

ESTUDIO HIDROLÓGICO
DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DENTRO
DEL P.I. LAS PEDRIZAS N° 6560.
ESTERCUEL Y OBÓN (TERUEL)



RESUMEN GENERAL	3
1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	5
2. OBJETIVOS	10
3. MÉTODOS DE ESTUDIO	10
4. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE	12
5. DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS.....	12
6. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA	19
7. DETERMINACIÓN DE VALORES PARA EL CÁLCULO HIDROLÓGICO	21
8. CAUDAL MÁXIMO A DESAGUAR	42
9. DIMENSIONAMIENTO DE CANALES O ELEMENTOS DE DRENAJE.....	45
10. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BALSAS DE RECEPCIÓN DE AGUAS Y DRENAJE	56
11. CONCLUSIONES.	60

RESUMEN GENERAL.

El presente documento contiene el ANEXO: ESTUDIOS DE HIDROLOGIA Y DRENAJE del Proyecto de Explotación a cielo abierto de la Concesión Las Pedrizas, nº 6560, para arcillas y arenas en el término municipal de Estercuel y Obón (Teruel) y promovida por la empresa VESCO CLAYS SPAIN S.L.

En este anexo V se recogen los diversos análisis y cálculos realizados para organizar la gestión de las aguas pluviales tanto durante la fase de explotación, en la que será necesario desviar el trazado del Barranco de las Pedrizas, como en el escenario final previsto, teniendo en cuenta la morfología final de los terrenos rehabilitados, las características hidrológicas y la pluviometría de la zona.

El esquema para la gestión de las aguas se adopta dando cumplimiento a la legislación aplicable, como parte de las actuaciones necesarias para que, de acuerdo a la explotación prevista en la mina “Las Pedrizas” (la cual ha sido descrita a lo largo del proyecto) pueda ejecutarse una rehabilitación del terreno afectado con una adecuada integración en el medio y cuyos resultados perduren en el tiempo.

En este documento se dimensionan los elementos de desagüe y drenaje que será necesario disponer para conseguir llegar a la situación final prevista con la explotación de una manera medioambientalmente adecuada y aceptable. Para ello se han calculado los caudales máximos a desaguar en esta situación final y las dimensiones de las zonas de recogida de agua previstas para que éstas permitan una gestión eficaz y sostenible del ciclo hidrológico en la zona y se evite el riesgo de inundaciones.

Se justifican también las medidas o soluciones a adoptar que minimicen el riesgo de erosión hídrica en las superficies finales restauradas, consiguiendo la integración de las mismas en el entorno. También se analizan las medidas de prevención o reducción de la contaminación de las aguas que pudieran ser necesarias.

Las estimaciones y cálculos de este Anexo se han realizado teniendo en cuenta los requisitos contenidos en la legislación aplicable y, especialmente, los contemplados en el R.D.

975/2009, de 12 de junio, sobre "gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras".

Además, todos los cálculos se efectúan de acuerdo a la Instrucción 5.2 “Drenaje superficial”, aprobada por Orden/FOM/298/2016, de 15 de febrero de 2016 (BOE núm. 60, de 10 de marzo de 2016).

Por un lado se realiza un estudio global de la cuenca drenante, observándose la existencia de diferentes subcuencas definidas por cada uno de los cauces existentes y que presentan dos zonas claramente diferenciadas desde el punto de vista de formas del relieve, topográfico, de usos de suelo actuales y de usos del suelo futuros:

- La zona norte.
- La zona sur.

En las cuencas drenantes que se han definido, no hay ningún cauce estable por el que circule agua de forma continua, sino que son cauces temporales y estacionales con circulación de agua de forma esporádica en función de las precipitaciones y la escorrentía superficial.

Estos cauces son tributarios del cauce principal, el Barranco de Las Pedrizas, que discurre de oeste a este por el centro del permiso de investigación.

El proyecto de explotación previsto no afecta a toda la cuenca drenante, sino a una parte de la misma, las denominadas subcuencas 7 y 8, pero los cálculos se hacen para todas ellas debido a que el cauce principal, el Barranco de las Pedrizas, recibe en la zona de afección del proyecto aguas provenientes de cada una de las subcuencas.

Con el proyecto de explotación planteado se realizará un cambio de uso del suelo, principalmente a lo largo del Barranco de las Pedrizas (Fase III de explotación).

Esta transformación implica un cambio en la dirección de los flujos de escorrentía, que a partir de ese momento circularán a través de todas las cunetas y drenajes que se pretende instalar en la zona en restauración mientras dure la Fase III de explotación. Por lo tanto, la

circulación natural del agua en la superficie de la ladera se modificará para estar controlada a través de redes de drenaje que se instalen a lo largo de la explotación de esta Fase III.

Por este motivo se realiza el estudio de caudales de máxima avenida para diferentes periodos de retorno de la zona norte y de la zona sur, tanto en situación actual como en situación postoperacional (zona restaurada) y se realiza el cálculo hidráulico de los canales de drenaje necesarios para la evacuación de dichos caudales valorando si el caudal que llegará a la red de drenaje existente es suficiente o hay que crear nuevos canales de drenaje adecuados a los volúmenes a evacuar con el nuevo uso del suelo.

1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Permiso de Investigación “Las Pedrizas” nº 6560 se localiza casi por completo en el término municipal de Estercuel, en la comarca de Andorra-Sierra de Arcos, número 26, de la delimitación comarcal de Aragón según Ley 8/1996, de 2 de diciembre. La comarca de Andorra-Sierra de Arcos, está formada por 9 municipios. Una pequeña parte de una de las cuadrículas del permiso se localiza en el término municipal de Obón.



Figura 1. Emplazamiento de Estercuel en la comarca Andorra-Sierra de Arcos.

El Permiso de Investigación “Las Pedrizas” nº 6560 se emplaza junto al P.I María nº 6568 y “El Plano” nº 6530, pertenecientes a la misma empresa.

Se localiza en la hoja topográfica escala: 1/50.000 número 493, denominada Oliete. La altitud media de la zona que nos ocupa ronda los 900 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas que delimitan las cinco cuadrículas referidas al meridiano de Greenwich (ETRS 89) son:

PUNTO	LONGITUD	LATITUD
Pp 1	0º 39' 20'' W	40º 52' 40'' N
2	0º 38' 20'' W	40º 52' 40'' N
3	0º 38' 20'' W	40º 52' 20'' N
4	0º 39' 00'' W	40º 52' 20'' N
5	0º 39' 00'' W	40º 52' 00'' N
6	0º 39' 40'' W	40º 52' 00'' N
7	0º 39' 40'' W	40º 52' 20'' N
8	0º 39' 20'' W	40º 52' 20'' N

Tabla 1. *Coordenadas Permiso de Investigación.*

Dentro del permiso de investigación, y en base a la interpretación de los resultados obtenidos con la investigación se ha seleccionado un área de explotación, siendo el perímetro del hueco de explotación de 41,142 has de superficie, quedando delimitado por las siguientes coordenadas UTM ETRS 89:

PERÍMETRO DE EXPLOTACIÓN		
Nº VÉRTICE	X	Y
1	698480	4527860
2	698948	4527873
3	698964	4527256
4	698099	4527233

Tabla 2. *Coordenadas perímetro del hueco de explotación.*

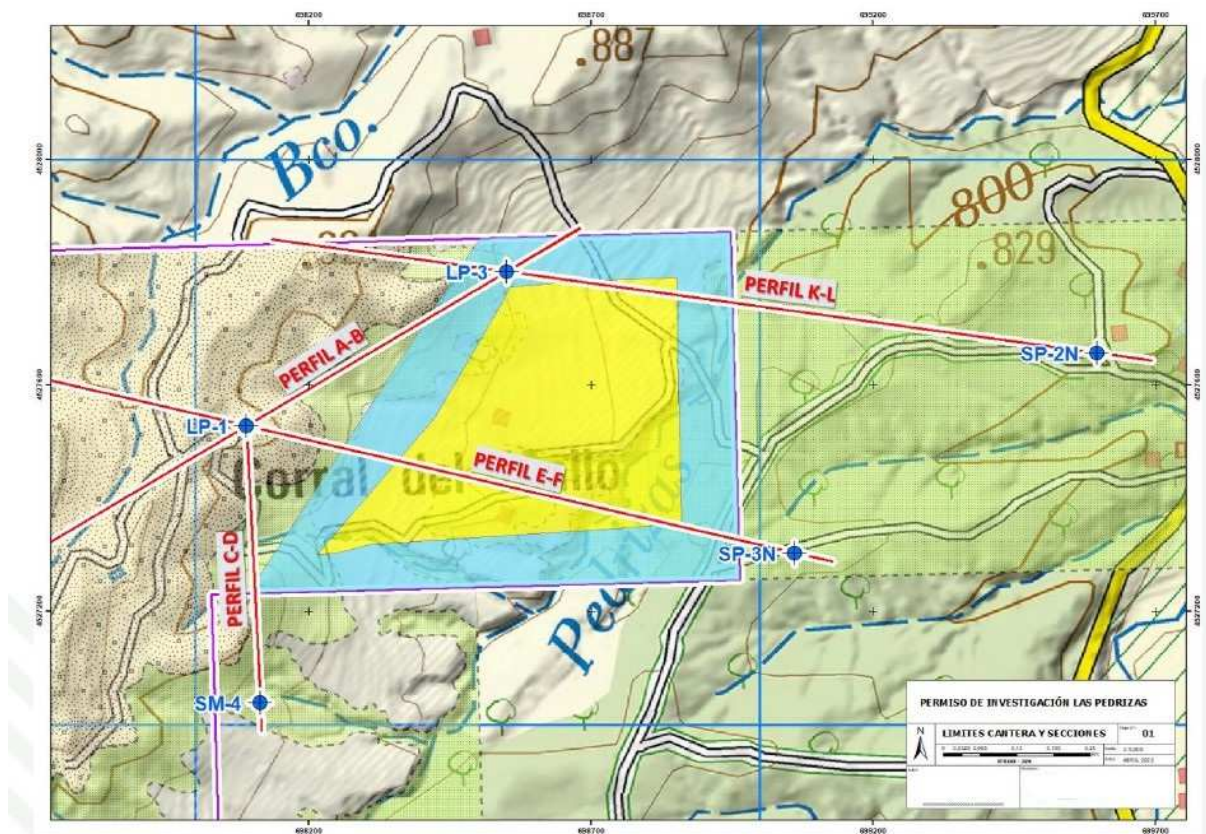


Figura 2. Perímetro seleccionado para realizar el hueco de explotación de la Concesión Las Pedrizas.

A su vez, este perímetro general del hueco de explotación se ha dividido en tres fases de explotación, cuyos perímetros son los que a continuación se referencian:

Fase I. superficie de 15,602 has.

FASE I		
Nº VÉRTICE	X	Y
1	698480	4527860
2	698680	4527866
3	698405	4527241
4	698099	4527233

Tabla 3. Coordenadas perímetro de la Fase I de explotación.

Fase II. superficie de 13,346 has.

FASE II		
Nº VÉRTICE	X	Y
1	698680	4527866
2	698948	4527873
3	698838	4527696
4	698732	4527480
5	698532	4527245
6	698405	4527241

Tabla 4.. Coordenadas perímetro de la Fase II de explotación

Fase III. superficie de 12.194 has.

