



FORO DE INUNDABILIDAD Y LLUVIAS TORRENCIALES EN MÁLAGA

MESA 2. 2ª PONENCIA: JUAN JAVIER RABANEDA MORILLAS (ITOP-GMU). CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO DE LAS REDES DE DRENAJE

PARTE I.- INUNDACIONES

A.- INUNDACIONES OTOÑO 1989

Las inundaciones acaecidas en los meses de noviembre y diciembre de 1989 ocasionaron daños considerables en toda la ciudad y sus barriadas, producidos por el desbordamiento de los cauces naturales, erosionando sus márgenes y originando desprendimientos que, de no repararse adecuadamente, podrían haber afectado a urbanizaciones y zonas urbanas consolidadas e incluso cimentaciones de puentes y obras de fábrica. También se vieron afectadas algunas vías urbanas e interurbanas y ferrocarril, cuyas obras de paso quedaron en evidencia al ser superadas por las avenidas.

Camino de acceso a núcleos urbanos desaparecieron por acción de las aguas quedando los vecinos incomunicados; un gran número de barriadas de la ciudad resultaron inundadas, provocando las aguas deterioros en pavimentos, espacios libres e infraestructuras de servicios urbanos; colectores de saneamiento, conducciones de agua potable, electricidad, teléfono, etc.

Después de recabar información de los distritos municipales sobre los deterioros ocasionados por las lluvias, el Sr. Gerente de Proyectos y Obras en enero de 1990, realizó una "Relación cuantificada de los proyectos de obras para reparación de los daños probados en servicios e instalaciones de Corporaciones Locales, informados favorablemente por las Comisiones Provinciales de Gobierno", con un total de 252 actuaciones por un importe aproximado de 10.200.000.000 ptas.

Una vez aprobado por el Excmo. Ayuntamiento la relación de proyectos a redactar y su importe, se envió al Ministerio de Administraciones Públicas en Madrid, que aprobó su financiación.

A continuación, bajo la dirección del Sr Gerente de Proyectos y Obras, se procedió a realizar un reparto entre los técnicos municipales a su cargo de la redacción de los proyectos e incluso recurriendo a esos efectos a técnicos de profesión libre y algunos consultings de la ciudad. Una vez aprobados los proyectos, se contrataron las obras correspondientes, dirigidas asimismo por técnicos municipales y asistencias técnicas exteriores al municipio. Resulta destacable la labor realizada en el desarrollo de estos trabajos por los técnicos municipales aportando su alto nivel profesional.



Paralelamente al Plan de Inundaciones, se aprobó el “Plan 90 subvención Junta de Andalucía”, en el que se incluyeron proyectos de actuaciones en arroyos urbanos y de colectores generales de la ciudad para mejorar su drenaje, completadas por el “Plan de Inversiones Municipales de 1991” y “Plan de Reurbanización de distritos” del mismo año. Estos Planes incluyeron actuaciones tanto de arroyos urbanos, como de colectores y pavimentación y servicios de algunas calles. Con estas actuaciones de 1991 el total de proyectos de mejora de daños causados por las inundaciones 1989 fue de 304.

Entre las obras proyectadas se incluyen actuaciones de reconstrucción de muros de contención, reparación de firmes de calles de toda la ciudad y sus barriadas e incluso urbanizaciones, en las que prácticamente se reurbanización de nuevo dotándolas de nuevos pavimentos y mejorando los servicios de infraestructura afectados.

Dado el tema a tratar en este Foro, del conjunto de obras realizadas contenidas en los proyectos incluidos en los Planes referidos con anterioridad cabe mencionar la ejecución de unos 25 colectores y, en cuanto a los arroyos urbanos 10 actuaciones. No se considera oportuno realizar una detallada exposición de cada una de estas actuaciones, limitándonos a resaltar las siguientes:

1.- COLECTORES

a) Colectores zona de la Misericordia

- Avda. de la Paloma-calle Santos Rein
- Calle Frigiliana-Carril de la Chupa
- Barriada de Sixto-calle Diamantino García Acosta
- Concejal Muñoz Cerván (desde Av Sor Teresa Prat a calle Pacífico)

Se proyectan estos colectores para mejorar las condiciones de drenaje del distrito carretera de Cádiz, cuyas inundaciones son causadas principalmente por el desbordamiento del arroyo de las Cañas por su margen izquierda, penetrando las aguas a través de un paso inferior del ferrocarril de Málaga a Córdoba, situada en el límite del equipamiento escolar existente al oeste de la autovía. Una vez ejecutadas las obras del AVE, se suprimió el paso inferior y las inundaciones disminuyeron considerablemente.

