

Plan Parcial

S E C T O R

ZUERA-SUR

AYUNTAMIENTO DE ZUERA

Estudio de inundabilidad del barranco de val de la horca

Félix Royo Millán
José Antonio Alonso García
- Ingenieros de Caminos -

**PROYECTO TÉCNICO DE ESTUDIO DE
INUNDABILIDAD DEL BARRANCO DE VAL DE LA HORCA
(AYUNTAMIENTO DE ZUERA)**

INDICE

- 1.- OBJETO DEL ESTUDIO
- 2.- INFORMACIÓN BÁSICA
 - 2.1.- Ámbito geográfico
 - 2.2.- Factores geomorfológicos y litológicos
 - 2.3.- Factores hidrológicos
- 3.- CÁLCULO HIDRÁULICO DE INUNDABILIDAD
 - 3.1.- Caudales máximos de avenida
 - 3.2.- Procedimiento de cálculo
 - 3.3.- Afección de las avenidas en el ámbito de estudio
- 4.- CONCLUSIONES
- 5.- ANEXO DE CÁLCULO

1.- OBJETO DEL ESTUDIO

El Estudio, tiene como objeto el análisis de la afección en el ámbito del Plan Parcial, de los caudales de avenida que se originan en el barranco de Val de la Horca.

El estudio comprende los siguientes apartados:

- Definición de los caudales máximos de avenida para distintos períodos de retorno.
- Determinación del comportamiento hidráulico de estas avenidas.

2.- INFORMACIÓN BÁSICA

2.1.- Ámbito geográfico

El término municipal de ZUERA, pertenece a la provincia de Zaragoza, y el núcleo urbano dista de la capital 25 Km., se localiza en la ribera baja del río Gállego, y es atravesado por dicho río de norte a sur. Su localización geográfica se enmarca al Norte por la provincia de Huesca, al Oeste con los montes de Zuera, al Este con la sierra de Alcubierre, y al Sur con Zaragoza y Villanueva de Gállego.

Los terrenos del plan parcial se sitúan en la margen derecha del río Gállego, al Sur del casco urbano, separados de éste por la antigua carretera nacional, y completan sus límites, el río Gallego en el lado Este, y el barranco de Val de la Horca en el Sur.

2.2.- Factores geomorfológicos y litológicos

En general, la geomorfología de la región donde se inscribe el municipio de Zuera está influenciada por los procesos de erosión laminar, la acción fluvial y los procesos de disolución en rocas blandas.

Zuera está enmarcada por dos plataformas constituidas por los Montes de Castejón, en su sector occidental, y la Sierra de Alcubierre en su sector oriental, ambas presentan laderas que culminan en el nivel de base del río Gállego, mediante vertientes con glacis de diferentes tipos, valles de fondo plano (vales, coluviones), que se precipitan al valle configurado por el aporte aluvial del río Gállego con varios niveles de terraza.

El barranco de Val de la Horca está situado en el sector occidental y su morfología se corresponde con las características de la plataforma enmarcada por los Montes de Castejón y el río Gallego, y que se describen a continuación:

- En la margen derecha del valle aluvial las formas estructurales y de ladera indican, por un lado, un relieve alomado hasta alcanzar las plataformas estructurales, con barrancos de fondo plano y complejos interfluvios con relieves regularizados en los lugares con mayores pendientes, conjunto que se repite en el sector central del piedemonte.
- La forma en que estos relieves de ladera se comunican con el valle aluvial es mediante escarpes o contactos que, separan las terrazas 1 y 2 de las litologías yesíferas aflorantes o a través de superficies de regulación general, sin olvidar la salida de los barrancos de fondo plano que, en algunos casos, se pierde en las terrazas marginales y, en otros, genera amplios conos de deyección, entre los que destaca el formado por la Val de la Horca.
- En esta margen derecha, se puede diferenciar el fondo de valle, de inundación más frecuente, y dos niveles de terraza: el primero muy ligado a las crecidas periódicas y en parte constituyendo la llanura de inundación y terraza 1, y la terraza 2 o segundo nivel, separada de la anterior por un escarpe, donde se localiza el ámbito del plan parcial.