FASE III		
Nº VÉRTICE	X	Y
1	698948	4527873
2	698964	4527256
3	698532	4527245
4	698732	4527480
5	698838	4527696

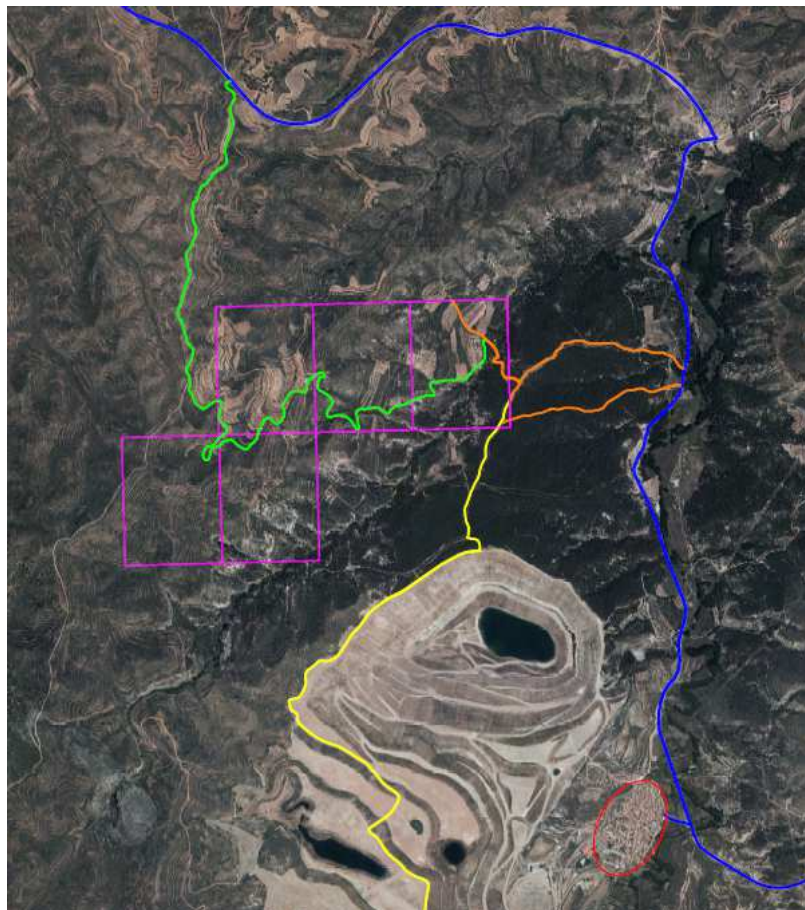
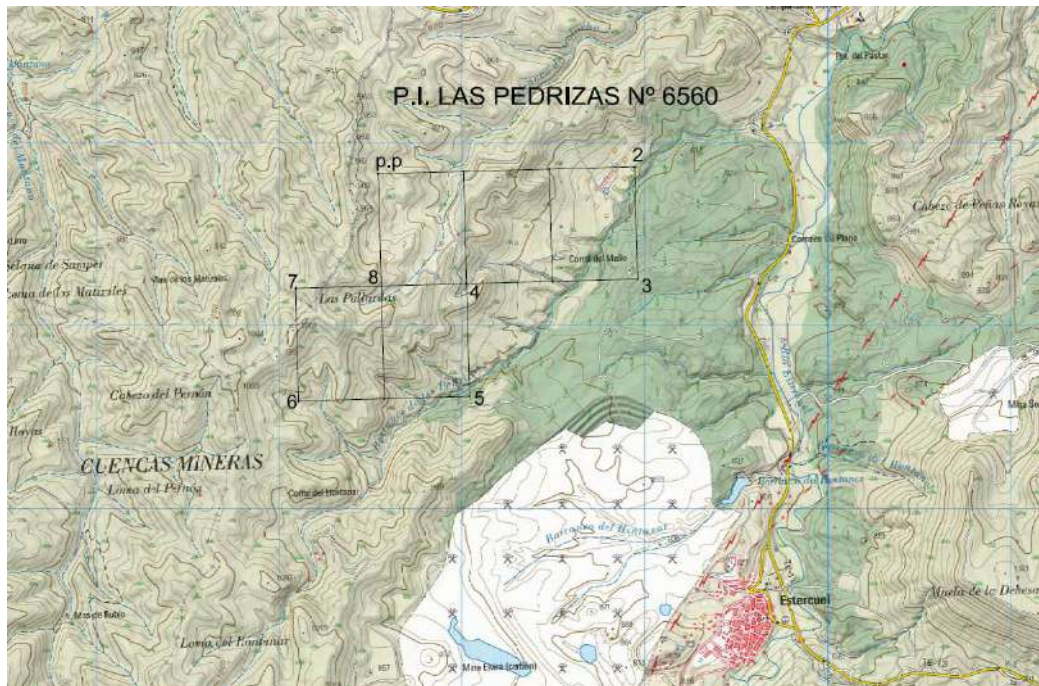
Tabla 5. Coordenadas perímetro de la Fase III de explotación.

Además se creará un acopio exterior de estériles con una superficie de 16,28 has durante la Fase I y II de explotación, cuyo perímetro viene reflejado por las siguientes coordenadas UTM ETRS 89:

ACOPIO 3		
Nº VÉRTICE	X	Y
1	697571	4527749
2	697689	4527769
3	697892	4527757
4	697944	4527757
5	697941	4527632
6	697952	4527497
7	697931	4527432
8	697862	4527355
9	69781	4527292
10	697584	4527272

Tabla 6. Coordenadas perímetro acopio exterior temporal

El acceso a la zona de estudio puede realizarse desde la N-211, desde el cruce de Gargallo hasta Estercuel y continuando por la carretera Te 1332 en dirección al Monasterio de Santa María del Olivar se puede tomar un camino en la margen izquierda que lleva hacia el hueco restaurado de la antigua explotación Elvira y desde el que se puede acceder a la explotación definida. También es posible acceder desde el camino de Estercuel a Gargallo, tomando el desvío a la altura del pantano que conduce al mirador de las Pedrizas, y continuando por este camino que llega hasta el hueco restaurado de la explotación Elvira, se enlaza con el camino que partía de la carreta Te 1332. Por último, también puede accederse desde la carretera a Obón, tomando un camino que finalmente lleva a la zona de explotación definida.



Aunque el acceso principal será el indicado en color naranja en la figura anterior, también es posible acceder por todas las pistas existentes dentro del hueco restaurado de Mina Elvira, como puede apreciarse en la misma figura 4 en color amarillo, o a través de una pista que parte de la carretera situada al norte del permiso.

La distancia a la población más próxima desde el hueco de explotación en línea recta es:

DISTANCIAS A POBLACIONES PRÓXIMAS		
Estercuel	1.80	Km

En el entorno de la zona de estudio podemos encontrar las siguientes infraestructuras.

- Carretera Provincial Te 1332 de Gargallo a Estercuel.
- Líneas eléctricas al este del permiso de investigación.
- Casco urbano de Estercuel.
- Monasterio de Nuestra Señora del Olivar.
- Explotaciones mineras.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente informe es el estudio hídrico real de escorrentía de aguas superficiales por el Barranco de Las Pedrizas y calcular los caudales generados con el fin de abordar el diseño de los drenajes necesarios conforme a los criterios de la norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”, aprobada mediante Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero y publicada en el BOE con fecha 10 de marzo de 2016, para la explotación de la Concesión “Las Pedrizas” nº 6560.

3. MÉTODOS DE ESTUDIO

Para la evaluación de los caudales generados con el fin de abordar el diseño de los drenajes necesarios se han seguido las indicaciones del capítulo 2, Cálculo de caudales, de la Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”, por lo que el caudal máximo correspondiente a un determinado periodo de retorno, se determina a partir de la información sobre caudales

máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente. En caso de no disponer de dicha información, se calculará a través de la metodología establecida en el capítulo 2 Cálculo de caudales, de la Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”.

Así, una vez identificados las líneas de drenaje existentes dentro de la zona de afección del proyecto de explotación de la Concesión Las Pedrizas, para la determinación de los caudales máximos se ha consultado el “Mapa de Caudales Máximos” mediante la aplicación CAUMAX, versión de mayo de 2014, y se ha detectado que no existe información en los cauces del proyecto, indicando que se puede recurrir a la estimación de caudales por medio del Método Racional.

Como paso previo se ha determinado la precipitación máxima de proyecto para los distintos periodos de retorno estudiados, realizando el ajuste estadístico mediante distribuciones extremales de los datos de precipitación máximas de las estaciones pluviométricas estudiadas.

El proceso comienza por la delimitación de las cuencas existentes y la determinación de las características físicas de las mismas, con objeto de elegir el método apropiado para llevar a cabo el cálculo de caudales. En función del área de las cuencas vertientes, se seguirá el procedimiento de elección del método de cálculo de caudales anteriormente citado.

En el presunto estudio hidrológico se tienen en cuenta las siguientes publicaciones y/o aplicaciones informáticas:

- Norma 5.2-I.C “Drenaje Superficial” aprobada mediante Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero y publicada en el BOE con fecha 10 de marzo de 2016.
- “Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas” y “Análisis estadístico de caudales de avenida” CEDEX.
- “Máximas precipitaciones en la España Peninsular”, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- “Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales”. MOPU.
- “Mapa de caudales máximos” elaborado por el CEDEX bajo el Convenio de Colaboración entre la Dirección General del Agua y el CEDEX

4. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE

El dimensionamiento de los elementos y obras de drenaje se ha realizado a partir del estudio hidrológico para la fase de explotación y para la fase de restauración.

Este estudio hidrológico, se ha efectuado siguiendo los requerimientos del artículo 24 del R.D. 975/2009, sobre "*gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras*". Esta norma precisa que se deberá considerar un periodo de retorno de 100 años para analizar la situación de escombreras consideradas como instalaciones de residuos mineros, pero no indica el tiempo de retorno a tener en cuenta para otros casos, en el que no se generarán estas estructuras. Haciendo una interpretación conservadora de esta norma, y considerando lo anteriormente expuesto, se han efectuado los cálculos correspondientes a los terrenos restaurados, para un periodo de 100 años.

Conocidas las superficies y características de las cuencas de aporte que conforman el área de influencia de la zona a analizar, la intensidad del aguacero, los coeficientes de escorrentía y demás parámetros intervinientes, se diseñan las obras de drenaje con los siguientes objetivos principales:

- Conducir el agua de forma adecuada hasta los puntos de desagüe.
- Reducir o minimizar la erosión de las superficies recuperadas o revegetadas.
- Impedir las acumulaciones de agua en superficies no acondicionadas para ello.
- Proteger los terrenos de la deposición de sedimentos.

5. DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS.

Para la delimitación de las cuencas hidrológicas se ha empleado la cartografía a escala 1:25.000 del Mapa topográfico nacional, así como la ortofoto 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional.

Se define cuenca hidrológica como el lugar geométrico de los puntos que en caso de un aguacero, vierten sus aguas en el punto situado en la cota más baja de la cuenca, que actúa como un sumidero.

La delimitación de las cuencas se ha realizado manualmente sobre mapa topográfico.

En base al criterio establecido para cuenca hidrológica, se ha definido una única cuenca drenante para todo el barranco de las Pedrizas en la zona afectada por el Proyecto de Explotación de la Concesión Las Pedrizas, que es la que se indica en el plano 24 del EIA y que tiene el punto de desagüe en el límite de la Fase III de explotación.

Por último y dada la existencia de diferentes líneas de drenaje en la cuenca general, se han definido diferentes subcuencas en función de los flujos de drenaje determinados y teniendo en cuenta el emplazamiento de la explotación, estableciéndose las subcuencas que se pueden ver en el plano 25 y que denominamos subcuenca 1 norte, subcuenca 2 norte, subcuenca 3 norte, subcuenca 4 norte, subcuenca 5 norte, subcuenca 6 norte, subcuenca 7 sur y subcuenca 8 norte.

Se presentan cálculos hidrológicos tanto para la cuenca drenante total que denominamos Cuenca 1, como para las subcuencas en las que se ha dividido dicha cuenca.

En la siguiente tabla se indica para cada cuenca delimitada el área comprendida, la longitud del cauce, la cota de cabecera y la cota de desagüe y la pendiente media.