Dado el escaso desnivel en esta zona de la ciudad, los colectores disponen de muy escasa pendiente, condicionada además por el nivel del mar, y en sus secciones predomina el ancho frente a la altura.

b) Colectores arroyo Jaboneros

En el caso del arroyo se instalaron unos colectores en el cauce junto a los muros de encauzamiento para recoger las redes de las urbanizaciones



consolidadas en las márgenes, conectadas al interceptor construido en el año 1972 por el Confederación Hidrográfica del Sur de España (CHSE en adelante)

c) Colector callejón de Domingo (actual calle Rafael Pérez Estrada)

En el callejón de Domingo (con un ancho entonces de 5,00 m) se acumulaban las escorrentías en el punto bajo existente antes de enlazar con el Paseo Marítimo Pablo Ruiz Picasso. La instalación del nuevo colector, conectado al conducto aliviadero del interceptor de la CHSE con vertido al mar, consiguió el drenaje del punto bajo, salvo las excepcionales avenidas que provocaban el desbordamiento del arroyo de la Caleta.

d) Colectores c/ Hilera, Avda. Andalucía y Avda. de la Aurora

A principios de los años 90 estaban en ejecución las obras del encauzamiento del río Guadalmedina que incluían la construcción de un gran colector en su margen derecha que cruzaba las avenidas de Andalucía y de la Aurora y, continuando por el Pasillo del Matadero hasta pasado calle Cuarteles, se conectó con dos antiguos ovoides allí existentes, previo aliviadero al río.

En febrero de 1991 el Área municipal de Proyectos y Obras redactó un “Plan de saneamiento y drenaje entre el arroyo del Cuarto y la margen derecha del Guadalmedina” que sirvió de base para la posterior redacción de los Proyectos de los colectores indicados, cuyo objetivo era la mejora del drenaje en el Polígono de la Alameda y margen derecha del río.

e) Otros colectores del referido Plan de Saneamiento y Drenaje

e.1) Colector calles Dr. Fleming-Pelayo y Alonso de Palencia.

La misión de este colector consiste en interceptar la red de saneamiento existente en las calles que partiendo de c/ Eugenio Gross se dirigen hacia el río, descargando así el colector instalado en la Avda. de Fátima. Del colector no se construyó el tramo Dr. Fleming-Pelayo debido a falta de presupuesto para resolver las interferencias con infraestructuras existentes en Plaza de Bailén.

e.2) Colector calles Juan de Austria-Armengual de la Mota.

Eje sensiblemente paralelo al anterior con idéntica misión de descarga del colector existente en la Avda. de Fátima, interceptando para ello los ramales de las calles transversales.

e.3) Colector calle Santa Elena-arroyo del Cuarto.

Consiste en desviar el colector de calle Eugenio Gross desde la conexión de las calles Santa Elena e Hilera hacia el enlace de Puente de las Américas,



para conectar con el embovedado del arroyo del Cuarto en el cruce de éste en la Avda. de Andalucía.

2.- ARROYOS URBANOS

a) Arroyo del Sartre

Las crecidas del arroyo afectaron al muro existente en calle Paquiro de la urbanización San José situada en su margen, frente a la antigua perrera municipal.

En consecuencia, hubo de encauzarse un tramo de unos 100,00 metros del arroyo y reponer el pavimento y algunos servicios de infraestructura de la calle.

b) Arroyo de la Alegría de la Huerta

En el cauce del arroyo existía un entubado para canalizar las avenidas del arroyo por calle Álvarez Fonseca y Emilio Thuiller hasta el embovedado del arroyo de Quintana. Dada la pequeña sección del conducto ($\varnothing 80$) las avenidas lo superaban con facilidad, discurriendo aguas abajo e incorporando a su paso otras escorrentías que acabarían inundando calles de la margen izquierda del río Guadalmedina.

Para resolver este problema, en sustitución del entubado existente se proyectó uno con capacidad para desaguar el caudal correspondiente a la cuenca del arroyo, y desviándolo por calle Alcalde Joaquín Quiles, Plaza del Polideportivo de Ciudad Jardín y un tramo de calle Muñoz Seca para desaguar al río aguas abajo de un azud existente en su cauce.

c) Arroyo de Quintana

Este arroyo estaba embovedado desde el Acueducto de San Telmo hasta el río. Sin embargo, sus avenidas no entraban fácilmente en la conducción debido a que las aletas de la embocadura quedaban a ras del terreno, con lo que parte de las avenidas se desviaban por los laterales.

Se procedió a la construcción aguas arriba dos diques para retención de arrastres y de un muro transversal con una entalladura con las dimensiones necesarias para provocar el calado crítico de la avenida T500, recreciendo las aletas existentes de la embocadura a la entrada del embovedado del arroyo.

d) Arroyo de Wittemberg

Arroyo tributario del de Gálica por su margen derecha, se encontraba encauzado hasta la calle Potosí aproximadamente, si bien en el tramo al sur de la carretera de Olías discurría embovedado por debajo de la edificación del colegio Dr. Gutiérrez Mata, de forma que las avenidas del arroyo y sus arrastres coincidían con las del arroyo de Gálica y ocasionaban su



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras

desbordamiento por la margen derecha que causaron la inundación en calle Persiles (con triste recuerdo de una víctima mortal) y en la barriada de El Palo.

Para resolver el problema, se aumentó la sección de la obra de paso en la Carretera de Olías y se construyó un embovedado complementario por el patio del colegio con vertido independiente del existente al arroyo de Gálica.

e) Arroyo del Café

El arroyo del Café se sitúa en la zona de Bellavista y su cauce atravesaba la Avda. Pintor Joaquín Sorolla mediante cuatro conductos de 0,60 m. de diámetro, lo que provocaba su desbordamiento incluso con lluvias de poca intensidad, dirigiéndose las aguas por la citada avenida hacia la calle Pérez Galdós (antes Callejón de Joselito) e inundando también el Paseo Marítimo Pablo Ruiz Picasso.

