Anejo nº 13
Drenaje

Elaborado	Revisado	Aprobado
María José García Márquez Miguel Serrano Guisán	Pedro Antonio López Guasp	Francisco Javier Valencia Vera

Código	Objeto	Revisión	Fecha
TMG6211/PPR0-AYP-CIV-R01-ANE-DR-001	Creación del documento	C.01.01	10/09/2022
TMG6211/PPR0-AYP-CIV-R01-ANE-DR-001	Atención a comentarios de la AOPJA	C.02.01	14/10/2022

1. Introducción 4
2. Información básica....4
3. Climatología e hidrología....4
4. Drenaje....5
4.1. Drenaje de la plataforma....5
4.2. Drenaje del entorno afectado....8

1. Introducción

En el presente Anejo, correspondiente al Proyecto para la Línea Metropolitana del Metro de Granada. Tramo: Prolongación Sur del Metropolitano de Granada. Tramo Armilla – Churriana de la Vega, se desarrollan las soluciones que se han adoptado para resolver el drenaje de la plataforma y de su entorno, pues el trazado del Metro ligero discurre por calles, existentes o futuras, cuya urbanización se verá afectada y modificada.

El agua procedente del drenaje de la plataforma en superficie se derivará finalmente a la red de alcantarillado existente, mediante rejillas dispuestas estratégicamente para su recogida.

La implantación de la plataforma no implica en principio un aumento de la superficie de escorrentía existente en la actualidad, por lo que no hay incremento de las aportaciones de aguas pluviales a la red existente, sino únicamente una adaptación de esta red a la nueva situación.

La normativa de referencia empleada para el desarrollo de este anejo es la siguiente:

- Norma 5.2 de la Instrucción de carreteras – IC Drenaje Superficial de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

2. Información básica

Para la redacción del presente Anejo se ha partido de la información y de los datos recogidos en los documentos que se reseñan a continuación:

- Anteproyecto de la línea de Metro Ligero Granada.
- Situación de la red de saneamiento existente en el área afectada facilitada por la Empresa municipal de abastecimiento y saneamiento de Granada.
- Trabajos de campo. Reconocimiento de los colectores y levantamiento topográfico de los registros.

3. Climatología e hidrología

La precipitación media anual en la zona de estudio es baja, se obtiene un valor medio de 421,78 mm en las series históricas analizadas en las estaciones seleccionadas más cercanas a la zona de estudio.

Se han estudiado numerosos parámetros meteorológicos, haciendo hincapié en los más significativos (temperaturas y pluviometría) a nivel medio mensual y anual analizando los datos contenidos en las publicaciones consultadas y en los datos de la AEMET con los registros de las estaciones climáticas seleccionadas.

Para el estudio de la climatología y de las precipitaciones se han considerado las siguientes Estaciones Meteorológicas, conforme a los criterios que a continuación se señalan:

Se han considerado entre las existentes en el interior de un cuadrado centrado en el tramo de estudio de lado 20 Km, aquellas en cuyas series históricas se incluye un número de años no inferior a 20. Son las que a continuación se enumeran:

- 5513: Monachil
- 5514: Granada /Base aérea
- 5515: Granada (Cartuja)
- 5520: Alhendín
- 5522: Albolote (CHG)
- 5530E: Granda/Aeropuerto

Se han considerado entre las existentes en el interior de un cuadrado centrado en el tramo de estudio de lado 20 Km., aquellas en cuyas series históricas se incluye un número de años no inferior a 30. Son las que a continuación se enumeran:

- 5514: Granada /Base aérea
- 5515: Granada (Cartuja)
- 5530E: Granda/Aeropuerto

Para la determinación de las precipitaciones máximas se han empleado dos métodos estadísticos de ajuste (Ley de Gumbel y SQRT-ET máx.) y el Método de Isolíneas del Ministerio de Fomento conforme a lo especificado en la publicación “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

Por último, teniendo en cuenta la calidad y cantidad de los datos de partida y los resultados obtenidos en la zona, se opta por seleccionar uno de los tres tipos de valores obtenidos.

En cuanto a las cuencas fluviales afectadas, la traza de proyecto discurre por la cuenca del río Genil, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir, siendo sus afluentes el río Monachil, Dílar y los arroyos del Salado y Acula.