CUENCA	ÁREA m ²	ÁREA km ²	LONGITUD CAUCE m	LONGITUD CAUCE km	Z min	Z max	PENDIENTE %
Cuenca global 1	3.564.003,00	3,56	5.629,000	5,629	800	1084	0,050
Subcuenca 1 norte	350.000,00	0,35	1.783,000	1,783	971	1084	0,063
Subcuenca 2 norte	504.200,00	0,50	1.941,000	1,941	883	1034	0,078
Subcuenca 3 norte	428.000,00	0,43	1.082,000	1,082	871	995	0,115
Subcuenca 4 norte	174.300,00	0,17	771,000	0,771	851	987	0,176
Subcuenca 5 norte	183.700,00	0,18	881,000	0,881	841	965	0,141
Subcuenca 6 norte	224.100,00	0,22	745,000	0,745	821	906	0,114
Subcuenca 7 sur	1.152.479,00	1,15	5.629,000	5,629	800	1080	0,050
Subcuenca 8 norte	550.467,00	0,55	1.494,000	1,494	800	910	0,074

Tabla 7. Cuadro general de las características de las cuencas drenantes existente en la zona de estudio

MORFOLOGÍA DE LAS CUENCAS.

En este punto se definen las características físicas de las distintas cuencas o subcuencas consideradas en el estudio.

Cuenca 1.

La Cuenca 1 tiene una superficie de 3.56 km² y un perímetro de 11,45 km, con un índice de compacidad de 1.70 que indica una cuenca tendiendo a alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona suroeste en torno a los 1084 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona noreste, en torno a los 800 msnm, con una pendiente del 5%.

La red hidrográfica de esta subcuenca está constituida por diversos canales de drenajes, todos temporales y estacionales, por donde discurren las aguas de escorrentía.

El cauce principal de la red hidrográfica coincide con el Barranco de las Pedrizas, que presenta un lecho estático a lo largo de todo su cauce, muy incidido en el terreno, y al que desaguan el resto de la red hidrográfica de la cuenca, que se corresponden con barrancos de menor entidad y pequeñas vaguadas del terreno.



Figura 5. Cuenca 1 desde su cabecera hasta el final de la zona de afección del proyecto. Por el centro, en color azul, discurre el Barranco de las Pedrizas.

Subcuenca 1.

La subcuenca 1 tiene una superficie de 0,35 km² y un perímetro de 4,05 km con un índice de compacidad de 1.93, que indica una cuenca tendiendo a alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona suroeste en torno a los 1084 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona norte, en torno a los 971 msnm, con una pendiente del 6,3%.

La red hidrográfica de la cuenca está constituida por un canal principal de drenaje, que es el Barranco de Las Pedrizas en su zona de cabecera y diferentes vaguadas, todas de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía. Este canal de drenaje presenta un lecho estático en la totalidad de su cauce.

Subcuenca 2.

La subcuenca 2 tiene una superficie de 0,50 km² y un perímetro de 8,19 km con un índice de compacidad de 1.60, que indica una cuenca tendiendo a alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona sur en torno a los 1034 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona norte, en torno a los 883 msnm, con una pendiente del 7,8%.

La red hidrográfica de la cuenca está constituida por varios canales de drenaje en cabecera, todos de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía que drenan al canal principal, que se corresponde con el Barranco de las Pedrizas. Todos estos canales de drenaje tienen el lecho estático. En esta zona, el Barranco de Las Pedrizas aún presenta un cauce poco incidido en el terreno.

Subcuenca 3.

La subcuenca 3 tiene una superficie de 0,43 km² y un perímetro de 2,73 km con un índice de compacidad de 1.175, que indica una cuenca tendiendo a redondeada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona norte en torno a los 995 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona sureste, en torno a los 871 msnm, con una pendiente del 11,5%.

La red hidrográfica de la cuenca está constituida por varios canales de drenaje en cabecera, todos de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía. Estos canales de drenaje desaguan sobre el Barranco de Las Pedrizas, que en esta zona ya se encuentra más incidido en el terreno, habiendo excavado un cauce más profundo sobre los niveles de arenas.

Subcuenca 4.

La subcuenca 4 tiene una superficie de $0,17 \text{ km}^2$ y un perímetro de $1,78 \text{ km}$ con un índice de compacidad de 1.218, que indica una cuenca tendiendo a circular.

Las máximas altitudes se localizan en la zona norte en torno a los 987 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona sureste, en torno a los 851 msnm, con una pendiente del 17,6%.

La red hidrográfica de la cuenca está constituida por un canal de drenaje principal de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía que es el Barranco de Las Pedrizas, al que desaguan canales laterales que cuando atraviesan los niveles de arenas se encajan mucho en el terreno.

Subcuenca 5.

La subcuenca 5 tiene una superficie de $0,18 \text{ km}^2$ y un perímetro de $1,98 \text{ km}$ con un índice de compacidad de 1.37, que indica una cuenca tendiendo a alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona norte en torno a los 965 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona sureste, en torno a los 841 msnm, con una pendiente del 14,1%.

La red hidrográfica de la cuenca está constituida por varios canales de drenaje en cabecera, todos de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía. Estos canales de drenaje en su cabecera tienen el lecho estático y conforme llegan a los niveles de arena, profundizan en el terreno y presentan un cauce muy marcado. Todo el desagüe de estos canales se realiza sobre la Barranco de Las Pedrizas muy incidido en el terreno, donde ha excavado un cauce profundo sobre los niveles de arena.

Subcuenca 6.

La subcuenca 6 tiene una superficie de $0,22 \text{ km}^2$ y un perímetro de $2,15 \text{ km}$ con un índice de compacidad de 1.29, que indica una cuenca semi redondeada pero tendiendo ya a alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona norte en torno a los 906 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona este, en torno a los 821 msnm, con una pendiente del 11,4%.

La red hidrográfica de la cuenca, al igual que ocurrió en la subcuenca 5, está constituida por varios canales de drenaje en cabecera, todos de carácter temporal y estacional, por donde discurren las aguas de escorrentía. Estos canales de drenaje en su cabecera tienen el lecho estático y conforme llegan a los niveles de arena, profundizan en el terreno y presentan un cauce muy marcado. Todo el desagüe de estos canales se realiza sobre la Barranco de Las Pedrizas muy incidido en el terreno, donde ha excavado un cauce profundo sobre los niveles de arena.

Subcuenca 7.

La subcuenca 7 tiene una superficie de 1,15 km² y un perímetro de 10,96 km con un índice de compacidad de 2.86, que indica una cuenca muy alargada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona suroeste en torno a los 1080 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona noreste, en torno a los 800 msnm, con una pendiente del 5%.

La red hidrográfica de esta subcuenca está constituida por diversos canales de drenajes, todos temporales y estacionales, por donde discurren las aguas de escorrentía que van drenando al cauce principal que es el Barranco de las Pedrizas, que presenta un lecho estático a lo largo de todo su cauce, muy incidido en el terreno.

Subcuenca 8.

La subcuenca 8 tiene una superficie de 0,55 km² y un perímetro de 3,247 km con un índice de compacidad de 1,22, que indica una cuenca redondeada.

Las máximas altitudes se localizan en la zona oeste en torno a los 910 msnm, mientras que las altitudes inferiores se localizan en la zona noreste, en torno a los 800 msnm, con una pendiente del 7,4%.

La red hidrográfica de esta subcuenca está constituida por diversos canales de drenajes, todos temporales y estacionales, por donde discurren las aguas de escorrentía que van drenando al cauce principal que es el Barranco de las Pedrizas, que presenta un lecho estático a lo largo de todo su cauce, muy incidido en el terreno.

Los cauces en las subcuencas 1 y 2 se corresponden con vaguadas en los campos de cultivo abancalados, que desaguan hacia el Barranco de las Pedrizas, que lleva una dirección sur norte en esta zona.

A partir de la subcuenca 3, los cauces que en cabecera están poco incididos por discurrir por niveles de conglomerados terciarios y sobre campos de cultivo aterrizados, pero conforme atraviesan los niveles de arenas comienzan a marcarse mucho más en el terreno, creando importantes acarcavamientos que culminan al desaguar sobre el Barranco de las Pedrizas, que en algunas zonas ha excavado tajos de más de diez metros sobre las arenas.

6. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA

La determinación de la máxima precipitación diaria esperable para un determinado periodo de retorno, se realiza siguiendo las directrices de la Orden FOM/298/2016, a partir de los datos publicados por la Dirección General de Carreteras.

Dichos datos se encuentran publicados en el manual “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” realizado en colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) con el MINISTERIO DE FOMENTO, y publicado en 1999.

El método de estimación recogido en el citado Manual permite determinar, con ayuda de mapas, ábacos y tablas, la máxima precipitación esperable en cualquier punto de la península con el periodo de retorno deseado. Para ello, en primer lugar se obtienen los valores del coeficiente de variación C_v y de la máxima precipitación diaria anual P_d , para la zona de interés.

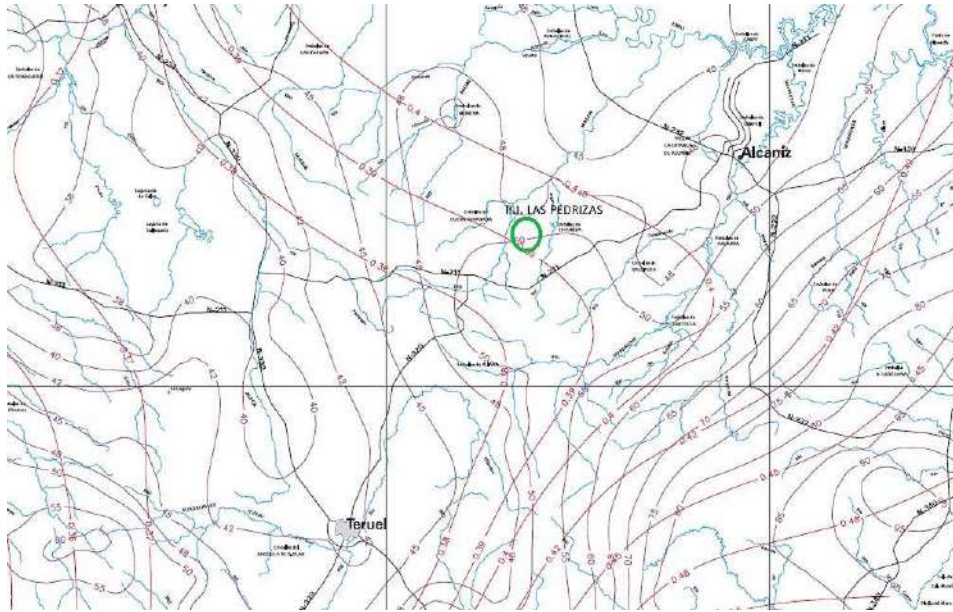


Figura 7. Coeficiente de variación (Cv 0,39) y Precipitación máxima anual en 24 h (50). (Fuente: Ministerio de Fomento).

Según se recoge en la figura anterior, para la zona objeto de estudio el coeficiente de variación Cv es de 0,39 y la precipitación máxima anual será de unos 50 mm.

A partir del coeficiente de variación Cv, en la tabla adjunta publicada por el Ministerio de Fomento se obtiene el factor de amplificación de la precipitación máxima Kt, para un periodo de retorno dado.

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)								
Cv	2	5	10	25	50	100	200	500
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067

Tabla 8: Factor de amplificación (Fuente: Ministerio de Fomento y CEDEX)

La precipitación esperable, estimada mediante el producto de la precipitación máxima (50 mm) por el factor de amplificación obtenido para el periodo de retorno de 100 años considerado (2,357), es la siguiente:

$$P_d (T=100) = P * K_t = 50 * 2,357 = \mathbf{117.85 \text{ mm}}$$

Este valor será el que se utilizará en los cálculos posteriores.

7. DETERMINACIÓN DE VALORES PARA EL CÁLCULO HIDROLÓGICO

Dado que la determinación del tiempo de concentración depende de la longitud del cauce y de su pendiente, se han tanteado diferentes líneas de drenaje o recorridos del agua, optando por el recorrido de mayor longitud.

Una vez caracterizadas las cuencas existentes, se selecciona el método óptimo para el cálculo de caudales.