Respecto de las características litológicas, el término municipal de Zuera se localiza en un sector de la Depresión del Ebro, dominado por sedimentos rniocénicos que se produjeron en largas fases de sedimentación en depósitos continentales en cuenca endorréica o lago salino, y que dieron paso a evaporitas (yesos) en el centro de la cubeta y a materiales carbonatados, y arcillosos en las márgenes. El final de esta fase se caracteriza por depósitos predominantemente calcáreos que actualmente se constituyen en las plataformas estructurales culminantes, representados en este sector por los Montes de Castejón y la Sierra de Alcubierre.

Se diferencian dos grandes grupos de formaciones geológicas según la época de su origen: Mioceno y Cuaternario (Holoceno y Pleistoceno).

Los materiales miocénos más antiguos se localizan dominando las laderas y los relieves culminantes, con dos unidades litológicas básicas: la que ocupa los terrenos de mayor altitud, constituida por los yesos y margas con calizas a techo y capas de areniscas en los límites de menor cota, en un conjunto con estratificación sensiblemente horizontal, y la que aflora en la ladera que comunica con el fondo de valle del río Gállego, en su margen derecha, formada por yesos blancos alabastrinos y grises con intercalaciones de techos delgados limo-yesíferos que suponen la base donde se ha asentado el recubrimiento cuaternario que acompaña al río Gállego y el de la mayor parte de las laderas vertientes en el ámbito considerado.

El segundo gran grupo lo constituyen los materiales del recubrimiento cuaternario. Estas litologías cuaternarias se pueden dividir en dos subgrupos: el correspondiente a los depósitos de ladera y el ancho dominio aluvial del río Gállego en su llanura de inundación y terrazas que lo enmarcan.

Entre los depósitos de ladera se encuentran los extensos glaciais, bien representados y constituidos por gravas angulosas, limos, arenas y arcillas. También

destacan los rellenos en los fondos de las vales que comunican las plataformas dominantes del relieve con el nivel de base en el río Gállego y formados por limos, arenas, arcillas y gravas que, al desembocar en las terrazas o en la llanura aluvial, dan lugar a conos de deyección con las mismas litologías y con su morfología en abanico. Por último, resaltan ciertos enclaves en los que las pendientes acusadas originan acumulaciones en las vertientes de las vales con formación de coluviones de litología similar a los rellenos de estos barrancos laterales.

Respecto al subgrupo cuaternario aluvial del río Gállego, lo conforman tres unidades litológicas que ordenadas según su edad de más recientes a más antiguas, son:

- Barras y depósitos de canal del río Gállego: Constituyen el eje central del cauce y sus riberas en las avenidas periódicas y lo componen gravas y bolos de naturaleza poligénica, redondeadas y heterométricas, apareciendo también lechos arenosos de naturaleza cuarcítica, arcillas y limos.
- Llanura de inundación: Terrenos inundados en avenidas extraordinarias. Se componen de limos, arenas y arcillas con menor aporte de materiales de gruesos pero presentando todavía gravas sueltas calcáreas y calcareníticas, angulosas y de pequeño tamaño. No manifiesta ninguna estructura visible ni estratificación aparente.
- Terrazas: Ocupan las márgenes del aluvial del río Gállego hasta el contacto con las laderas vertientes y lo constituyen básicamente conglomerados de bloques, cantos y gravas de naturaleza poligénica, con algunos niveles de arenas y limos y cemento calcáreo, observándose fenómenos de encostramiento en los niveles más antiguos. Esta formación tampoco presenta ninguna estructura visible aunque llegan a insinuarse vestigios de planos de estratificación. Los procesos de cementación por carbonatos están presentes en todas las terrazas, sin embargo en las inferiores están menos desarrollados.

Las características geomorfológicas y litológicas descritas, explican la forma del barranco de Val de la Horca, como integrante de la plataforma enmarcada por los Montes de Castejón y el río Gallego, con un cauce claramente definido en un relieve “alomado” y con fondo plano en todo su desarrollo, hasta alcanzar el valle aluvial, al nivel de la denominada terraza 2, justo en el límite occidental de los terrenos del plan parcial. En este contacto se ha formado un cono de deyección, en el que se pierde el cauce del barranco quedando integrado en la terraza aluvial del río Gállego. Esta morfología es muy importante para el objeto del presente estudio, porque condiciona el comportamiento hidráulico del barranco, en el sentido de que los caudales circulan en el cauce natural hasta el encuentro con la terraza aluvial, y a partir de aquí se desbordan inundando toda la superficie sensiblemente plana.