Se resolvió el problema realizando una nueva obra de paso en la Avda. Pintor Joaquín Sorolla que desaguaba correctamente las máximas avenidas del arroyo hasta el mar entre el espacio de las parcelas edificadas en sus márgenes y la obra del paso del Paseo Marítimo.

f) Arroyo de los Ángeles

Afluente de la margen derecha del río Guadalmedina, discurre embovedado por la avenida del mismo nombre. La actuación realizada en este arroyo es idéntica a la descrita en el arroyo Quintana antes descrito en el apartado c), procediéndose al recrecido de las aletas (que estaban enrasadas al terreno) para crear una sección de control en la entrada al embovedado que, unido a los cerramientos de los terrenos laterales del cauce aguas arriba, evitaban su desbordamiento.

De todas formas, aguas abajo de esta embocadura el arroyo tiene una cuenca urbana cuyas escorrentías no se incorporan al embovedado y se dirigen hacia el sur penetrando por calle Dr. Fleming e inundando la zona baja de Avda. Dr. Gálvez Ginachero, calle Malasaña y Avda. de Fátima.

g) A destacar la oportunidad de continuar realizando otras obras en arroyos urbanos gracias a los Convenios suscritos ente la C.H.S.E. y el Excmo. Ayuntamiento de Málaga, con una participación económica de un 75% del Organismo Autónomo y un 25% del Ayuntamiento, además de aportar la disponibilidad de los terrenos. Entre algunas de ellas se destacan las siguientes:

g.1) Arroyo de Teatinos

- 2º Trasvase del arroyo de Teatinos al arroyo de las Cañas, incluye el tramo desde la residencia Militar Castañón de Mena hasta cruzar la avenida de Blas Infante, incorporando a su paso los arroyos del Tajarillo y de Roldán.



- En actuaciones posteriores, se procedió a la prolongación del embovedado cruzando la Avd. José Ortega y Gasset hasta el arroyo de las Cañas.

g.2) El encauzamiento del arroyo de Las Cañas hasta el río, incluye:

- Encauzamiento del tramo desde donde vierte el Teatinos+Tejarillo+ Roldán hasta las inmediaciones de la línea ferroviaria de Málaga a Córdoba.
- Encauzamiento del tramo aguas arriba del anteriormente señalado hasta cruzar de nuevo la Avd. José Ortega y Gasset.
- Encauzamiento del tramo aguas abajo del ferrocarril hasta desaguar al río.
- Finalmente, puente del AVE enlazando los tramos encauzados aguas arriba y aguas abajo de la línea ferroviaria.

g.3) Encauzamiento de los arroyos Prado Jurado, Carambuco y Merino situados en la M.I. del Guadalhorce para realizar un vertido común al río.

g.4) Encauzamiento de los arroyos de Ciriano y Bienquerido en la margen derecha del río Guadalhorce al norte del Aeropuerto.

En la redacción de todos estos Proyectos se tomó en consideración el trabajo realizado por el CEDEX conforme al Convenio suscrito en mayo de 1991 con el Excmo. Ayuntamiento para el “Asesoramiento y supervisión de los estudios para la defensa de Málaga contra las inundaciones (enero 1992)”.

3.- OTRAS ACTUACIONES

a) Colector margen derecha del río Guadalmedina (tramo final).

Siete años después de que el Área municipal de Proyectos y Obras redactase el “Plan de saneamiento y drenaje entre el arroyo del Cuarto y la M.D. del Guadalmedina” y realizadas las obras de los colectores en él propuestos, el Departamento de Proyectos y Obras redactó el Proyecto del tramo final del colector de la margen derecha del río, dando continuidad al construido con las obras del río hasta un poco antes del puente del Carmen, donde se produce el vertido aliviadero de las aguas pluviales excedentes de la dilución de las aguas residuales, continuando estas aguas diluidas por un colector de D=1,20 m por el Pasillo del Matadero hasta su vertido el colector interceptor existente construido por la entonces C.H.S.E. el cual discurre por el Paseo Marítimo Antonio Banderas. El colector unitario dispone de una sección rectangular de 5,00H x 1,50V y conduce un caudal unitario de unos 17m³/seg. En Proyecto el aliviadero tiene un labio de 80,00 m de longitud y un vertedero de 1,00 m de altura, si bien una vez ejecutadas las obras se comprobó que la altura del vertedero disponía tan sólo de 0,60 m, lo que origina el vertido de aguas residuales con menor dilución de la proyectada.



b) Estudio de los colectores con vertido al frente marítimo de la Misericordia.

Los colectores citados en el apartado 1-a) son unitarios y antes de su vertido al mar disponían de unos separadores de las aguas residuales conectados a un colector por gravedad que, procedente de la barriada de Huelin, discurría por calle Pacífico hasta una estación de elevación situada en las proximidades de C/ Muñoz Cerván, desde donde continúa por gravedad hasta la Estación de aguas residuales del Parque del Oeste, reconvertida con las obras de la C.H.S.E. en estación de impulsión de la EDAR del Guadalhorce, previo alivio y vertido al mar en época de lluvias por un emisario submarino.