CUENCA	AREA KM ²	METODOLOGÍA A APLICAR
1	3,56	Método racional
Subcuenca 1	0,35	Método racional
Subcuenca 2	0,50	Método racional
Subcuenca 3	0,43	Método racional
Subcuenca 4	0,17	Método racional
Subcuenca 5	0,18	Método racional
Subcuenca 6	0,22	Método racional
Subcuenca 7	1,15	Método racional
Subcuenca 8	0,55	Método racional

Tabla 9. Métodos a aplicar

Considerando las características de las cuencas de aporte identificadas en la zona, y con el objetivo de calcular el caudal máximo a desaguar, a continuación se determinan los siguientes parámetros de diseño para aquellas cuencas o subcuencas en las que se prevé la disposición de nuevos canales:

- Tiempo de concentración de la cuenca
- Intensidad de precipitación para el tiempo de concentración
- Coeficiente de escorrentía del terreno
- **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración t_c es el tiempo transcurrido desde que cae el agua en la zona más alejada de la cuenca hasta que llega a los canales de desagüe. Este valor de t_c es característico de cada cuenca y se puede calcular aplicando la siguiente fórmula empírica que se recoge en la citada Instrucción 5.2-1C, de 15 de febrero de 2016, publicada por el Ministerio de Fomento.

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

t_c (h) es el tiempo de concentración

L (Km) es la longitud media del cauce

J (adimensional) es la pendiente media de la cuenca, que se puede calcular de la siguiente manera: (cota máx. – cota mín.) / longitud (m).

- Intensidad de precipitación para el tiempo de concentración

En la génesis de una crecida interviene, además de la cantidad total de lluvia, su distribución en intervalos menores de tiempo, para una duración de aguacero y período de retorno concretos. Para el cálculo del caudal, se necesita conocer el valor de la intensidad de precipitación o intensidad media de la precipitación máxima de duración igual al tiempo de concentración t . En la Instrucción 5.2 “Drenaje superficial”, publicada por el Ministerio de Fomento se propone la siguiente fórmula para el cálculo de la intensidad:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

I_d (mm/h) es la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado, y es igual a $P_d/24$ en cuencas de superficie inferior a 10 Km². P_d (mm) es la precipitación total diaria correspondiente a cada período de retorno.

F_{int} (adimensional) es un factor de intensidad.

- Intensidad media diaria de precipitación corregida

En la hipótesis de cálculo, para la que se ha considerado un periodo de retorno de 100 años al que corresponde una precipitación total diaria de 117,85 mm, la intensidad media diaria “ I_d ” será:

$$I_d (T=100) = P_{diaria} / 24 \text{ h} = 117,85 / 24 = \mathbf{4,91 \text{ mm/h}}$$

A su vez, y siguiendo los criterios de la I.C. 5.2. "Drenaje superficial" del Ministerio de Fomento, a la intensidad media diaria de precipitación se le debe aplicar un factor de

corrección KA por área de cuenca, que tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Dicho factor corrector, se determina de la siguiente manera:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2$$

$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

En la situación analizada, sólo una de las subcuencas, al margen de la cuenca general tienen un área mayor a 1 Km², siendo el resto de las subcuencas inferiores a 1 km² y en las que por tanto, no hay que tener en cuenta el factor de corrección KA para calcular las intensidades diarias, que son las que se muestran en la siguiente tabla:

INTENSIDAD DIARIA CORREGIDA PARA LA CUENCAS CON ÁREA > 1 Km ²			
Cuenca	Área (km ²)	Factor Ka	Id (T=100)
1	3,56	0,963	4.73
Subcuenca 1	0.35	1	4.91
Subcuenca 2	0.50	1	4.91
Subcuenca 3	0.43	1	4.91
Subcuenca 4	0.17	1	4.91
Subcuenca 5	0.18	1	4.91
Subcuenca 6	0.22	1	4.91
Subcuenca 7	1.15	0,99	4.90
Subcuenca 8	0.55	1	4.91

Tabla 10: Intensidad diaria corregida en las subcuencas existentes para un periodo de retorno de 100 años

Por otra parte, debe considerarse también el factor de intensidad F_{INT}, que introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero y del periodo de retorno. Dicho F_{INT}, que puede determinarse de varias formas, se ha estimado en este caso según la expresión matemática siguiente:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

(Nota: Puesto que esta fórmula corresponde con el método "a" para la determinación de F_{INT}, se substituye el subíndice del factor "INT" por "a" en la expresión matemática empleada).

Donde:

$t(h)$ es la duración del intervalo al que se refiere I_1 , que se tomará igual al tiempo de concentración t_c , determinado con anterioridad.

Por otra parte, para la obtención del factor Fa, se particulariza la expresión matemática anterior para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t=t_c$).

Los valores obtenidos para los parámetros y factores anteriores para las cuencas en identificadas, son los que se indican a continuación:

Cuenca 1.							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	3,56	0,963	45,60	43,913	1,83	13,78	1,83
5	3,56	0,963	59,85	57,636	2,40	18,08	1,83
10	3,56	0,963	74,20	71,455	2,98	22,42	1,83
25	3,56	0,963	90,40	87,055	3,63	27,31	1,83
50	3,56	0,963	104,15	100,296	4,18	31,47	1,83
100	3,56	0,963	117,85	113,490	4,73	35,61	1,83
200	3,56	0,963	133,15	128,223	5,34	40,23	1,83
500	3,56	0,963	153,35	147,676	6,15	46,33	1,83

Subcuenca 1							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,35	1	45,6	45,600	1,90	24,03	0,79
5	0,35	1	62,15	62,150	2,59	32,76	0,79
10	0,35	1	74,2	74,200	3,09	39,11	0,79
25	0,35	1	90,4	90,400	3,77	47,65	0,79
50	0,35	1	104,15	104,150	4,34	54,90	0,79
100	0,35	1	117,85	117,850	4,91	62,12	0,79
200	0,35	1	133,15	133,150	5,55	70,18	0,79
500	0,35	1	153,35	153,350	6,39	80,83	0,79

Subcuenca 2							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,50	1	45,6	45,600	1,90	28,08	0,61
5	0,50	1	62,15	62,150	2,59	38,27	0,61
10	0,50	1	74,2	74,200	3,09	45,69	0,61
25	0,50	1	90,4	90,400	3,77	55,67	0,61
50	0,50	1	104,15	104,150	4,34	64,14	0,61
100	0,50	1	117,85	117,850	4,91	72,58	0,61
200	0,50	1	133,15	133,150	5,55	82,00	0,61
500	0,50	1	153,35	153,350	6,39	94,44	0,61

Subcuenca 3							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,43	1	45,6	45,600	1,90	32,07	0,48
5	0,43	1	62,15	62,150	2,59	43,71	0,48
10	0,43	1	74,2	74,200	3,09	52,19	0,48
25	0,43	1	90,4	90,400	3,77	63,58	0,48
50	0,43	1	104,15	104,150	4,34	73,25	0,48
100	0,43	1	117,85	117,850	4,91	82,89	0,48
200	0,43	1	133,15	133,150	5,55	93,65	0,48
500	0,43	1	153,35	153,350	6,39	107,86	0,48

Subcuenca 4							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,17	1	45,6	45,600	1,90	38,71	0,34
5	0,17	1	62,15	62,150	2,59	52,75	0,34
10	0,17	1	74,2	74,200	3,09	62,98	0,34
25	0,17	1	90,4	90,400	3,77	76,73	0,34
50	0,17	1	104,15	104,150	4,34	88,40	0,34
100	0,17	1	117,85	117,850	4,91	100,03	0,34
200	0,17	1	133,15	133,150	5,55	113,01	0,34
500	0,17	1	153,35	153,350	6,39	130,16	0,34

Subcuenca 5							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,18	1	45,6	45,600	1,90	36,88	0,37
5	0,18	1	62,15	62,150	2,59	50,26	0,37
10	0,18	1	74,2	74,200	3,09	60,01	0,37
25	0,18	1	90,4	90,400	3,77	73,11	0,37
50	0,18	1	104,15	104,150	4,34	84,23	0,37
100	0,18	1	117,85	117,850	4,91	95,31	0,37
200	0,18	1	133,15	133,150	5,55	107,69	0,37
500	0,18	1	153,35	153,350	6,39	124,02	0,37

Subcuenca 6							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,22	1	45,6	45,600	1,90	37,53	0,36
5	0,22	1	62,15	62,150	2,59	51,14	0,36
10	0,22	1	74,2	74,200	3,09	61,06	0,36
25	0,22	1	90,4	90,400	3,77	74,39	0,36
50	0,22	1	104,15	104,150	4,34	85,71	0,36
100	0,22	1	117,85	117,850	4,91	96,98	0,36
200	0,22	1	133,15	133,150	5,55	109,57	0,36
500	0,22	1	153,35	153,350	6,39	126,19	0,36

Subcuenca 7							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	1,15	0,996	45,6	45,415	1,89	13,59	1,97
5	1,15	0,996	62,15	61,899	2,58	19,39	1,97
10	1,15	0,996	74,2	73,900	3,08	23,16	1,97
25	1,15	0,996	90,4	90,034	3,75	28,21	1,97
50	1,15	0,996	104,15	103,729	4,32	32,50	1,97
100	1,15	0,996	117,85	117,373	4,89	36,78	1,97
200	1,15	0,996	133,15	132,611	5,53	41,55	1,97
500	1,15	0,996	153,35	152,729	6,36	47,86	1,97

Subcuenca 8							
PERIODO RETORNO	Area km ²	K _a	P _d	P _d *K _a	I _d	I(T,t _c)	t _c
2	0,55	1,000	45,6	45,600	1,90	26,56	0,67
5	0,55	1,000	62,15	62,150	2,59	36,20	0,67
10	0,55	1,000	74,2	74,200	3,09	43,22	0,67
25	0,55	1,000	90,4	90,400	3,77	52,65	0,67
50	0,55	1,000	104,15	104,150	4,34	60,66	0,67
100	0,55	1,000	117,85	117,850	4,91	68,64	0,67
200	0,55	1,000	133,15	133,150	5,55	77,55	0,67
500	0,55	1,000	153,35	153,350	6,39	89,32	0,67

Tabla 11. Datos de intensidad y tiempo de concentración para diferentes periodos de retorno de la cuenca 1 y de las subcuencas definidas.

- Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I, que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Este coeficiente, puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 & C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2} \\
 &\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 & C = 0
 \end{aligned}$$

Donde P_d es la precipitación máxima diaria que para la hipótesis de cálculo considerada con un periodo de retorno de 100 años adquiere el valor de 117,85 mm.

K_A, es un factor de corrección por área de cuenca, que se calcula siguiendo la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & K_A &= 1 \\
 &\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & K_A &= 1 - \frac{\log_{10} A}{15}
 \end{aligned}$$

Como se menciona en apartados anteriores, la única superficie de aporte con un área superior a 1 Km² es la cuenca global, denominada cuenca 1, con 3,56 km². En este caso se adopta un valor para el factor de corrección K_A de 0,963. El resto de las subcuencas definidas tienen áreas menores de 1 Km² y por tanto, K_A toma el valor de 1. (La subcuenca 7 tiene una superficie 1,15km² y por lo tanto su K_A es prácticamente 1)

P_0 representa el umbral de escorrentía, que indica la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que comience a generarse la escorrentía. Este umbral, puede determinarse a partir de la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Donde:

P_{oi} (mm) es el valor inicial del umbral de escorrentía.

β (adimensional) es un coeficiente reductor del umbral de escorrentía.

Conforme indica la Instrucción 5.2. de "Drenaje superficial" del Ministerio de Fomento, el valor inicial del umbral de escorrentía puede determinarse a partir de una serie de tablas que asignan diferentes valores, de acuerdo al grupo hidrológico del suelo y al uso del mismo. A su vez, para determinar el grupo hidrológico de suelo al que pertenece la zona estudiada, pueden seguirse los criterios recogidos en la tabla publicada en la citada Instrucción 5.2. "Drenaje superficial", y que se recoge a continuación.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 12: Grupo hidrológico de suelos a efectos del umbral de escorrentía (Fuente: Instrucción 5.2-1C "Drenaje superficial")

De acuerdo a la información proporcionada por IDE Aragón (Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón), en relación a la cobertura de los suelos de la zona, se determinan el resto de las características de los terrenos para asignarles un umbral de escorrentía. En la

figura siguiente, se muestra la clasificación actual de estos suelos, en base a su cobertura vegetal.

