



PROYECTO DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE
TERRENOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD
EXTRACTIVA MEDIANTE EL APOORTE DE RESIDUOS
INERTES ADECUADOS, T. M. CHULILLA , VALENCIA

ANEJO N°3

CÁLCULO REDES DE DRENAJE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE AVENIDA.....	5
2.1. MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO DE TÉMEZ.....	5
2.2. LEY DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES.....	6
2.3.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN T_c	7
2.3.2. UMBRAL DE ESCORRENTÍA.....	7
2.3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	8
2.3.4. INTENSIDAD DE LLUVIA.....	8
2.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO.....	10
3. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS.....	12
4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE.....	14
4.1. DRENAJE AGUAS LIMPIAS.....	14
4.2. DRENAJE LIXIVIADOS.....	14
BIBLIOGRAFÍA.....	15



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa de isolíneas 1l/l.d .Fuente: Proyecto de ampliación del vertedero de RCD's de la localidad de Tomelloso (Ciudad Real).....9



1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto la determinación de las características de la red de drenaje, tanto de aguas limpias como de los lixiviados generados por el relleno con residuos inertes adecuados.

Para ello, se analiza el caudal máximo de avenida previsible para la cuenca de drenaje exterior que afecta a la zona de la restauración para un periodo de retorno de 10 años, con el fin de diseñar y definir las infraestructuras necesarias para el correcto drenaje del área ocupada.

La red perimetral de drenaje tiene como objetivo canalizar las aguas de escorrentía exteriores al vaso de vertido de los residuos inertes, evitando así la producción de lixiviados.

En cuanto a la red de drenaje de lixiviados, tiene como objetivo evacuar los posibles lixiviados que puedan generarse como consecuencia de la infiltración del agua de lluvia.

El cálculo de los caudales máximos se realizará mediante el método hidrometeorológico según la Instrucción de Carreteras 5.2.-IC “*Drenaje superficial*” (1990).



2. CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE AVENIDA

2.1. MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO DE TÉMEZ

Para el cálculo del máximo caudal de avenida se pueden usar modelos calibrados o modelos no calibrados. En el primer caso, los que los caudales se calculan mediante un análisis estadístico de los registros pluviométricos de la zona para el periodo de retorno. En el segundo caso, los caudales punta se calculan sobre la base de fórmulas empíricas en las que las variables principales que intervienen son el área de drenaje, el uso del suelo, la intensidad de la lluvia y la pendiente, junto con otros coeficientes empíricos que no tienen la importancia de las variables antes mencionadas.

El método de estimación de los caudales asociados a distintos periodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante, por una parte, y de las características pluviométricas de la zona por otra.

En este caso, para el cálculo de los caudales en condiciones de máxima avenida se ha empleado el método hidrometeorológico de Témez, tal como recomienda la Instrucción 5.2-IC, “*Drenaje superficial*”. Este método resulta apropiado para cuencas pequeñas, definidas en la Instrucción como “*aquellas den las que el tiempo de concentración es inferior a 6 horas*”. Consiste en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, corregida por la estimación de la fracción de lluvia convertida en escorrentía, es decir, corregida mediante el coeficiente de escorrentía. Por tanto, se admite que sólo las aportaciones superficiales intervienen en la generación de caudales máximos. En cuencas mayores el método pierde precisión.

El máximo caudal para el periodo de retorno considerado se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I \cdot k}{3,6}$$

Q: Caudal máximo en m³/s

C: Coeficiente medio de escorrentía de la superficie drenada

I: Intensidad media de precipitación para un intervalo de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, correspondiente al periodo de retorno considerado, en mm/h

A: Área de la cuenca de drenaje en Km²



K: Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A y que, además, incluye un aumento del 20% de Q , con el fin de tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación.

2.2. LEY DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES

El periodo de retorno adoptado para el cálculo de las obras de drenaje determina el nivel de riesgo que se asume, por lo que la elección de éste es la clave dentro diseño.

Para este proyecto se ha decidido coger un periodo de retorno de 10 años, de acuerdo con la *Instrucción 5. I-IC Drenaje MOPT*.

2.3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA CUENCA

Una Cuenca Hidrográfica se define como un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, drena sus aguas al canal más cercano a través de un único efluente. La forma convencional de definir la cuenca hidrográfica y su red de drenaje natural se basa en la identificación de las divisorias de aguas y los fondos de valle.

2.3.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN T_c

El tiempo de concentración T_c se define como el tiempo máximo que una precipitación caída en la cuenca invierte en salir de ella. Dicho tiempo coincide con la duración del aguacero que produce la escorrentía máxima. En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido de flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración se estima en función de la longitud y pendiente mediante la siguiente expresión:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

T_c : Tiempo de concentración (horas)



L: Longitud del cauce principal (Km)

J: Pendiente media del cauce principal (m/m)

2.3.2. UMBRAL DE ESCORRENTÍA

De las variables que intervienen en la ecuación para el cálculo del caudal punta, la más difícil de determinar con precisión es el coeficiente de escorrentía. Se trata del cociente entre la escorrentía y la lluvia total caída durante un intervalo de tiempo. Para el cálculo de dicho coeficiente, la Instrucción 5.2-IC “*Drenaje superficial*” parte del umbral de escorrentía (P_0), definido como la intensidad de precipitación a partir de la cual se produce escorrentía.

