otros permeables, dando lugar a