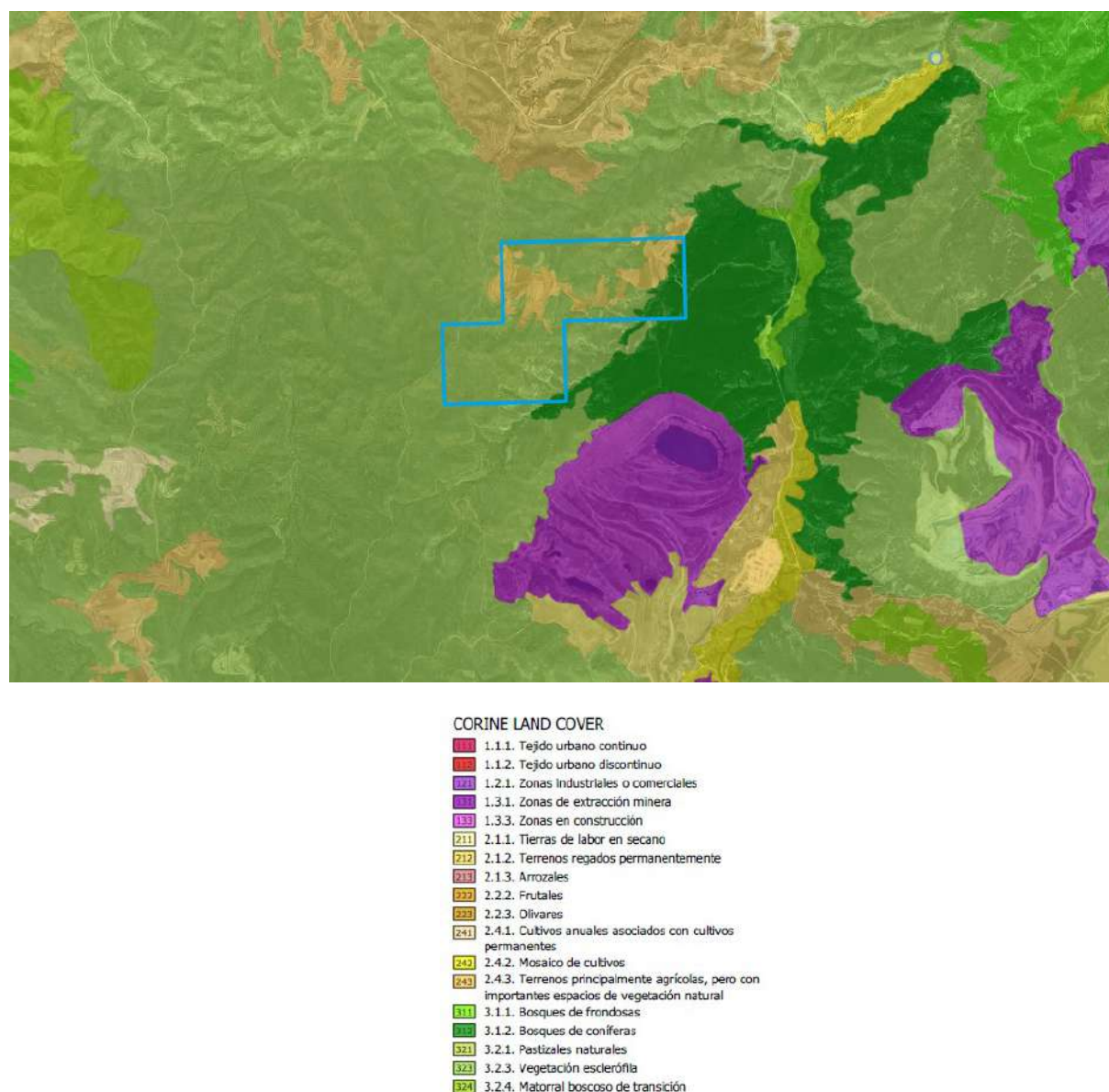


Figura 9. Cobertura vegetal de los suelos de la zona. (Fuente: IDE Aragón. Corine Land Cover 2018)

En la determinación del uso del suelo, se han considerado los datos obtenidos del IDE Aragón para las parcelas afectadas en cuanto al tipo de vegetación presente. Así mismo, se han diferenciado las proporciones de los distintos usos de suelo existentes en las subcuencas identificadas en las zonas, al objeto de atribuir a cada una el valor umbral correspondiente.

A continuación, se señalan los valores iniciales del umbral de escorrentía para los tipos de suelo existentes en los terrenos analizados y los que les corresponderán a los terrenos restaurados.

USO DEL SUELO		PENDIENTE (%)	PRÁCTICA DE CULTIVO	Umbral según el GRUPO DE SUELO			
Denominación	Uso			A	B	C	D
Terreno natural	Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos	>3	-	60	24	14	10
Terreno natural	Bosques de coníferas de hojas aciculares	>3	-	90	47	31	23
Huero Minero	Zona de extracción minera	>3	-	16	9	6	5
Terrenos restaurados	Material boscoso de transición	>3	-	75	24	32	16
Terrenos restaurados	Pastizales, prados y praderas con arbolado adhesado	<3	-	80	35	17	10

Tabla 13: Valores iniciales de los umbrales de escorrentía (Fuente: Instrucción 5.2 “Drenaje superficial”)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo		1	1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo		24	14	8	6	6
11200	Urbanizaciones		24	14	8	6	6
11210	Estructura urbana abierta		24	14	8	6	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas		24	14	8	6	6
12100	Zonas industriales y comerciales		6	4	3	3	3
12100	Granjas agrícolas		24	14	8	6	6
12110	Zonas industriales		12	7	5	4	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios		6	4	3	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		1	1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados		1	1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios		12	7	5	4	4
12300	Zonas portuarias		1	1	1	1	1
12400	Aeropuertos		24	14	8	6	6
13100	Zonas de extracción minera		16	9	6	5	5
13200	Escombreras y vertederos		20	11	8	6	6
13300	Zonas de construcción		24	14	8	6	6
14100	Zonas verdes urbanas		53	23	14	10	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas		79	32	18	13	13
14210	Campos de golf		79	32	18	13	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas		53	23	14	10	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)		≥ 3	62	28	15	10
21100	Tierras de labor en secano (viveros)		< 3	75	34	19	14
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	> 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación (*)	R	≥ 3	37	20	12	9
21220	Otras zonas de irrigación (*)	N	≥ 3	42	23	14	11
21220	Otras zonas de irrigación (*)	R/N	< 3	47	25	16	13
21300	Arrozales		47	25	16	13	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherido		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherido		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claras de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Eliminado por la Resolución de 26-03-2018						
51220	Embalses			0	0	0	0
51220	Eliminado por la Resolución de 26-03-2018						
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0
<p>Notas:</p> <p>La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000</p> <p>N: Denota cultivo según las curvas de nivel.</p> <p>R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.</p> <p>(*) En caso de que el terreno asociado al código 21220 «Otras zonas de irrigación» contenga un porcentaje significativo de su superficie cubierta de plástico, vidrio u otros materiales, debido a la presencia de invernaderos, el valor del umbral de escorrentia se debe obtener como media ponderada en función de la superficie, asignando un valor $P_0^{(1)}$ = 0 mm al área cubierta de plásticos u otros materiales y el valor indicado en la tabla 2.3. al resto de la superficie</p>							

Tabla 14. Umbrales de escorrentia para diferentes usos de suelo

Según lo indicado, las áreas que conforman el área donde se localizará el hueco de explotación, están constituidos por suelos arenosos en los que es frecuente localizar los materiales de derrubio propios del desmantelamiento de los conglomerados situados a techo en las laderas y cerros próximos. Estos suelos se pueden asemejar a gravas siendo muy heterogéneos en tamaño, aunque su matriz es eminentemente areno-arcillosa, por lo

cual se han venido considerando como pertenecientes al grupo A, correspondientes a suelos arenosos de rápida infiltración y con excelente drenaje, si bien en algunas zonas se podrían presentar características propias del grupo B con una infiltración más moderada y buen drenaje.

Estos terrenos, están recubiertos en su totalidad de monte bajo de vegetación esclerófila de acuerdo a los datos ofrecidos por el proyecto CLC (Corine Land Cover) a través del IDE Aragón, por lo que a efectos del umbral de escorrentía, la pendiente del terreno no es relevante. Las características hidrológicas de este tipo de terrenos, hacen que las cuencas de aporte delimitadas en ellos deban considerarse inexistentes a efectos de cálculo de caudales de avenida, ya que su umbral de escorrentía corregido es superior a la precipitación máxima registrada. No obstante, debido a la existencia de algunas zonas puntuales con características más arcillosas en este tipo de terrenos, y al objeto de efectuar un cálculo conservador, se opta por asignarle un valor inicial de 60 mm al umbral de escorrentía del terreno natural.

El hueco de explotación abierto, de textura areno-arcillosa, lo consideraremos dentro del grupo D, por darle el caso más desfavorable, asignándole un valor del umbral de escorrentía de 5 mm, para el conjunto de los terrenos en explotación.

Las superficies restauradas, especialmente las zonas de plataforma, presentan un tipo de suelo con composición de suelos arenosos arcillosos, con infiltración rápida o moderada y un buen drenaje por lo que pueden ser consideradas dentro de los grupos A y B según zonas, de forma que en este caso se opta por asignar el menor valor de umbral de escorrentía medio de 25 mm, para el conjunto de los terrenos, independientemente de que cuenten con pendientes menores o mayores al 3%, al objeto de efectuar una estimación conservadora.

Siguiendo las directrices de la I.C. 5.2. de "Drenaje superficial", la metodología de cálculo empleada requiere de una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en la estimación mediante un coeficiente corrector del valor inicial del umbral de escorrentía.

El coeficiente corrector del umbral de escorrentia para los casos analizados, puede obtenerse mediante el producto del valor medio del mismo para la región analizada, por un factor dependiente del periodo de retorno considerado.

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Este factor se ha establecido para las diferentes regiones en las que puede dividirse el territorio peninsular, conforme se muestra en la figura adjunta a continuación:

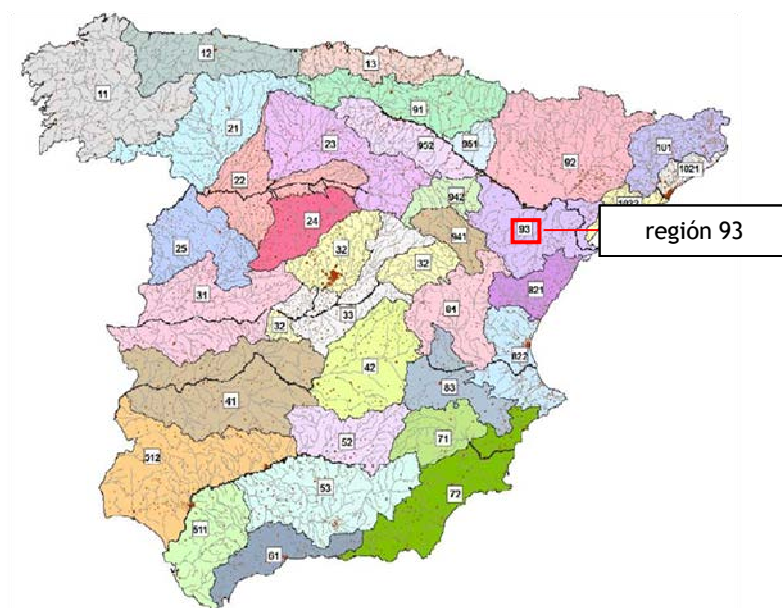


Figura 10. Mapa de caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentia

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos $F_{100}=1,00$

Tabla 15. Umbrales de escorrentía para cada región y periodo de retorno determinado

Según señala la figura 10, la zona objeto de estudio se encuentra en la región nº 93 a la que le corresponde, según la tabla 14 un valor medio del coeficiente corrector del umbral de escorrentía de 1,70 y un factor corrector de 1,00 para el periodo de retorno de 100 años. Por tanto, el coeficiente corrector a utilizar en los cálculos es el siguiente:

$$\beta(T=100) = 1,70 * 1,00 = 1,700$$

Los umbrales de escorrentía corregidos para los distintos tipos de terreno existentes en las cuencas de aporte, estimados de acuerdo a la expresión $P_0 = P_{oi} * \beta$ señalada anteriormente, serán por tanto los siguientes:

TIPO DE TERRENO	P_o^i	T=100	
		β	P_o (mm)
Terreno natural	60	1,70	102,00
Hueco minero	6		10.2
Terrenos restaurados	29		49,3

Tabla 16. Resumen de valores corregidos de los umbrales de escorrentía

Los coeficientes de escorrentía correspondientes a los umbrales anteriores serán, según la ecuación presentada al comienzo de este apartado, los siguientes:

TIPO TERRENO	C
	T=100
Terreno natural	0,020
Hueco minero	0,708
Terrenos restaurados	0,188

Tabla 17. Resumen de valores de los coeficientes de escorrentía

Se recuerda que en aquellas cuencas en las que se encuentren distintos tipos de suelos se considera para el cálculo la proporción de cada uno de ellos para obtener el coeficiente de escorrentía promedio. Igualmente, también se tiene en cuenta el factor corrector K_a en aquellas cuencas con superficie superior a 1 Km². De esta manera, se obtienen los umbrales de escorrentía y los coeficientes correspondientes para los tres tipos de terreno.