El caudal de estos ríos procede de los deshielos de las cumbres de Sierra Nevada, y durante el verano estos caudales son proporcionales a las nieves almacenadas en el invierno, regándose con estas aguas la mayor parte de la superficie de regadío de esta zona.

Las dotaciones de agua son abundantes en invierno, empezando a escasear a finales de primavera y aún más en los meses de máximo consumo, durante los cuales en los regadíos tradicionales de la vega de Granada las dotaciones medias son de 0,4 litros/Ha.

Para la definición de los caudales del cálculo que deben considerarse en el dimensionamiento de las redes de drenaje se han realizado los siguientes estudios:

- Delimitación y características de las áreas vertientes.
- Estimación de los caudales máximos de aguas pluviales.

Los caudales máximos de lluvia a evacuar se estiman siguiendo el método racional que deduce aquellos en base a la superficie de la cuenca vertiente, coeficiente de escorrentía de la misma e intensidad máxima de lluvia de duración equivalente al tiempo de concentración de la cuenca.

$$Q = C \times I \times A$$

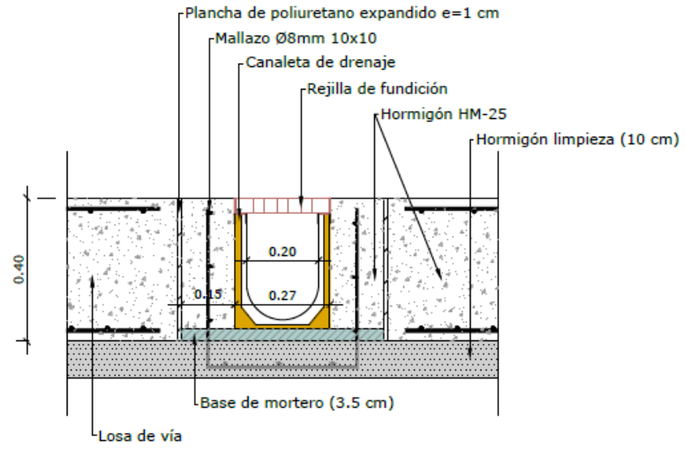
Siendo:

Q = Caudal (l/s)
C = Coeficiente de escorrentía
A = Superficie vertiente (Ha)
I = Intensidad de lluvia (I/seg/Ha)

4. Drenaje

En el Proyecto de implantación del metro ligero se diferencia por un lado el drenaje de la plataforma del metro y por otro el drenaje de los viales contiguos. Para la resolución de ambos drenajes, se han previsto las siguientes actuaciones:

- Disposición de los elementos de drenaje de la plataforma del metro, mediante rejillas transversales, y conexión de éstas con la red de saneamiento existente o proyectada. Esta conexión será transversal, con tubos de PVC de diámetro 160 mm., con evacuaciones transversales a distancias no superiores a los 50 m.



- Reajuste de imbornales: Consiste en la reubicación de los imbornales que ya existen y que es necesario desplazar por la modificación de la línea de bordillo. El punto de conexión al alcantarillado general será el mismo, sin que se necesite más que una adaptación de los imbornales o pozos de visita.

- Colocación de nuevos imbornales: Éstos vendrán determinados por una nueva implantación del vial, nuevas glorietas que necesiten una recogida de las aguas pluviales, o bien por un cambio de sentido de la pendiente transversal de la calle debida a la implantación de la plataforma del tranvía. Las acciones por ejecutar corresponden a las de implantación del imbornal, el sumidero y la localización y conexión a los colectores generales o al proyecto de nuevos colectores en caso de ser necesario.

- Diseño de nuevos colectores de hormigón y PVC en las zonas donde no se dispone de saneamiento existente.

Para definir con detalle la solución para el drenaje de la plataforma se ha realizado un inventario de la red de saneamiento existente en las calles por donde discurre el Metro ligero. A partir de esta información se realiza el diseño del drenaje específico para cada tramo homogéneo en función del tipo de plataforma, de la disposición del alcantarillado de la zona y de las pendientes longitudinales y transversales encontradas.