La escorrentía producida depende de factores como la evapotranspiración (importante a largo plazo) y la infiltración, que a su vez dependen de la humedad inicial del suelo; la intensidad y duración de la precipitación; de la pendiente y naturaleza del terreno; y de las dimensiones de la cuenca vertiente. Así pues, son muchos los parámetros que influyen el valor final del Coeficiente de escorrentía (C) a través del umbral de escorrentía.

A igualdad de condiciones, los terrenos arenosos y de mayor espesor tienen un valor de P_0 mayor que los arcillosos y con roca superficial. La vegetación tiende a aumentar P_0 , así como todos los factores que faciliten la retención superficial de agua: pendientes poco inclinadas, cultivos en surcos o bancales, etc.

Por otro lado, en una misma cuenca variará P_0 dependiendo de la humedad de suelo retenida al iniciarse el aguacero, lo que a su vez depende de las lluvias precedentes. Asimismo, tras una época de sequía, P_0 será mayor que tras un intervalo de fuertes precipitaciones.

2.3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía se define como el cociente entre el agua de escorrentía y la precipitación total sobre un terreno, como bien se ha explicado antes.

El método racional que se ha utilizado para obtener el coeficiente de escorrentía se basa en la formulación del Soil Conservation Service estadounidense, adoptado



también por la Dirección de Carreteras:

$$C=0$$

$$\text{si } \sum P_d \leq P_0$$

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23 \cdot P_0)}{(P_d + 11 \cdot P_0)^2}$$

$$\text{si } \sum P_d > P_0$$

P_d : Precipitación diaria correspondiente a un determinado periodo de retorno

P_0 : Umbral de escorrentía

Para valores crecientes de precipitación, a medida que el suelo va agotando su capacidad de retención, la escorrentía representará porcentajes mayores de dicha precipitación, hasta alcanzar valores próximos al 100% para aguaceros de suficiente duración ($C=1$, lluvia caída =escorrentía, infiltración nula).

El coeficiente de escorrentía varía a lo largo de cada aguacero, dependiendo, fundamentalmente, de las características de humedad del suelo en cada instante. Se considera el valor medio que alcanza éste en el intervalo de tiempo que se considera. En este caso corresponde al tiempo de concentración T_c , lo que proporciona la máxima avenida.

2.3.4. INTENSIDAD DE LLUVIA

Otra variable a tener en cuenta es la Intensidad media de lluvia I_t (I en la fórmula racional), correspondiente al intervalo de duración deseado que, por ser la que produce la máxima avenida, es igual al tiempo de concentración T_c .

Para su determinación se usa la instrucción 5.2-IC de “*Drenaje superficial de carreteras*” (MOPU 1990), basada en la construcción de familias de curvas intensidad-duración, lo que permite considerar explícitamente la situación geográfica de la cuenca objeto de estudio.

La familia de curvas intensidad-duración requiere una elaboración estadística de series de datos pluviométricos. Éstas pueden reducirse en una única ley adimensional, en el caso de que se expresen las intensidades en porcentaje respecto a la intensidad media asociada a una duración de referencia. Dicha duración conviene que sea la diaria ($I_d = P_d / 24$) puesto que, generalmente, es un dato fácil de obtener.

La ley adopta entonces la forma:

$$\frac{I}{I_d} = f(D)$$

Esta ecuación es característica de cada estación y función de la distribución temporal de sus aguaceros tipo, variando de unas regiones a otras en función de las diferencias en su régimen pluviométrico. Se propone la caracterización de esta ecuación mediante el parámetro I_1/I_d , es decir, mediante el cociente entre la intensidad de lluvia horaria y la diaria, regionalizada a escala nacional. Así pues, se genera un mapa de España con las isolíneas correspondientes.



Figura 1. Mapa de isolíneas I_1/I_d . Fuente: *Proyecto de ampliación del vertedero de RCD's de la localidad de Tomelloso (Ciudad Real)*

La expresión analítica propuesta responde a la siguiente fórmula:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0.1} - I_t^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)}$$

I_t : Intensidad media de lluvia correspondiente al intervalo de duración t deseado, en mm/h.



I_d : Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al retorno considerado, en mm/h. Es igual a $P_d/24$

P_d : Precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno, en mm/h. Se hará uso indistinto de P_d y P_{24}

I_t/I_d : Cociente entre la intensidad horaria y la diaria.

t : duración del intervalo al que se refiere I_t , en horas.

2.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Las características de la cuenca receptora son las siguientes:

- Superficie: 12,2 Km².
- Perímetro: 1.200 m
- Pendiente media: 15%

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

En base a la Instrucción anteriormente nombrada, se adopta un valor medio de C igual a 0,50.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)

Sustituyendo los datos en la fórmula obtenemos que T_c es igual a, aproximadamente, 3 minutos.