TERRENO NATURAL

Cuenca 1

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	43,913	78,54	-0,441	23,559	133,61	- 0,078
5 años	59,850	93,84	-0,362	23,638	135,44	- 0,063
25 años	87,055	102	-0,147	23,853	140,51	- 0,025
100 años	113,490	102	0,113	24,113	146,72	0,019
500años	147,676	102	0,448	24,448	154,95	0,071

Subcuenca 1 a Subcuenca 6 y Subcuenca 8.

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	45,600	78,54	-0,419	23,581	134,11	- 0,074
5 años	62,150	93,84	-0,338	23,662	136,01	- 0,059
25 años	90,400	102	-0,114	23,886	141,28	- 0,019
100 años	117,850	102	0,155	24,155	147,75	0,025
500años	153,350	102	0,503	24,503	156,34	0,079

Subcuenca 7.

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	45,536	78,54	-0,420	23,580	134,09	- 0,074
5 años	62,062	93,84	-0,339	23,661	135,99	- 0,059
25 años	90,272	102	-0,115	23,885	141,25	- 0,019
100 años	117,684	102	0,154	24,154	147,71	0,025
500años	153,133	102	0,501	24,501	156,28	0,079

HUECO MINERO.**Cuenca 1.**

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	43,913	7,854	4,591	28,591	275,27	0,477
5 años	59,850	9,384	5,378	29,378	301,99	0,523
25 años	87,055	10,2	7,535	31,535	381,61	0,623
100 años	113,490	10,2	10,126	34,126	489,58	0,706
500años	147,676	10,2	13,478	37,478	649,13	0,778

Subcuenca 1 a Subcuenca 8.

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	45,600	7,854	4,806	28,806	282,44	0,490
5 años	62,150	9,384	5,623	29,623	310,57	0,536
25 años	90,400	10,2	7,863	31,863	394,53	0,635
100 años	117,850	10,2	10,554	34,554	508,68	0,717
500años	153,350	10,2	14,034	38,034	677,79	0,788

TERRENO RESTAURADO.**Cuenca 1.**

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)_{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)_{+11}^2$	Cv
2 años	43,913	37,961	0,157	24,157	147,79	0,026
5 años	59,850	45,356	0,320	24,320	151,77	0,051
25 años	87,055	49,3	0,766	24,766	162,97	0,116
100 años	113,490	49,3	1,302	25,302	176,94	0,186
500años	147,676	49,3	1,995	25,995	195,87	0,265

Subcuenca 1 a Subcuenca 6 y Subcuenca 8.

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)^{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)^{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)^{+11})^2$	Cv
2 años	45,600	37,961	0,201	24,201	148,87	0,033
5 años	62,150	45,356	0,370	24,370	153,02	0,059
25 años	90,400	49,3	0,834	24,834	164,70	0,126
100 años	117,850	49,3	1,390	25,390	179,30	0,197
500años	153,350	49,3	2,111	26,111	199,11	0,277

Subcuenca 7.

P. retorno	$P_d * K_a$	P_o	$(P_d * K_a / P_o)^{-1}$	$(P_d * K_a / P_o)^{+23}$	$(P_d * K_a / P_o)^{+11})^2$	Cv
2 años	45,536	37,961	0,200	24,200	148,83	0,032
5 años	62,062	45,356	0,368	24,368	152,98	0,059
25 años	90,272	49,3	0,831	24,831	164,64	0,125
100 años	117,684	49,3	1,387	25,387	179,21	0,196
500años	153,133	49,3	2,106	26,106	198,98	0,276

Tabla 18. Valores de umbral corregido y coeficiente de escorrentía para las subcuencas de aporte identificadas y por cada tipo de terreno analizado

8. CAUDAL MÁXIMO A DESAGUAR

Se ha realizado un cálculo del caudal de avenida tanto para la cuenca global como para cada una de las subcuencas consideradas y para diferentes periodos de retorno.

Los datos de precipitación diaria se han obtenido de los mapas de la publicación “máximas lluvias diarias de la España Peninsular”, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, de las que se obtuvo el valor de 50 mm/día como valor medio de la precipitación diaria anual y de 0,39 para el coeficiente de variación.

El índice de torrencialidad I_1/I_d se ha obtenido de la figura 2.4 de la instrucción 5.2-I.C “Drenaje Superficial”, que para nuestra zona de estudio presenta el valor de 11.

Los datos de precipitación total diaria, Intensidad media de precipitación diaria e Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado se presentan en la tabla 10 de este documento.

En base a todos estos datos se calculó el caudal máximo de avenida en el punto de desagüe para cada una de las cuencas y subcuencas consideradas y para los periodos de retorno de 2, 5, 25, 100 y 500 años, y que se muestran en este apartado.

El caudal máximo a desaguar en una cuenca de aporte, puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde:

Q_T (m^3/s), Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T

I (mm/h) Intensidad de precipitación recogida para el tiempo de retorno y el periodo de concentración estimado

C (adimensional), Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca considerada

A (km^2), Área de cuenca considerada

K_t , (adimensional), Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de precipitación.

Este coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación y se determina a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

A continuación se presenta una tabla resumen de todos los parámetros calculados para cada cuenca y subcuencas, considerando distintos periodos de retorno e indicando el caudal final a desaguar, en m³/s, para cada uno de ellas.

Cuenca 1.

P. Retorno	Area Km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	3,56	13,780	-0,078	1,132	-1,20
5 años	3,56	18,781	-0,063	1,132	-1,33
25 años	3,56	27,318	-0,025	1,132	-0,76
100 años	3,56	35,613	0,019	1,132	0,74
500 años	3,56	46,340	0,071	1,132	3,67

Subcuenca 1.

P. Retorno	Area Km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /h
2 años	0,35	24,03	-0,074	1,051	-0,18
5 años	0,35	32,76	-0,059	1,051	-0,20
25 años	0,35	47,64	-0,019	1,051	-0,09
100 años	0,35	62,11	0,025	1,051	0,16
500 años	0,35	80,82	0,079	1,051	0,65

Subcuenca 2.

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,50	28,08	-0,074	1,037	-0,30
5 años	0,50	38,27	-0,059	1,037	-0,33
25 años	0,50	55,66	-0,019	1,037	-0,16
100 años	0,50	72,56	0,025	1,037	0,27
500 años	0,50	94,42	0,079	1,037	1,08

Subcuenca 3.

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,428	32,07	-0,074	1,028	-0,29
5 años	0,428	43,71	-0,059	1,028	-0,31
25 años	0,428	63,58	-0,019	1,028	-0,15
100 años	0,428	82,89	0,025	1,028	0,26
500 años	0,428	107,86	0,079	1,028	1,04

Subcuenca 4.

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,17	38,71	-0,074	1,0184	-0,14
5 años	0,17	52,76	-0,059	1,0184	-0,15
25 años	0,17	76,74	-0,019	1,0184	-0,07
100 años	0,17	100,05	0,025	1,0184	0,13
500 años	0,17	130,18	0,079	1,0184	0,51

Subcuenca 5.

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,18	36,88	-0,074	1,020	-0,14
5 años	0,18	50,26	-0,059	1,020	-0,15
25 años	0,18	73,10	-0,019	1,020	-0,07
100 años	0,18	95,30	0,025	1,020	0,13
500 años	0,18	124,01	0,079	1,020	0,51

Subcuenca 6.

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,22	37,53	-0,074	1,020	-0,18
5 años	0,22	51,15	-0,059	1,020	-0,19
25 años	0,22	74,40	-0,019	1,020	-0,09
100 años	0,22	96,99	0,025	1,020	0,16
500 años	0,22	126,21	0,079	1,020	0,63

Subcuenca 7

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	1,15	13,63	-0,074	1,143	-0,37
5 años	1,15	18,57	-0,059	1,143	-0,40
25 años	1,15	27,01	-0,019	1,143	-0,19
100 años	1,15	35,22	0,025	1,143	0,32
500 años	1,15	45,83	0,079	1,143	1,32

Subcuenca 8

P. Retorno	Area km ²	I(T,t _c) mm/h	Cv	Kt	Q _t m ³ /sg
2 años	0,55	26,56	-0,074	1,041	-0,31
5 años	0,55	36,20	-0,059	1,041	-0,34
25 años	0,55	52,65	-0,019	1,041	-0,16
100 años	0,55	68,64	0,025	1,041	0,28
500 años	0,55	89,32	0,079	1,041	1,12

Tabla 19. Caudal final a desaguar para cada subcuenca en el periodo de retorno definido.

9. DIMENSIONAMIENTO DE CANALES O ELEMENTOS DE DRENAJE

- Estimación de la sección mínima

En las tablas anteriores, se muestra el conjunto de datos y caudales máximos estimados para las diferentes hipótesis de cálculo, en virtud de las recomendaciones de las directrices publicadas para ello.

A partir de estos caudales máximos, obtenidos para las cuencas identificadas en la situación analizada, se dimensionan los canales de evacuación del agua de escorrentía, conforme se describe a continuación.

En primer lugar, los canales a disponer se diseñan de forma que su geometría se adecúe a una velocidad mínima de 0,25 m/s y para una velocidad máxima admisible que dependerá del tipo de revestimiento, de acuerdo a los datos que se indican en la tabla siguiente:

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Hierba bien cuidada en cualquier clase de terreno	1,80
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0,30-0,60
Arena arcillosa dura	0,60-0,90
Arcilla dura muy coloidal	1,20
Arcilla con mezcla de grava	1,20
Grava gruesa	1,20
Pizarra blanda	1,50
Mampostería	4,50
Hormigón	4,50

Tabla 20. Velocidad admisible recomendada para los canales de desagüe (Fuente: IGME)

Además, la sección transversal del canal debe adecuarse al caudal a desaguar y a la velocidad máxima de circulación de agua. La sección mínima que se proyecta emplear para dimensionar los canales, se ha calculado a partir de la siguiente expresión.

$$S_{\min} = \frac{Q}{V_{\max}}$$

Donde:

S_{min} es la sección mínima teórica, en m^2 .

Q , caudal máximo previsible en la sección de desagüe (m^3/s).

V_{max} , velocidad máxima admisible (m/s).

Los canales a disponer, se ejecutarán fundamentalmente excavándolos en terreno natural o sobre terreno restaurado y por tanto, para efectuar un cálculo inicial, se les podría asignar un revestimiento de "hierba", contando con una velocidad máxima admisible de entorno a 1,40 m/s, ya que se opta por un punto de vista conservador, adoptando características intermedias entre el revestimiento de "hierba bien cuidada para cualquier tipo de terreno" (con una velocidad admisible de 1,80 m/s) y el de "terreno parcialmente cubierto de vegetación" (con una velocidad máxima admisible entre 0,60 y 1,20 m/s).