2.3.- Factores hidrológicos

El estudio hidrológico tiene por objeto el cálculo del caudal de avenida para el período de retorno de 500 años, resultante del drenaje de la cuenca de afección del barranco de Val de la Horca.

El estudio consta de los siguientes apartados:

- Delimitación de la cuenca de afección.
- Cálculo del tiempo de concentración
- Cálculo del coeficiente de escorrentía.
- Intensidad de precipitación.
- Cálculo del caudal.

MÉTODO DE CÁLCULO

En función de la información básica disponible, el método empleado para la determinación del caudal de la máxima avenida previsible, es el desarrollado a partir de la Fórmula Racional por José R. Témez en su libro "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales".

El cálculo de los caudales máximos a partir de los datos pluviométricos y las características físicas de la cuenca: extensión, pendientes, vegetación, naturaleza geológica, etc., se realiza mediante la fórmula:

$$Q = \frac{C.I.A}{3}$$

Siendo:

Q ($m^3/sg.$) = Caudal punta correspondiente a un período de retorno dado.

I (mm/h) = Intensidad máxima de precipitación en el intervalo de duración T_c para el mismo periodo de retorno.

A (km^2) = Superficie de la cuenca objeto de estudio.

C = Coeficiente de escorrentía de la cuenca

CUENCA DE AFECCIÓN

En el plano topográfico de Zuera, escala 1/25.000, del Instituto Geográfico Nacional, se ha delimitado la cuenca de afección del barranco y determinado su superficie.

CUENCA NÚMERO	SUPERFICIE (Km2)	LONGITUD CURSO PRINCIPAL (Km)	COTAS		PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENTR. T _c
			SUPERIOR	INFERIOR		
1	10,94	6,3	502	284	0,03	2,30

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se define como tiempo de concentración de una cuenca el período necesario para que la escorrentía de una tormenta fluya desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje a la salida de la misma. Este tiempo de concentración es característico de cada cuenca e independiente de la configuración y magnitud del aguacero.

Se ha comprobado experimentalmente que las máximas avenidas de una cuenca suelen corresponder a temporales de duración análoga al tiempo de concentración T_c.

Conocida la precipitación máxima en 24 horas, se calcula la intensidad propia de la precipitación de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

De entre todas las fórmulas empíricas que estiman el valor de dicho tiempo, se ha elegido la fórmula de Témez:

Fórmula de Témez-Heras

$$T_c = 0,3 \left[\frac{L}{J^{1/4}} \right]^{0,76}$$

S = Superficie de la cuenca en km²

J = Pendiente media del curso principal

L = Longitud del curso principal

CUENCA NÚMERO	SUPERFICIE (Km2)	LONGITUD	COTAS		PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENTRACION (h)
		CURSO PRINCIPAL	SUP.	INF.		
		(Km)				
1	10,94	6,3	502	284	0,03	2,30

ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Precipitaciones máximas en 24 horas

Los datos utilizados se han obtenido del Proyecto de Autovía de Levante a Francia por Aragón (tramo Villanueva de Gállego a Zuera), y definen unas precipitaciones máximas para los distintos periodos de retorno, como resultado de los ajustes de Gumbel

de las series anuales de precipitaciones máximas. Para la estación meteorológica 495 Zuera el Vedado, son las siguientes:

T	Pd
5	49
10	57
25	73
50	82
100	91
500	111

Dado que no se poseen datos de precipitaciones en intervalos menores de 24 horas en la cuenca, es necesario estimar la intensidad unitaria máxima para la duración de aguacero correspondiente al tiempo de concentración.

Siguiendo el método de José R. Témez, hay que estimar el valor del parámetro característico I_1/I_d que representa la relación de la intensidad horaria a la diaria del mismo periodo de retorno.