Puesto que en esta zona, además de disponer de los desagües de pluviales al mar para evitar las inundaciones de otras a más baja cota, era necesario eliminar el efecto ambiental negativo de verter también al mar aguas residuales con escasa dilución, el Departamento de Proyectos y Obras redactó en el año 1998 el “Estudio de los colectores del frente marítimo de la Misericordia” ya instalados con motivo de las inundaciones de 1989 para evaluar su capacidad de evacuación y mejorar su funcionamiento hidráulico.

Dicho estudio realiza un cálculo hidrológico de las cuencas correspondientes a cada colector mediante la aplicación del método racional de la entonces vigente Ley de Carreteras, obteniéndose las máximas precipitaciones diarias (P_d) mediante la aplicación de la ley de distribución de Gumbel con los datos estadísticos de tres estaciones pluviométricas obteniéndose la media para diversos T, tomando como valor de máxima precipitación horaria la cuarta parte de la P_d , según indicaba la citada Ley de Carreteras.

Para los cálculos de los caudales de cada cuenca tomamos la precipitación horaria que corresponde a un periodo de retorno de 25 años, con un valor de $l_h = 33,64$ mm/hora.

En general, en función de las secciones de los colectores y sus pendientes, los caudales obtenidos para el periodo de retorno de 25 años son admisibles, realizándose no obstante algunas indicaciones complementarias para mejorar su funcionamiento, cabiendo destacar entre ellas la de ubicar en estos colectores aliviaderos de crecidas diseñados con una dilución 1:5 de las aguas residuales, según reglamentos de la época.

Las consideraciones de este Estudio se integraron en el Proyecto de Ejecución de la 2ª Fase del Acceso al Puerto de Málaga, redactado por el MOPU.

Hasta aquí hemos desarrollado el proceso seguido por el Ayuntamiento de Málaga y otras administraciones en la lucha por mitigar los daños causados por las inundaciones de 1989.

Hay que decir que después de aquellas se han producido otras también importantes, pero el funcionamiento de las obras realizadas desde aquellas



inundaciones ha disminuido los efectos causados notoriamente, si bien queda aún mucho por hacer para optimizar el drenaje de la ciudad y sus barriadas. Esto significa un reto para continuar e insistir en la ejecución de obras de este tipo, principalmente las que se requieren con motivo de las nuevas directrices relacionadas con la contaminación que causan los vertidos en el medio receptor.

B.- OTRAS INUNDACIONES. ACTUACIONES PROPUESTAS

ENERO 2010.- Afectaron principalmente a las barriadas de Pedregalejo y Acacias, a consecuencia de las escorrentías superficiales procedentes de la cuenca del arroyo del Leñar.

En julio 2010 el Departamento de Proyectos y Obras realizó un detallado informe de toda esta zona, incluyendo propuestas para evitar las inundaciones, captando las escorrentías de ladera interceptadas por los viales de la urbanización Cerrado de Calderón para verterlas al cauce y recuperando éste hasta su vertido al mar.

ABRIL 2011.- Conato de inundación del Museo Thyssen

En el mes de abril de 2011 a consecuencia de las lluvias recientes el Departamento de Proyectos y Obras redactó un informe con un conjunto de planos para analizar el motivo del origen de la acumulación de escorrentías superficiales en calle Compañía en la que se encuentra el museo Thyssen, mostrando gran interés el Sr. Alcalde en conocer el motivo de las inundaciones que se producen en la zona: las aguas proceden de las escorrentías de la ladera oeste de los montes de Ciudad Jardín. Poco después el Sr. Alcalde ordenó la redacción de Planes Directores de Saneamiento y Drenaje de la ciudad, comenzado por los de las márgenes del río Guadalmedina.

NOVIEMBRE 2012.- Entre las zonas afectadas destacar el P.I. Guadalhorce, la barriada de Ciudad Jardín, arroyo de Aceiteros (o de Cambrones), zona de calle Hilera, P.I. La Estrella, márgenes del arroyo de La Caleta.

El impacto causado en las zonas afectadas dio lugar a la ejecución de unas obras como ACTUACIONES DE EMERGENCIA entre las que cabe indicar las que siguientes:

- Desvíos de escorrentías superficiales procedentes de la cuenca del arroyo de Quintana que a través de ODT de la Autovía Ronda Este que se dirigían hacia diversas calles de la barriada de Ciudad Jardín pertenecientes a otra cuenca vertiente al sur. Se optó por realizar unas zanjas en el terreno natural para que desaguaran a la cuenca del Arroyo de la Alegría de la Huerta.
- Eliminar hormigón de protección del Oleoducto de Puertollano que invadía el encauzamiento del arroyo de Las Cañas, disminuyendo su sección con peligro de desbordamiento por calle Cuevas del Becerro del P.I. La Estrella.



- Drenaje de punto bajo existente en calle Fidas (P.I. Santa Bárbara) mediante la ejecución de captaciones con arquetas drenantes conectadas a un nuevo colector de pluviales con vertido a la zona al norte de Pryca Los Patios y Polideportivo Martín Carpena que desagua al canal de la margen izquierda de río Guadalhorce.