4.1. Drenaje de la plataforma

En general, las áreas vertientes utilizadas son las correspondientes a la plataforma del metro, considerando que la red de drenaje actual es suficiente para sanear los viales actuales, y por lo tanto los futuros, ya que nunca se han incrementado las superficies de las áreas vertientes.

El sistema de drenaje se proyecta para un periodo de retorno de 25 años, con las siguientes consideraciones generales:

Tiempo de concentración. Coeficiente de Escorrentía e Intensidad de precipitación.

Dado que la infraestructura discurre por un medio urbano, el decalaje existente entre la precipitación y la evacuación de la misma al sistema de saneamiento es muy pequeño, por lo que se considerará un tiempo de concentración de 5 minutos.

Por otro lado, el coeficiente de escorrentía que se considera es de 1,00, entendiendo por tanto que prácticamente toda la lluvia precipitada deberá ser drenada por el sistema de evacuación propuesto.

Para el cálculo de la intensidad de precipitación, usaremos los datos obtenidos del anejo 05 Climatología e Hidrología. En dicho anejo, se calculan los valores máximos de la precipitación Pd (precipitación máxima anual en 24 horas) obtenidos en la estación 5522 "Granada Cartuja" según el método SQRT-max para diferentes periodos de retorno. A partir de la Pd obtenemos los siguientes valores de la intensidad de precipitación de cálculo (Id), siendo:

Id(t) = Pd(t) / 24

Pd (t) (mm/h): Precipitación máxima anual en 24 horas correspondiente al periodo de retorno T.

Id (t) (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno T.

T	2	5	10	25	50	100	500
Pd (t)	36.00	49.00	59.00	72.00	83.00	95.00	124.00
Id (t)	1.50	2.04	2.46	3.00	3.46	3.96	5.17

Con la intensidad determinaremos un caudal unitario por metro lineal de plataforma para:

T (período de retorno) = 25 años

tc (Tiempo de concentración) = 5 min.

La fórmula para el cálculo del caudal es:

$$Q = \frac{I\,(T, tc) * C * A * K_T}{3.6}$$

Donde:

Q (m3 /s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.

I (T, t_c) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c, de la cuenca.

C (adimensional) Coeficiente medio de escorrentía.

A (km^2) Área de la cuenca o superficie considerada.

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

Siendo Kt:

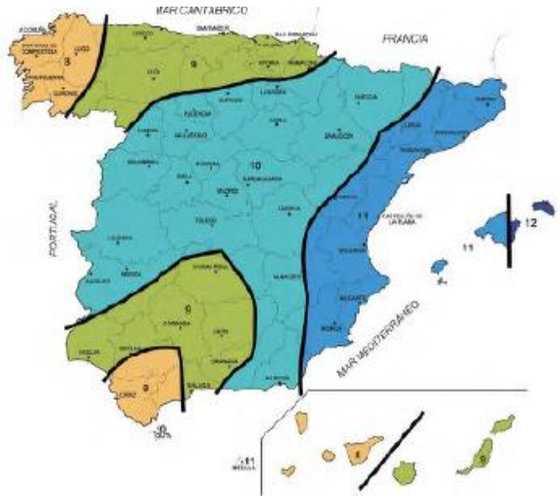
$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

En cuanto al tiempo de concentración de la tormenta se ha considerado 5 minutos, por tanto, K_t es igual a 1,00.

Siendo $I=F_a*Id$

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

Según el mapa ofrecido por la norma 5.2-IC, se determina el índice de torrencialidad, siendo este 9 debido al emplazamiento del proyecto.



Por tanto, la intensidad de precipitación es igual a:

I=91,68 mm/h

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, el coeficiente de escorrentía que se considera (C) es de 1,00.