Del mapa de isolíneas I_1/I_d obtenemos para la zona de estudio el valor de 10

La máxima intensidad media de precipitaciones "I", se calcula mediante la expresión:

$$I = I_d \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^K$$

$$\text{Siendo } K = \frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1} = 0,78$$

I_d es la intensidad media de la precipitación diaria máxima (P_d).

$$I_d = P_d/24 \text{ mm./h.}$$

I = Intensidad de precipitación que interviene en la fórmula del caudal punta.

De acuerdo con los datos anteriores, la precipitación diaria máxima, para los distintos períodos de retorno, se refleja en el siguiente cuadro:

PERIODO DE RETORNO T	PRECIPITACION DIARIA Pd	PRECIPITACION MEDIA HORARIA Id	INTENSIDAD DE PRECIPITACION I
5	49	2,04	12,3
10	57	2,38	14,3
25	73	3,04	17,6
50	82	3,42	20,1
100	91	3,79	22,9
500	111	4,63	27,9

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía "C" correspondiente al intervalo de máxima intensidad de precipitación - periodo de duración T_c - se calcula mediante la expresión:

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

P_d = Máxima precipitación diaria para un período de retorno dado

P_o = Umbral de escorrentía, o volumen de precipitación bruta que debe registrarse para que comience a producirse desagüe superficial.

Su valor se obtiene teniendo en cuenta las características del suelo, vegetación y pendientes de la cuenca, multiplicado por el factor de humedad normal del suelo, cuantificado mediante un factor regional, que en nuestro caso es 3

Para el cálculo de P_o , se han considerado dos hipótesis con unas características homogéneas, tanto de suelo, como de vegetación y cultivos existentes, de esta manera tendremos lo siguiente:

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C_e					
T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500
0,16	0,20	0,26	0,30	0,34	0,37

3.- CÁLCULO HIDRÁULICO DE INUNDABILIDAD

3.1.- Caudales máximos de avenida

Una vez estimadas las distintas variables que intervienen en el fenómeno hidrológico de formación de crecidas, calculamos mediante la fórmula de José R. Témez, el caudal de máxima avenida.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3}$$

El caudal máximo de avenida para los distintos periodos de retorno, se refleja en la siguiente tabla:

CUENCA NÚMERO	CAUDAL DE AVENIDA PARA PERIODOS DE RETORNO (m ³ /s)					
	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500
1	7,2	10,4	16,7	22,0	28,4	37,6

Estos resultados son similares a los obtenidos en el proyecto del tramo de autovía Villanueva de Gállego-Zuera, para el dimensionamiento de las obras de drenaje en el cruce con el barranco de Val de la Horca. El desarrollo del trazado y la topografía del terreno hicieron necesarias siete obras de drenaje, correspondientes a las subcuencas que conforman el barranco, y que una vez atravesada la autovía confluyen en un solo cauce. Los caudales para un período de retorno de 500 años en el cálculo del proyecto mencionado son.

OBRA DE DRENAJE	CAUDAL DE CÁLCULO
OD 12+376	0,102
OD 12+547,5	0,360
OD 12+641	2,000
OD 12+762	0,290
OD 12+841	0,205
OD 12+922	14,200
OD 13+260	13,200

TOTAL CAUDAL 30,36 m³/s

3.2.- Procedimiento de cálculo

Como se ha expresado anteriormente (apartado 2.2), en el ámbito de estudio (superficie del plan parcial) el barranco de Val de la Horca no tiene un cauce definido, porque el contacto con la terraza aluvial ha generado un cono de deyección que hace

desaparecer el cauce; en consecuencia no cabe el análisis hidráulico para definir el perfil de la lámina de agua, ya que los caudales de avenida, en ese contacto, se desbordan y ocupan toda la superficie a modo de llanura de inundación. El cálculo se transforma en este caso, en definir una sección de encauzamiento, y no una superficie inundable.

En la actualidad el barranco cruza la rotonda de la antigua carretera nacional, mediante las correspondientes obras de drenaje, y continua con un cauce definido, en un pequeño tramo, hasta desaparecer, marcando aproximadamente el límite Sur del plan parcial. Las previsiones del Plan establecen en dicho límite una franja de 32 m de anchura, en la que se ubican el vial de penetración desde la rotonda, la canalización del barranco, y la reposición de la acequia de Candevania; con esta situación se plantea una sección de encauzamiento trapecial, ocupando todo el espacio entre el vial y la acequia, con anchura de 6 m en el fondo y taludes de la menor inclinación posible en función de la altura de la lámina de agua resultante del cálculo, para el caudal de la avenida de 500 años.