- Recuperación y aumento de la altura de la sección en el interior del embovedado del arroyo de Aceiteros, totalmente cegado por los arrastres de su cuenca depositados en su interior desde la Avda. de las Postas hasta su desembocadura al río. El agua desbordada inundó el sótano del aparcamiento público en el cruce con la calle Nuestra Señora de las Guías, además de la inundación de la barriada a través de la calle San Juan Bosco hacia el sur.

SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2015.- Entre las áreas más afectadas por las lluvias cabe indicar la Avda. de Velázquez en la zona de la Base Aérea, calle Héroe de Sostoa (gasolinera), calle Hilera (edificio de la Delegación de Hacienda).

El Sr. Alcalde promovió varias reuniones en Alcaldía y una posterior rueda de prensa en la que se mostraron unos paneles con planos de las distintas zonas de la ciudad indicando las más afectadas. De dicha exposición se encargó un listado al Departamento de Arquitectura e Infraestructuras de las más urgentes, contratándose la redacción de los Proyectos prioritarios entre los que cabe señalar los siguientes dentro del concepto PLAN DE MEDIDAS URGENTES PARA MEJORAR EL DRENAJE DE LA CIUDAD:

a) Para CAPTACIÓN DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIALES se propone la construcción de arquetas drenantes conectadas a colectores o canalizaciones de arroyos con suficiente capacidad de evacuación, entre las que se indican las siguientes, cuyas obras ya se realizaron:

- Curva del Camino del Colmenar colindante al Parque al norte de EMASA. Se conecta a embovedado del arroyo del Cementerio.
- Camino del Colmenar a la entrada de EMASA. Se conecta al embovedado del arroyo del Cementerio.
- Calle Toquero, esquina con calle Periodista Juan de Cortés. Se injiere a colector existente.
- Calle Bodegueros en confluencia con la Avda. Juan XXIII. Se conecta a colector del Polígono carretera de Cártama.
- Calle Juan Gris en su unión a la Glorieta del Carnaval. Se vierte a embovedado del arroyo de Teatinos.
- Glorieta del Carnaval. Accesos a Servicios Operativos. Se conecta a embovedado del arroyo de Teatinos.



- Calle Alcalde Díaz Zafra junto a glorieta en Camino de San Rafael. Se vierte al colector de calle Sillita de la Reina.

- Calle Rafael Pérez Estrada. Con la ampliación del ancho de la calle, pasando de 5,00 metros de ancho a 10,00 metros, se eliminó la rejilla transversal instalada a raíz de las lluvias de 1989. Este sistema se ha vuelto aplicar para drenar el punto bajo existente antes de la unión de la calle con el Paseo Marítimo, conectando la rejilla a un pozo de registro de la conducción que vierte directamente al mar.

b) Mejora del drenaje de Calle Practicante Pedro Román (Arroyo de Pilonos)

La calle Practicante Pedro Román es un tramo aguas debajo de calle Bolivia al que vierte el embovedado del arroyo de Pilonos en su curso hacia el mar. La calle presentaba una rasante variable con lomos más altos que el paso del arroyo por calle Bolivia, y disponía de acerados laterales. Como solución se estudió una rasante única en toda su longitud, eliminando las aceras y dotando al pavimento de una línea de agua en el eje de la calle con pendientes transversales hacia el mismo. También se eliminaron las barandillas que limitaban el Paseo Marítimo, en las que se acumulaban los arrastres de plantaciones depositados por las avenidas del arroyo. Con estas actuaciones se consiguió aprovechar todo el ancho entre alineaciones de la calle para desaguar las aguas con menor altura de lámina de agua, evitándose la inundación de las calles laterales y del Paseo Marítimo.

c) PLAN DE SOSTENIBILIDAD.- Como continuación del PLAN DE MEDIDAS URGENTES PARA MEJORAR EL DRENAJE DE LA CIUDAD se incluyeron la redacción de los siguientes proyectos:

- Mejora del drenaje del polígono industrial La Huertecilla.

El proyecto consiste en encauzar los arroyos del Boticario y de Las Yeguas cuyas avenidas superan el encauzamiento existente en el P.I. Carambuco. Dicho desvío se propone por el espacio que separa el citado polígono industrial del de La Huertecilla, hasta conectar con la obra de drenaje transversal existente en la línea del AVE.

- Actuaciones varias en arroyo del Leñar.

Se trata de la redacción de un proyecto que contemplase el conjunto de obras necesarias para evitar las inundaciones en la zona de Pedregalejo, tomando como base el “Estudio de la zona” realizado por el Departamento de Proyectos y Obras en julio 2010.

Además de la recuperación del cauce original del arroyo del Leñar en los espacios que aún quedan libres, se previeron soluciones para evitar los daños



causados por las fuertes lluvias de 2016 en la zona alta de calle Flamencos y en calle Unidad.

- Estudio complementario de soluciones de adecuación del arroyo de la Caleta.