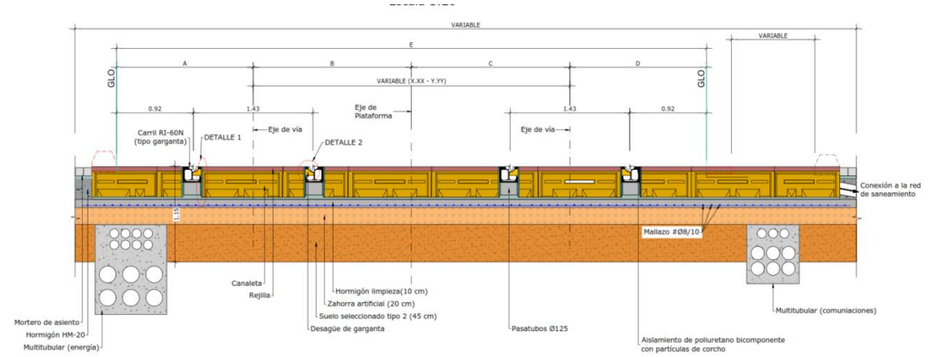
A continuación, se determina el caudal recogido en un metro lineal de plataforma. Por tanto, el área de la cuenca considerada sería de 1 metro de longitud por una anchura de 10,60 metros, esto es 10.60 m^2 (1,06^{-5} $km^{2)}$.

Teniendo en cuenta todo lo anterior obtenemos el siguiente caudal para un metro lineal de plataforma:

Q = 0,27 l/s

A la vista de estos resultados se ha optado por disponer un punto de recogida de los caudales de la plataforma y de las gargantas de los carriles cada 40-50 metros, así como en los puntos bajos del trazado en superficie. Estos puntos, que permitirán una rápida evacuación de los caudales recogidos por la plataforma hacia la red de alcantarillado están formados por una sección de rejilla transversal al eje del trazado.

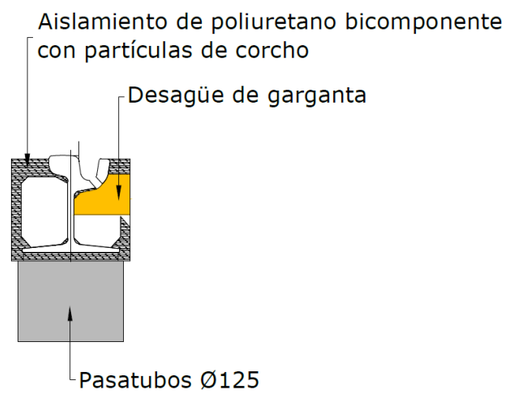
Estas rejillas transversales se conectan mediante una tubería de PVC de 160 mm de diámetro con una arqueta situada en el lado de la plataforma tranviaria que sirve como borde entre la misma y la calzada.



Cada una de estas arquetas se conecta a la red de alcantarillado existente con un colector de PVC de 160 mm. de diámetro, procurando disponer estas arquetas en las mismas posiciones que los actuales pozos de los sumideros que forman el sistema de recogida de aguas de escorrentías de las calles afectadas, con objeto de aprovechar las conexiones existentes con la red de alcantarillado.

La sección donde se colocan las rejillas transversales también se aprovecha para vaciar el agua que circula por la garganta de los carriles en sentido favorable a la pendiente longitudinal del trazado.

Para realizar esta evacuación se disponen arquetas de fundición adosadas a los carriles y se perfora en esta sección el punto bajo de la garganta de estos.



La definición detallada de todos estos elementos de drenaje se recoge en la colección de detalles de planos de Drenaje. La distribución en planta de las secciones de rejillas transversales se recoge en el plano "Planta de Drenaje", disponiendo en general un espaciamiento mínimo de 40-50 metros.

En aquellas zonas en las que no hay saneamiento se han diseñado nuevos colectores cuyas características se detallan más adelante.

- ***Cálculo de rejillas transversales***

Según lo referido en el apartado 4.3. sumideros e imbornales de la Instrucción 5.2 – I.C. "Drenaje superficial" para calcular la capacidad de un sumidero, puede utilizarse la fórmula del vertedero.

$$Q = \frac{P * H^{\frac{3}{2}}}{60}$$

Siendo:

Q: Caudal de evacuación en l/s

P: Perímetro exterior de la rejilla supuesta desprovista de barras en cm.

H: Altura de la lámina de agua en cm.

Una rejilla de 20 cm. de anchura y 800 cm. de longitud tiene un caudal máximo de desagüe con una lámina de 1 cm. de:

$$Q = \frac{1540 * 10^{1.5}}{60}$$

Q = 25,66 l/s

Dicha fórmula presenta un coeficiente corrector función de la pendiente, dado por la siguiente expresión:

$$C = \frac{1}{1 + 15 * J}$$

Siendo:

J: La pendiente Longitudinal en tanto por uno.