En el cuadro siguiente se muestran las secciones mínimas de canal estimadas para los caudales máximos que se podrían generar en cada cuenca. Estos resultados, consideran distintas velocidades admisibles del agua (en función de los revestimientos que existan o se adopten en cada momento), al objeto de proporcionar una muestra amplia de opciones, dotadas del debido margen de seguridad.

T (años)	CUENCAS DE APORTE				
	V_{max} m/sg	Cuenca 1 sec min m^2	Subcuenca 1 sec min m^2	Subcuenca2 sec min m^2	Subcuenca 3 sec min m^2
T = 100 años	1,2	0,55	0,13	0,23	0,22
	1,4	0,47	0,11	0,19	0,19
	1,8	0,37	0,09	0,15	0,14
	V_{max} m/sg	Subcuenca 4 sec min m^2	Subcuenca 5 sec min m^2	Subcuenca 6 sec min m^2	Subcuenca 7 sec min m^2
	1,2	0,11	0,11	0,13	0,26
	1,4	0,09	0,09	0,11	0,22
	1,8	0,07	0,07	0,09	0,17
	V_{max} m/sg	Subcuenca 8 sec min m^2			
	1,2	0,23			
	1,4	0,20			
	1,8	0,16			

Tabla 21. Secciones mínimas de canales estimadas en función del caudal máximo a desaguar y la velocidad admisible recomendada

Como se refleja en la tabla, las secciones mínimas necesarias para una velocidad intermedia de 1,40 m/s varían, en función de la cuenca, entre 0,09 y 0,47 m².

Los criterios generales adoptados en el modelo de los canales son los recogidos por el “Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería” publicado por el ITGE, y que se sintetizan a continuación:

- Las anchuras de los canales para el diseño máximo deben ser al menos de 1,2 m.
- Los taludes no serán inferiores de 2H:1V.
- Los canales excavados se revegetarán o se deben revestir con material adecuado.
- Periódicamente se deben revisar y, si fuera preciso, se retirarán los sedimentos depositados.

Según estas recomendaciones, se dimensionan los canales considerando una sección transversal trapezoidal, en función de la sección mínima teórica estimada. Algunos modelos tipo que cumplen estos requisitos y que se consideran adecuados, son los recogidos a continuación:

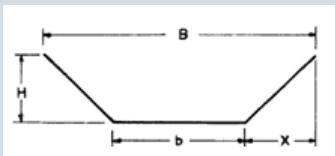
<div> <div>MODELO</div>  </div>	Modelo A	Modelo B	Modelo C
Anchura, B (m)	1,20	1,20	2,00
Base, b (m)	0,80	1,00	1,70
Altura, H (m)	0,50	0,90	1,00
x (m)	0,20	0,10	0,15
Sección del modelo (m ²)	0,50	1,00	1,85
Perímetro mojado (m)	1,8	2,81	3,72
Radio hidráulico (m)	0,27	0,35	0,50

Tabla 22. Modelos propuestos para los canales de drenaje

La tabla anterior incluye modelos adecuados a canales sobre terrenos naturales o restaurados y considerando un periodo de retorno de 100 años y por tanto, dotados con capacidad más que suficiente para desaguar las aguas de escorrentía. Cabe destacar que los canales a ejecutar sobre zonas en explotación, podrán adoptar modelos de menor sección en función de los caudales que corresponderían a periodos de retorno menores y por tanto, más acordes para terrenos que vayan a ser modificados.

Como se ha indicado anteriormente, los modelos propuestos en este documento se encuentran en su mayoría sobredimensionados para cumplir con las recomendaciones dadas y son fruto de los cálculos efectuados desde una óptica conservadora, por lo que representan algunos de las opciones que se podrían adoptar, si bien debe recordarse que cabrían muchos otros, siempre que cumplan con los criterios exigidos.

En cualquier caso, sobre los modelos propuestos o a utilizar, debe verificarse la adecuación de la velocidad del agua, lo cual puede hacerse a través de la fórmula de Manning, que viene dada por la siguiente expresión.

$$V = (1/n) * (R^{2/3} * i^{1/2})$$

Donde:

V, es la velocidad del agua, en m/s.

i, es la pendiente longitudinal del canal (m/m).

n, es el número de Manning.

R, es el radio hidráulico, en m, obtenido como el cociente entre la superficie y el perímetro mojado.

Area: $b * H + S * H^2$.

Radio hidráulico: $b * H + S * H^2 / (b + 2H \sqrt{1 + S^2})$.

Perímetro mojado: $b + 2H \sqrt{1 + S^2}$.

El número de Manning depende del tipo de revestimiento, adoptando diferentes valores como se muestra en la siguiente tabla:

TIPO DE REVESTIMIENTO	Nº DE MANNING, n
Tierra ordinaria con superficie uniforme	0,02
Hierba (altura de la lámina de agua superior a 15 cm)	0,04
Hierba (altura de la lámina de agua inferior a 15 cm)	0,06
Hierba espesa	0,10
Encachado de piedra, rugoso	0,04
Encachado de piedra, liso	0,02
Hormigón rugoso	0,024
Hormigón liso	0,012

Tabla 23. Número de Manning en función del tipo de revestimiento. (Fuente: ITGE)

La velocidad del agua obtenida para los modelos tipo planteados en la tabla nº 21, se indica en la tabla siguiente.

MODELO	A	B	C
Sección del canal (m ²)	0,50	1,00	1,85
i(m/m)	0,05	0,05	0,05
Número de Manning, n	0,10	0,10	0,10
Radio hidráulico (m)	0,27	0,35	0,50
v (m/s)	0,93	1,11	1,41

Tabla 24. Velocidad estimada del agua en los canales en el caso más desfavorable

Esta velocidad se analiza para el caso más desfavorable, considerando el radio hidráulico del canal ocupado por las aguas a sección completa, si bien este caso teóricamente no llegaría a darse, al estar los canales sobredimensionados.

A efectos de cálculo, se estima que el revestimiento de los canales en las áreas restauradas y en terrenos naturales puede ser de hierba espesa, asignándole un valor de $n = 0,10$, si bien estos parámetros podrían tener que ajustarse como proceda, en función de las soluciones finales que se adopten.

Como indican los resultados obtenidos sobre la velocidad de circulación de la tabla anterior, la mayor parte de los modelos planteados para los canales, reflejan velocidades

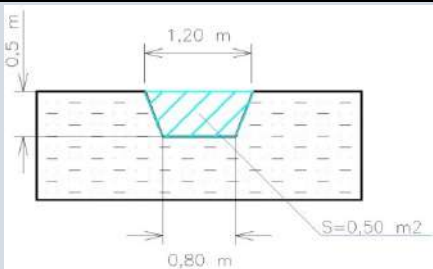
comprendidas entre 0,93 y 1,41 m/s, mientras que las velocidades máximas admisibles establecidos para terrenos parcialmente cubiertos de vegetación o recubiertos de hierba bien cuidada en cualquier clase de terreno serían de 1,80 m/s.

Estas velocidades del flujo de agua, se calculan para los casos más desfavorables (periodo de retorno altos, cuencas de aporte más desfavorables, secciones de canal más grandes, radio hidráulico para canales llenos a sección completa), por lo que se espera que la velocidad del agua en condiciones normales sea aún menor que la reflejada en la tabla anterior.

En caso de que se observe que pueden producirse arrastres de material en los canales, se deberá eliminar la posible acumulación de material para evitar obstrucciones que puedan reducir la sección de los mismos y limitar su capacidad de desagüe. Si esto no fuera posible, entonces podría ser necesario adecuar las dimensiones de las secciones planteadas en las zonas en que se detecte este problema, tanto durante la explotación como una vez restaurada la zona, para garantizar un correcto desagüe en caso de lluvias intensas.

- Resumen de los modelos

En el esquema adjunto, se recogen algunos de los modelos tipo de canales que se pueden proponer para satisfacer los requerimientos estimados, según las hipótesis de cálculo descritas anteriormente.

MODELO	DIMENSIONES	S (m ²)
A		0,50

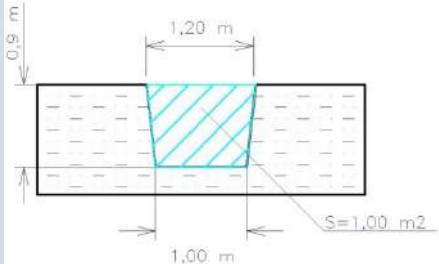
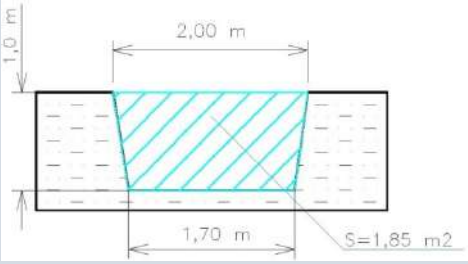
B		1,00
C		1,85

Tabla 25. Esquema de modelos de canal tipo calculados

a. CONCLUSIONES SOBRE EL DRENAJE

Cuenca 1:

En la cuenca 1, en la zona de afección de la Fase III de explotación, se tendrá que realizar el desvío del Barranco de las Pedrizas. Para ello y sobre la zona en restauración, conforme vaya avanzando la explotación de la Fase III desde el lado norte hacia el sur y hacia el este, se habilitará un canal de unos 800 metros lineales, que partirá de la cota 824 en la zona sur para desaguar en la 800 en la zona noreste. El canal de drenaje tendrá 1,70 metros en la base, 1 metro de altura y 2 metros en la zona superior. Estará excavado sobre el terreno natural (en este caso sobre el nivel de relleno de la restauración), y se sembrará hierba sobre el cauce del mismo. Tendrá una pendiente inferior al 3%, aunque en la zona de conexión entre el cauce actual y la zona restaurada, debido a la mayor pendiente, se hará mediante una bajante encanchada con rocas de mayor tamaño y en diferentes escalones para romper la velocidad y fuerza del agua.

Tras la finalización de la explotación y de los trabajos de restauración, el Barranco de Las Pedrizas se volverá a instalar en su trazado original, presentando perfiles a lo largo de su recorrido como los que se muestran a continuación.