Después de un análisis completo de la cuenca del arroyo, se proponen actuaciones en los cauces tributarios: Tashara, Toquero y Mayorazgo, así como la modificación de la rasante del arroyo de La Caleta que, al estar confinado por los cerramientos que limitan las parcelas de ambos márgenes, debe recurrir a bajar la rasante del cauce para conseguir desaguar la avenida de T500. Dicha modificación de rasante facilita la construcción de sendos puentes para conectar los Paseos de Limonar y Miramar.

DICIEMBRE 2016.- A destacar la inundación de la línea 1 del Metro al penetrar las escorrentías superficiales por la boca de entrada de la estación El Perchel, situada en calle Roger de Flor.

En los meses de Septiembre-Octubre se contrataron asistencias técnicas para la redacción de los siguientes proyectos de Infraestructuras y Servicios Hidráulicos [PAI 2016-1061 (12 LOTES)]:

- Proyecto de Mejora del Drenaje en Avda. José Ortega y Gasset. Para eliminar las dificultades de comunicación al tráfico rodado y peatonal que provocan las escorrentías superficiales frente al P.I. Pérez Texeira, se propone la construcción de captaciones de escorrentías superficiales mediante arquetas con rejillas-trámex diseñadas al efecto conectadas al arroyo de Roldán.

- Proyecto de Mejora del Drenaje en c/ Canadá (Polígono Industrial El Viso). Se propone el Encauzamiento del arroyo de La Palma desde la Avda. del duque de Ahumada hasta el arroyo de Las Cañas, recogiendo a su paso las escorrentías superficiales que discurren por calle Canadá.

- Proyecto de encauzamiento del Arroyo de la Rebanadilla (Bda. Campanillas). Se propone eliminar inundaciones en c/ Fausto (Urb. El Roquero) encauzando el arroyo hasta el límite sur de la calle.

- Proyecto de Modificación embovedado arroyo Quintana. Consiste en modificar el embovedado existente desde calle Emilio Thuiller a vía servicios oeste de la Avda. Jacinto Benavente y un realizar un desvío al río.

- Proyecto de construcción de mejora de drenaje de calle César Vallejo. Una vez soterrada la línea del ferrocarril Málaga a Fuengirola, se propone eliminar la inundación del punto bajo existente mediante recogida de las escorrentías y conexión a colector de pluviales del P.I Gudalhorce.

- Proyecto de Mejora del Drenaje de la Avda. Velázquez (zona de la Base Aérea). Consiste en captar las aguas que provocan inundación en esa vía mediante la instalación de “arquetas drenantes” conectadas al colector



existente en la urbanización de los terrenos de IKEA hasta el límite de su capacidad de evacuación (unos 3,5 m³/seg).

- Proyecto de prolongación del colector de pluviales del P.I. Santa Teresa. Se pretende evitar las inundaciones que produce el vertido de un colector del citado polígono a la antigua acequia de Labradores (actualmente sin uso de riego) que discurre colindante a las instalaciones de CLH mediante un encauzamiento hasta cruzar la calle Joaquín Vargas y desviar las escorrentías de la zona oeste hacia el canal de la margen izquierda del río Guadalhorce.
- Proyecto de mejora del drenaje en el Polígono Industrial Santa Cruz. Consiste en desconectar las conexiones de las redes residuales y pluviales en la glorieta de la carretera de la Azucarera con el camino Huerta de la Cruz, así como en la instalación de un nuevo colector de pluviales para drenar las escorrentías que se concentra en el citado camino, hasta el colector existente en Carlo Goldoni. También se incluye restablecer los vertidos pluviales a Laguna Los Prados.
- Proyecto de mejora del drenaje de la Urbanización Playa Virginia. Dado que los colectores existentes para drenar las aguas que inciden en la carretera de Almería no resuelven las inundaciones que se producen en la urbanización de Playa Virginia y zonas colindantes, se propone la construcción de un nuevo colector con vertido al mar al este de los vertidos actuales.
- Proyecto de mejora del drenaje en diversas zonas del Litoral Este y margen derecha Guadalmedina. Consiste en la captación de escorrentías superficiales mediante arquetas drenantes de capacidad apropiada al lugar en las que se instalan: cruce de la avenida de La Palmilla con la Avda. Valle Inclán; Cañada de los Ingleses, en la conexión con Avda. de Pries; calle Arquitecto Alonso Carbonell y Paseo marítimo El Pedregal (prolongación desagüe de calle Venezuela..
- Proyecto de desvío del Arroyo de la Palma en la zona del Hospital Clínico. Se proyecta un embovedado complementario al existente bajo aparcamiento, que no tiene sección suficiente para desaguar las avenidas del arroyo.
- Proyecto de mejora del drenaje del Paseo de los Curas y de la calle San Nicolás. Se trata de disponer los medios necesarios para evitar las inundaciones que se producen en el Paseo de los Curas y en calle San Nicolas, cruce con calle Vélez Málaga, por las que las escorrentías penetran en el aparcamiento subterráneo existente en el interior de los terrenos portuarios.
- Independientemente de estos proyectos, también se realizó la contratación del Proyecto de mejora de la barriada de Dos Hermanas, cuyo objetivo es evitar las inundaciones en la zona de la calle Héroe de Sostoa (gasolinera Alaska) mediante la construcción de un nuevo colector a lo largo de calle Vicente Alexandre y Concejal Muñoz Cerván con desagüe al mar que descargue el que discurre por la Avda. de la Paloma y calle Santos Rein.