El estudio de secciones se ha realizado con el programa informático HEC-RAS 2.2 (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) para el análisis hidráulico de los sistemas fluviales.

Este programa permite obtener el perfil de la lámina de agua en el tramo de canalización que se estudia, reconocible además por los calados correspondientes en cada una de las secciones consideradas.

El coeficiente de rugosidad del cauce, tanto en el fondo como en los taludes, se ha supuesto correspondiente a una superficie de terreno natural con materiales del tipo grava, y de valor 0,03.

En toda la longitud de encauzamiento, desde la rotonda hasta el extremo opuesto en el escarpe del río Gallego, se dispone de un desnivel natural de aproximadamente 11 m, que supone una pendiente media de 1,64%; del lado de la seguridad y considerando la adaptación del cauce al vial adyacente, el cálculo se realiza con una pendiente del 1%.

Además de los coeficientes de rugosidad de Manning las hipótesis básicas en el programa son:

- Flujo estacionario, sin variación del calado o la velocidad con el tiempo.
- Flujo gradualmente variado, por lo que la distribución de presiones es hidrostática.
- Flujo unidimensional

El programa requiere para el cálculo unas condiciones previas de contorno que permitan definir el calado y la velocidad del agua en este tramo, para un caudal determinado.

En este estudio, dado que no se conoce el calado de la lámina de agua en algún perfil concreto (una de las posibles condiciones de contorno), se ha considerado que el régimen del agua es lento, y como condición de contorno que la pendiente de la línea de energía en la sección extrema de aguas abajo coincide con la pendiente del cauce.

Con las anteriores hipótesis y condiciones de contorno, el modelo del programa inicia el cálculo y, mediante un proceso iterativo, cuya base es la ecuación de conservación de la energía de Bernoulli, define las secciones críticas y el resto de variables hidráulicas.

Los resultados del Programa HEC-RAS, forman parte de este estudio como anexo al mismo, y los parámetros que aparecen tienen el siguiente significado:

Min Ch El	:	Cota mínima del canal en cada sección
W.S. Elev	:	Cota de la lámina de agua
Crit. W.S	:	Cota del calado crítico.
E.G. Elev	:	Cota de la energía.
E.G. Slope	:	Pendiente de la energía.
Vel Chnl	:	Velocidad del agua en el barranco.
Flow Area	:	Superficie mojada.
Top Width	:	Anchura de la sección mojada en su parte superior.
Froud # Chl	:	Nº de Froude.

5.- CONCLUSIONES

a) La geomorfología y litología del barranco de Val de la Horca, caracterizan un cauce, con fondo plano en todo su desarrollo y claramente definido, en un relieve “alomado”, hasta que alcanza el valle aluvial, al nivel de la denominada terraza 2, justo en el límite occidental de los terrenos del plan parcial, en el que se ha formado un cono de deyección, y se pierde dicho cauce quedando integrado en la terraza aluvial del río Gállego. Esta morfología condiciona el comportamiento hidráulico del barranco, en el sentido de que los caudales circulan en el cauce natural hasta el encuentro con la terraza aluvial, y a partir de aquí se desbordan inundando toda la superficie sensiblemente plana, correspondiente con el ámbito del plan parcial.

b) Dado que se produce la inundación de los terrenos por desaparición del cauce natural, el cálculo hidráulico ha tenido por objeto definir un encauzamiento para canalizar el caudal de 37,6 m³/s hasta el río Gállego.

b) Los resultados del cálculo establecen que un canal de sección trapezoidal, que permita una “superficie mojada” igual o superior a 12,43 m², y con pendiente longitudinal del 1%, es suficiente para canalizar el caudal de cálculo.

Zaragoza, Abril de 2002

Los Ingenieros de Caminos,

Félix Royo Millán

José Antonio Alonso García

ANEXO DE CÁLCULO