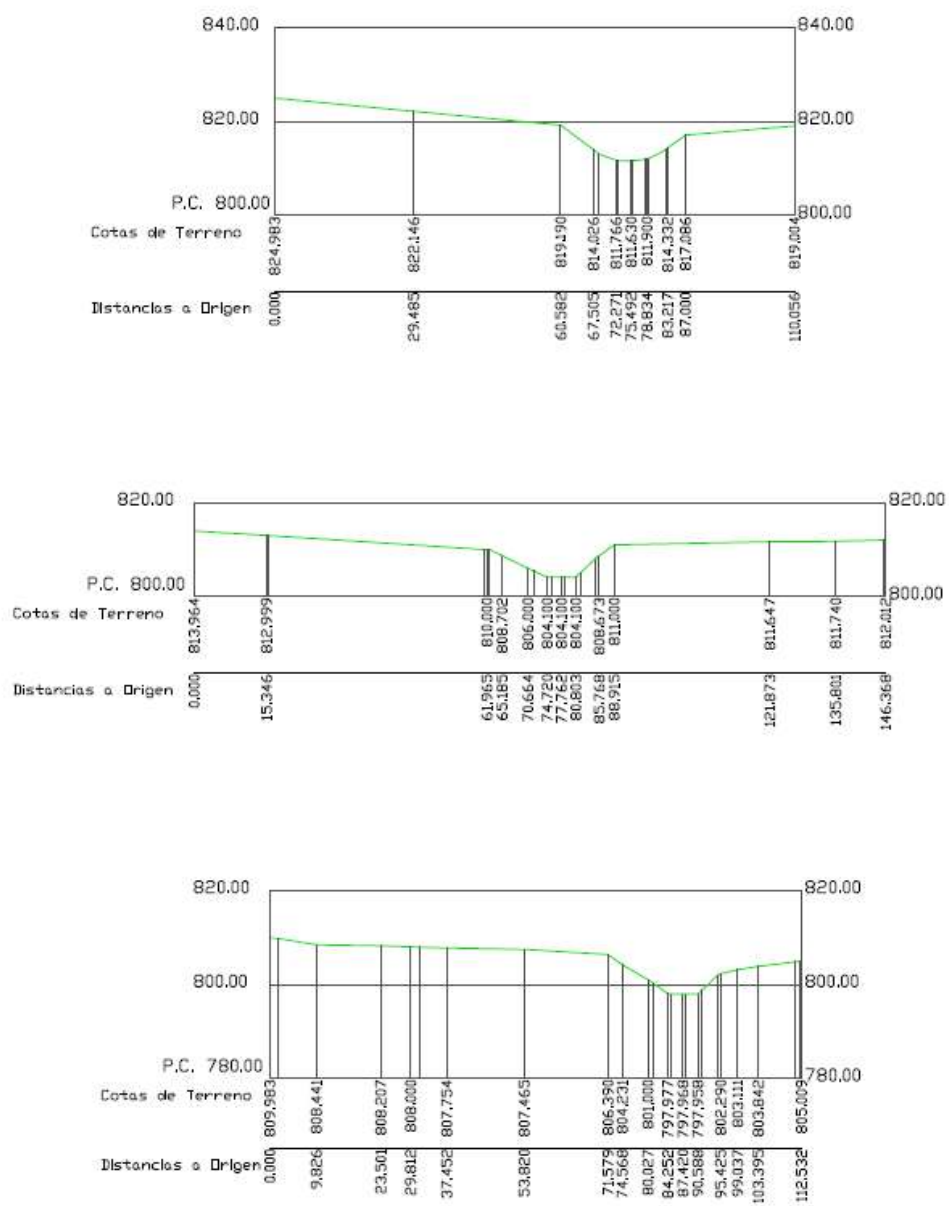


Figura 11. Perfiles del canal de drenaje del Barranco de las Pedrizas en el tramo inicial (situado en el lado sur), medio y final (situado en el lado noreste, enlazando con el tramo original del Barranco de Las Pedrizas).

Subcuenca 1:

En la subcuenca 1, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte.

Subcuenca 2:

En la subcuenca 2, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte. El Barranco de las Pedrizas en el tramo de esta subcuenca, recibirá las aguas de drenaje provenientes del acopio de estériles que se dispondrá en la zona de la subcuenca 7, previo paso por las balsas de decantación y las zonas de inundación reservadas en caso de rebose de las balsas.

Subcuenca 3:

En la subcuenca 3, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte.

Subcuenca 4:

En la subcuenca 4, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte.

Subcuenca 5:

En la subcuenca 5, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte.

Subcuenca 6:

En la subcuenca 6, las aguas de escorrentía discurrirán siguiendo las rutas naturales de drenaje sin afección por parte del proyecto. Por este motivo, no se prevé disponer canales de drenaje en esta cuenca de aporte.

Subcuenca 7:

Es en esta zona donde se van a desarrollar una parte de las labores de explotación minera previstas. Todo el agua que caiga dentro del hueco de explotación no tendrá salida a la red de drenaje natural, sino que tenderá a infiltrarse a través de los niveles de arenas existentes. Por otro lado, no hay cuenca drenante por encima de la cabeza del talud de desmonte en la Fase III en esta zona, por lo que no tiene sentido realizar ningún canal perimetral de recogida de aguas de escorrentía por la parte superior de la cabeza del talud para que no se metan dentro del hueco minero.

Por último, en esta zona se hará la desviación temporal del Barranco de las Pedrizas, mediante un canal de drenaje como se ha indicado en este apartado al hablar de la Cuenca 1.

Subcuenca 8.

En esta zona es donde se van a desarrollar gran parte de las labores de explotación minera previstas a lo largo de las tres fases de explotación. Todo el agua que caiga dentro del hueco de explotación no tendrá salida a la red de drenaje natural, sino que tenderá a infiltrarse a través de los niveles de arenas existentes. Al existir cuenca drenante por encima de la cabeza del talud de desmonte en la Fase I en esta zona, se realizará un canal perimetral de recogida de aguas de escorrentía por la parte superior de la cabeza del talud para que no se metan dentro del hueco minero.

Por último, en esta zona y compartiendo espacio con la zona de la subcuenca 7, se hará la desviación temporal del Barranco de las Pedrizas, mediante un canal de drenaje como se ha indicado en este apartado al hablar de la Cuenca 1.

10. DIMENSIONAMIENTO DE LAS BALSAS DE RECEPCIÓN DE AGUAS Y DRENAJE

En este capítulo se dimensionan las balsas de recepción de aguas pluviales de escorrentía que se proyecta disponer en las superficies analizadas para la gestión de las aguas acumuladas, en la zona del acopio de estériles, ya que en el resto de la zona de explotación, las aguas de lluvia no tendrán salida al exterior y se recogerán dentro del hueco minero, habiéndose dispuesto unas balsas de captación de agua en cada una de las fases de explotación previstas.

Los puntos de recogida de aguas en la zona del acopio de estériles, pueden adoptar la forma de balsas de decantación y/o de superficies de inundación.

En este sentido, cabe destacar que estos puntos de recogida de agua, se consideran beneficiosos para el entorno, ya que permiten disponer de un pequeño acúmulo permanente o semipermanente de agua en las zonas restauradas, que podrían reportar, entre otras, las siguientes ventajas:

- Regulación hídrica y control de inundaciones, evitando arrastres en caso de fuertes avenidas.
- Abastecimiento de agua para el riego de las superficies revegetadas.
- Aprovisionamiento de agua para el desarrollo de la flora y fauna de la zona.

Si se recibiera un exceso de agua en la balsa, el aporte extra no supondría ningún peligro, ya que rebosará hacia la superficie de inundación dispuesta en los terrenos circundantes, desde donde se evaporará con mayor facilidad.

Al objeto de simplificar el diseño de los puntos de recogida de aguas de los terrenos analizados, en este capítulo se estiman las dimensiones mínimas necesarias que deberían tener para que por sí solos, permitan la autorregulación de las cuencas de aporte. No obstante, podrán adoptarse geometrías y dimensiones diferentes de las propuestas para la conformación definitiva de los puntos de recogida de agua, siempre que se mantenga su capacidad para que, a lo largo del año hidrológico, se evapore la totalidad de los aportes recibidos, evitando riesgos de inundación.

Para la conformación de las balsas permanentes, será suficiente con realizar una pequeña excavación en el terreno, de modo que permitan retener el agua proveniente de los alrededores. Al aumentar la altura del agua acumulada (respecto a las de las superficies de inundación), se dificulta su evaporación, favoreciendo la existencia de agua durante todo el año. Estas balsas, al igual que las superficies de inundación, estarán impermeabilizadas con una barrera de arcilla compactada proveniente del estéril de la mina, con un espesor de al menos 0,5 m.

CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS BALSAS DE DRENAJE PARA UN PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.

En base a los cálculos anteriores, se procede a continuación al cálculo de las balsas de decantación donde se recogerán las aguas de escorrentía pluvial, como paso previo a su vertido a la red de drenaje natural, calculadas y dimensionadas para un periodo de retorno de 100 años. Se hace el cálculo para el conjunto de toda la explotación, tanto acopios como hueco de explotación

Para ello se han realizado los siguientes cálculos:

En primer lugar se calcula la velocidad de sedimentación de las partículas sólidas que irán junto al máximo caudal de efluente de entrada a la balsa.

$$V_s = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} g D^2$$

Donde:

γ_s : densidad de la partícula, 2,65 gr/cm³

γ_w : densidad del agua a 4°.

g: aceleración de la gravedad, 981 cm/s²

D: diámetro de la partícula. 0,0065 cm

V: temperatura cinemática del agua dulce a la temperatura considerada. 0,01141 cm²/s

Con estos datos se obtiene un valor $V_s = 0,003329$ m/s

A partir de este dato se calcula el área de la balsa necesaria para eliminar todas las partículas sólidas de diámetro $\geq 0,0065$ cm.

$$A = Q/V_s$$

Donde

Q: caudal de referencia.

V_s : velocidad de sedimentación

Como todas las partículas no son esféricas y el agua no está en reposo, se aplica a la superficie necesaria un factor de corrección 1,2.

Con estos datos se obtiene $A=100 \text{ m}^2$

Por otro lado, se calcula el volumen máximo de aportación del aguacero, que tendrá por valor:

$$V_a = 3,6 * Q * t_c * 10^{-3} \text{ en Hm}^3$$

Donde:

Q : caudal de referencia.

T_c : tiempo de concentración.

Con estos datos se obtiene $V_a = 673 \text{ m}^3$

Por último, y con todos estos datos calculamos la profundidad teórica de la balsa.

$$P = V_a / A$$

Donde:

V_a : volumen máximo de aportación del aguacero.

A : área de la balsa.

Con estos datos se obtiene $P = 6,73 \text{ m}$.

Como la profundidad calculada no es muy práctica, se adaptará la profundidad y superficie de la balsa para contener el mismo volumen de agua, pero con dimensiones más prácticas de realizar.

Sería por lo tanto más práctico ejecutar una balsa de un área de 300 m^2 con una profundidad de 2,25 metros, o mayor con menor profundidad.

Hay que resaltar que este sería el valor máximo que deberíamos de tener en cuenta si quisiéramos crear unas balsas de decantación al final de la subcuenca 8, con el caudal de máxima avenida antes realizado para un periodo de retorno de 100 años. Sin embargo, nuestras balsas de decantación se sitúan en la zona central de la subcuenca, por lo que podrían adoptar un tamaño inferior. En nuestro caso, se han diseñado diferentes balsas a la salida de los acopios, (con una superficie de 400 m^2 en el caso del acopio 3), volumen más que suficiente para recoger todas las aguas de escorrentía que pudiera existir en esta zona de la cuenca y evitar arrastres hacia la zona de la red natural de drenaje. Además, debajo de la balsa del acopio 3 se ha dispuesto una zona de

inundación con una superficie de 500 m², que complementarían a la balsa en situaciones excepcionales.

11.CONCLUSIONES.

A partir de todos los datos calculados y analizados en el presente estudio podemos señalar:

- Se trata de Subcuencas de formas alargadas y de pequeñas dimensiones.
- Los cauces presentan dos zonas claramente diferenciadas. En cabecera, donde atraviesan niveles terciarios de conglomerados son de escasa entidad con lechos muy poco marcados, mientras que cuando llegan a las arenas, que son materiales más blandos, empiezan a estar incididos en el terreno, con cauces muy marcados.
- No existe ningún curso de agua permanente, sino que la circulación de agua por estos cauces es esporádica y temporal en función de las precipitaciones.
- Las aguas de escorrentía en la zona del acopio 3 de estériles, se canalizarán a través de un canal de drenaje perimetral hasta una balsa de decantación, donde en caso de rebose verterían sobre una zona de inundación realizada en antiguos campos de cultivo y donde las aguas se infiltrarían o evaporarían.
- El Barranco de las Pedrizas tendría que desviarse durante la Fase III de explotación, para lo cual se crea un cauce artificial en la zona en restauración de la Fase II, con una sección sobredimensionada para el desagüe de un caudal máximo de avenida para un periodo de retorno de 100 años, y con el fondo del cauce sembrado de hierba para evitar erosión de los materiales de relleno utilizado en la restauración.
- Los resultados de los caudales punta obtenidos en este estudio junto a las canales de drenaje que se plantea crear no suponen riesgo grave ni para las personas ni para los bienes existentes aguas abajo, sin que además se produzcan afecciones significativas en la capacidad de desagüe de los cauces existentes.

JOSÉ MIGUEL ARANDA ALENTORN
Ing. Técnico de Minas Colegiado nº 323
Geólogo Colegiado nº 1086

EMILIO NIETO SORIANO.
Licenciado en Geografía.
Consultor Medioambiental