INTENSIDAD DE LLUVIA

Sustituyendo los datos en la fórmula se obtiene que la intensidad de lluvia es 48,7 mm/h.



PROYECTO DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE
TERRENOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD
EXTRACTIVA MEDIANTE EL APOORTE DE RESIDUOS
INERTES ADECUADOS, T. M. CHULILLA , VALENCIA

MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO DE TÉMEZ

Si se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula de Témez se observa que el Caudal máximo de desagüe es de 3,4 l/s.



3. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS

El líquido que percola a través de los residuos genera el lavado de éstos, dando lugar a una sustancia residual conocida como lixiviado. Dicho líquido puede tener su origen en los propios residuos o, como en este caso, en el agua procedente de la escorrentía. Es por ello por lo que la generación de esta sustancia residual depende de la meteorología y de la hidrología de la zona de estudio.

Teniendo en cuenta el balance hídrico, del cual depende la producción de lixiviados, la fórmula del cálculo de éstos queda:

$$L = PE + (Is + Iss + Ie) - ETP - Af - (AMr + Ars)$$

L : Cantidad de lixiviados producidos.

PE: Pluviometría útil a efectos de percolación: P- E

P: Pluviometría caída en la zona de vertido.

E: Escorrentía superficial.

Is: Infiltración de aguas subterráneas procedentes de flujos locales.

Iss: Infiltración de aguas subterráneas procedentes de flujos regionales.

Ie: Infiltración de aguas procedentes de escorrentías de zonas limítrofes al vertedero.

E: Evaporación.

T: Transpiración.

ETP: Evapotranspiración potencial : E + T

Af: Agua de fermentación.

AMr : Absorción de la capa de materiales de cobertura.

Ars: Absorción de la masa de residuos vertidos.

A efectos del cálculo, no se considerarán las aguas de escorrentía superficial (E), ya



PROYECTO DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE
TERRENOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD
EXTRACTIVA MEDIANTE EL APOORTE DE RESIDUOS
INERTES ADECUADOS, T. M. CHULILLA , VALENCIA

que éstas quedarán retenidas por la red de drenaje de aguas limpias. Tampoco se producirán infiltraciones de aguas subterráneas procedentes de flujos locales (Is) y flujos regionales (Iss), pues la zona de relleno está impermeabilizada.

Teniendo en cuenta los parámetros de la formulación, se puede considerar que en el emplazamiento no se producirán lixiviados. Sin embargo, en el caso de saturación de las diferentes capas de residuos se producirían. Por ello, se hace necesaria una red de drenaje adecuada que finalice en un pozo, desde el que se bombearán y se llevarán a vertedero.



4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE

4.1. DRENAJE AGUAS LIMPIAS

El sistema de evacuación de aguas pluviales se realizará mediante una zanja de drenaje longitudinal, para la captación de las aguas superficiales mediante la colocación de un tubo drenante corrugado abovedado de PVC de 200 mm de diámetro, relleno de la zanja con gravilla silícea drenante 2/5 mm hasta la solución constructiva superior del drenaje, y recubierto el conjunto por todos sus lados con geotextil no tejido de 90 g/m² a base de filamentos de polipropileno, unidos mecánicamente por un proceso de agujeteado con posterior tratamiento térmico, resistencia a tracción 6,5/6,5 kN/m, elongación a rotura 55/60 %, resistencia a perforación dinámica por cono 33 mm y porometría O90 0,21 mm.

El sistema de drenaje de aguas limpias desemboca en arquetas visitables de 0,8x0,8x1,0 m, situadas en la zona sur del emplazamiento (la zona de menor cota). Se utilizarán rollos de PEAD extendidos y termosoldados a modo de lonas y en formación de ataguías, para el desvío de aguas limpias en la superficie impermeabilizada, que serán invadidas a medida que se vayan efectuando los rellenos.

4.2. DRENAJE LIXIVIADOS

Se lleva a cabo mediante tuberías ranuradas de PVC Ø200mm, tanto en la principal como en las auxiliares. Esta red ramificada se dota con un pozo de inspección mediante anillos prefabricados ranurados que, a su vez, servirán de chimeneas de desgasificación, y mediante una bomba de residuales, se elevará a la cámara de descarga que conecta con el depósito de lixiviados.



PROYECTO DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL DE
TERRENOS AFECTADOS POR ACTIVIDAD
EXTRACTIVA MEDIANTE EL APOORTE DE RESIDUOS
INERTES ADECUADOS, T. M. CHULILLA , VALENCIA

BIBLIOGRAFÍA

Barras Quilez, F.. (2013). *Proyecto de Construcción de la celda N°1 de vertido del vertedero de residuos no peligrosos del complejo ambiental de Zonzamas (Lanzarote)*

Bonillo, C.M. Estudio de Seguridad y Salud, *Proyecto de Ampliación del Vertedero de RCD's de la localidad de Tomelloso (Ciudad Real)*

Oria Doménech, L.(2007). *Proyecto General de Explotación de Plan Especial Minero, t.m. Domeño. C.M. La Paz.*