La pendiente máxima en este tramo es de 0,05

C = 0,5714

El caudal con el coeficiente corrector es el siguiente:

Q = 14,66 l/s

Es decir, cada rejilla tiene una capacidad de 14,66 l/s. Teniendo en cuenta que cada metro lineal de plataforma supone un caudal de 0,27 l/s, cada una de las rejillas se pueden poner a unos 54 metros para una lámina de agua de sólo 1 cm. Sin embargo, **siguiendo con la práctica habitual, se ha decidido incluir rejillas cada 50 m, estando siempre del lado de la seguridad.**

4.2. Drenaje del entorno afectado

- ***Imbornales***

Según lo referido en el apartado 4.3. Sumideros e imbornales de la Instrucción 5.2 – I.C. "Drenaje superficial" para calcular la capacidad de un sumidero, puede utilizarse la fórmula del vertedero.

$$Q = \frac{P * H^{\frac{3}{2}}}{60}$$

Siendo:

Q: Caudal de evacuación en l/s

P: Perímetro exterior de la rejilla supuesta desprovista de barras en cm.

H: Altura de la lámina de agua en cm.

Dicha fórmula presenta un coeficiente corrector función de la pendiente:

$$C = \frac{1}{1 + 15 * J}$$

Siendo:

J: La pendiente longitudinal en tanto por uno (0,050 m/m).

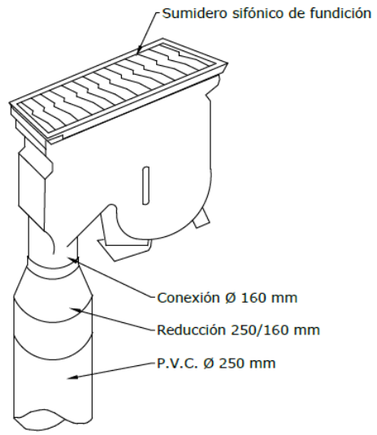
C = 0,571

Un sumidero de 60 cm de anchura y 30 cm de longitud tiene un caudal máximo de desagüe con una lámina de 10 cm. de:

$$Q = \frac{1640 * 10^{1.5}}{60}$$

Q = 54,21 l/s

Luego teóricamente se podría poner un sumidero cada 200 m. Sin embargo, se reubican los imbornales que ya existen y que se ven modificados por el desplazamiento lateral de la línea de bordillo y se colocan nuevos que vendrán determinados por la nueva urbanización y proyecto de nuevos viales.



- ***Colectores***

A continuación, se presenta el cálculo de los nuevos colectores proyectados que se conectarán a la red de alcantarillado existente. Los colectores son de hormigón en masa y de PVC.

NOMBRE	SENTIDO	PK	LONGITUD (m)	Ancho Plataforma	SUPERFICIE (m2)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL PUNTA (m3/s)	i COLECTOR %	DIAMETRO COLECTOR (mm)	CRITERIO DE DISEÑO	Superficie mojada (m2)	Perímetro mojado (m)	Rh (m)	VELOCIDAD (m/s)	Q colector (al 80%) (m3/s)	¿Cumple?
Colector PK 0+500	DERECHA	0+500,00	265,00	27,00	7155,00	0,1646	0,1646	0,50%	400	COLECTOR HM	0,108	0,886	0,122	1,736	0,187	SI
Colector PK 1+150	IZQUIERDA	1+150,00	109,00	15,00	1635,00	0,0376	0,0376	0,50%	300	COLECTOR HM	0,061	0,664	0,091	1,43	0,087	SI
Colector PK 2+340	DERECHA	2+340	80,00	16,00	1280,00	0,0294	0,0294	0,50%	400	COLECTOR HM	0,108	0,886	0,122	1,736	0,187	SI
Colector PK 2+540	IZQUIERDA	2+540,00	140,00	10,00	1400,00	0,0322	0,0322	0,50%	400	COLECTOR HM	0,108	0,886	0,122	1,736	0,187	SI
Colector PK 2+540	DERECHA	2+540,00	140,00	10,00	1400,00	0,0322	0,0322	0,50%	400	COLECTOR HM	0,108	0,886	0,122	1,736	0,187	SI