FEBRERO 2017.- Las fuertes lluvias acaecidas el día 19 de febrero del año en curso, originaron serios daños en calle Unidad y en la zona alta de calle Flamencos, con desprendimiento de laderas e incluso de la calle. Indicar que en el “Proyecto de actuaciones varias en arroyo del Leñar” ya redactado dentro del PLAN DE SOSTENIBILIDAD 2015 antes mencionado, se había incluido actuar justamente en esos lugares ahora seriamente dañados.

PARTE II. DISEÑO DE REDES DE DRENAJE URBANO

a) INTRODUCCIÓN

Como es obvio, el origen de las inundaciones en las ciudades son las grandes precipitaciones causadas por el estrangulamiento de un meandro en las capas altas de la troposfera que aísla aire frío en el seno de aire más cálido y meridional, presentando el conjunto circulación ciclónica (“gota fría” o DANA).

La localización preferente de las “gotas frías” en el área peninsular y sus proximidades se da en su mitad occidental y sus repercusiones más sobresalientes tienen lugar en la vertiente mediterránea.

El perfil topográfico de Málaga tiene una parte con una fuerte pendiente en todo su litoral este, zona del Puerto de la Torre y montes de margen izquierda de Campanillas que después se suaviza, causando la rápida concentración de agua en las zonas de escasa pendiente hacia sus vertidos.

De acuerdo con este perfil, las aguas de lluvia en las zonas altas adquieren velocidades de elevadas que provocan erosiones por los cauces existentes en el terreno natural, causando una rápida concentración de aguas y aportación de arrastres de materiales sólidos en las zonas de escasa pendiente hasta los vertidos en su medio receptor.

En las zonas urbanas consolidadas los diseños de las redes de drenaje han sido muchas veces el resultado de análisis hidráulicos poco o nada justificados. En unos casos la falta de datos fiables de lluvia y en otros el empleo de cálculos innecesarios y sin visión global de la red tienen como resultado final unas redes con capacidades de desagüe muy deficientes en multitud de ocasiones.

b) PROCESOS HIDROLÓGICOS EN LA CIUDAD

El agua que afluye a la red de saneamiento procede de la escorrentía urbana, de los afluentes urbanos y de las filtraciones a la red.

Al llover sobre una zona urbana impermeable se sigue el siguiente proceso: mojar las superficies de edificios y pavimentos, parte se evapora y otra queda atrapada en posibles huecos y depresiones del terreno. Si sigue lloviendo más el agua se moviliza hacia los puntos de recogida (tejados de las edificaciones, sumideros en las calles, etc.) que las conectan a la red de saneamiento.



Si la pendiente de la calle es muy acentuada, los sumideros no tienen una eficacia completa y una parte de la escorrentía escapa y sigue hacia abajo hasta zonas más llanas, lo que puede provocar que la cuenca vertiente de la red de drenaje no coincida con la cuenca superficial. De ahí la importancia del diseño de la rasante de los viales de forma que las captaciones de las escorrentías mediante los sumideros se integren en sus cuencas correspondientes.

El funcionamiento hidráulico de este proceso es un movimiento en lámina libre por superficies de diferentes geometrías, siendo necesario para evacuar estas cantidades de agua, unas captaciones tanto mayor cuanto más intensas sean las lluvias y en función de la capacidad de la red a la que se conectan.

En las superficies permeables el agua caída moja la vegetación que la intercepta. Si sigue lloviendo, el agua alcanza la superficie del terreno y allí rellena depresiones en parte y una parte más considerable se infiltra, proceso éste más característico de las zonas permeables. Las cantidades que escurren por superficie se movilizan en busca de un punto de entrada en la red o pasan a zonas impermeables, donde siguen el curso antes citado. La diferencia entre zonas la marca por tanto la infiltración, por lo que en los cálculos para obtener el caudal máximo para el dimensionamiento de la red se emplea distinto coeficiente de escorrentía entre las superficies impermeables y permeables.

c) CONCEPTOS HIDRÁULICOS

En la red de drenaje el tipo de flujo más general que puede encontrarse es el denominado flujo no permanente, en el que el calado y la velocidad varían a lo largo del tiempo. No obstante se considera la existencia de un flujo permanente dentro de la red, particularizado para el caudal máximo de paso, aceptando que el calado y velocidad para una sección cualquiera permanecen constantes a lo largo del tiempo.

Si en un conducto el agua circula a sección llena o no, encontramos un flujo a presión (sección llena) o en lámina libre, siendo ésta última la situación más habitual de diseño.

Dentro de los flujos en lámina libre, otro aspecto hidráulico a considerar es la influencia de las fuerzas de inercia (energía cinética) con respecto a las fuerzas gravitatorias (energía potencial) actuantes sobre el agua, relación que se expresa mediante el número de Froude:

$$Fr = \frac{2E_c}{E_p} = \frac{v^2}{gh} = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$



En función de su valor podemos encontrar flujos de tipo subcrítico o lento cuando $Fr < 1$, propio de conductos con poca pendiente; supercrítico o rápido si $Fr > 1$, característico de conductos con elevada pendiente. Se dice que el flujo es crítico cuando $Fr = 1$.

Si se aproximan las condiciones del flujo no permanente en cada conducto de la red de drenaje a las de un flujo permanente para el caudal máximo circulante por cada tramo, nos encontramos con dos tipos de régimen:

- Régimen permanente uniforme, donde para un conducto de sección constante, el nivel del agua es el mismo para una sección cualquiera, así como la pendiente y la velocidad. Esta condición sólo se alcanza para longitudes del conducto de muchos cientos o miles de metros, por lo que en realidad es poco frecuente en un conducto de una red de drenaje, y considera que la pendiente de la línea de energía (pendiente motriz) es igual a la pendiente de la solera del conducto.

- Régimen permanente gradualmente variado, en el que para un conducto de sección constante, el nivel del agua puede variar en cada tramo de punto a punto, así como la pendiente y la velocidad. La pendiente motriz se realiza en una sección cualquiera del colector atendiendo a consideraciones de tipo energético: altura de velocidad ($\frac{v^2}{2g}$) + calado (h) + altura de posición (z)

Para el cálculo de caudales a considerar en la red de drenaje se suele emplear la fórmula de Manning que permite relacionar el caudal circulante con el calado, cuya expresión es:

$$Q = S \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n}$$

Mediante una hoja de cálculo se puede relacionar la altura de llenado con las variaciones de caudales y velocidades para secciones de todo tipo: circulares, rectangulares, trapecoides, etc...

En cuanto a la velocidad del agua en los conductos, no existe un criterio uniforme para fijar el valor de la velocidad mínima en colectores unitarios y se suele emplear 0,60 m/seg para aguas residuales y de 1,00 m/seg para el caudal de proyecto (residuales más pluviales).

Referente a la velocidad máxima va asociada al tipo de material. En el caso de colectores de pluviales para el caudal de proyecto no es recomendable sobrepasar la velocidad de 6,00 m/seg. No obstante, dado que el funcionamiento de la red se limita al tiempo de lluvia, en tramos con pendientes muy elevadas y para evitar la instalación de pozos con resaltos a distancias muy próximas entre ellos debido al límite de la velocidad, se podría considerar aceptable que dicho límite pueda ser superado.



d) PLANEAMIENTO URBANÍSTICO Y DRENAJE URBANO

El aspecto más evidente del crecimiento de las ciudades a consecuencia del proceso urbanizador es el del aumento de la escorrentía motivado por la sustitución del terreno natural, generalmente rural, con cierta vegetación y capacidad de almacenamiento y filtración de agua, por suelos con una elevada impermeabilidad que alteran sustancialmente la hidrografía original.

Así, cuando el desarrollo urbano se realiza desde el núcleo consolidado de la ciudad hacia aguas arriba, ocupando cauces de arroyos y vaguadas, el incremento de la escorrentía se traduce en un aumento de caudal que debe atravesar el casco urbano más antiguo el cual, al no disponer de redes de drenaje con suficiente capacidad, facilita la aparición de inundaciones al verse sometido a hidrogramas de mayor volumen, mayor caudal y menor tiempo entre el inicio de la lluvia y la presentación del caudal máximo que no es posible absorber por la red de drenaje existente. Esto obliga a la implantación de grandes colectores en las zonas consolidadas o, como soluciones alternativa, a la realización de interceptores o desvíos de caudales.

Por tanto, es necesario que el planeamiento no sólo se limite al suelo, sino que debe extenderse también a su transformación, canalizando los arroyos que lo surcaban y proyectando las limahoyas y limatesas necesarias que permitan adaptar la urbanización del suelo al terreno natural.

Esto implica la necesidad de incorporar a los grupos encargados de la planificación urbana especialistas en drenaje urbano que aporten la sensibilidad y los conocimientos técnicos necesarios para facilitar la más correcta evacuación de las aguas pluviales.

Por otra parte, las redes de aguas residuales y pluviales y las de suministro de servicios (agua, electricidad, control de circulación y alumbrado público, así como otras: fibra óptica, TV por cable, etc) se entremezclan con las infraestructuras de transportes (líneas ferrocarriles y metro, aparcamiento subterráneos, pasos a distinto nivel de vehículos y peatones, etc) se van implantando en el subsuelo atendiendo en muchas ocasiones al principio de que el primero que se instala es el que elige emplazamiento, lo que supone la inutilización de este espacio para otro posible usuario en detrimento de las instalaciones hidráulicas, de las pocas que deben necesariamente discurrir por él, encontrando cada vez más dificultades para implantarse, debido además por la gran rigidez que presentan en su trazado a causa de los condicionantes que le impone su funcionamiento por gravedad.

En consecuencia, en la utilización del subsuelo por los diferentes usuarios es preciso coordinarlos e introducir prioridades, debiendo ser objeto de especial protección los grandes ejes de drenaje.



e) EVOLUCIÓN DEL DRENAJE URBANO

Para evitar el impacto de construcción de nuevos colectores en las zonas urbanas consolidadas, técnicas nuevas surgidas de un mayor conocimiento y aplicación de los procesos hidrológicos e hidráulicos se están introduciendo progresivamente como alternativas a las soluciones tradicionales de evacuación.

Estas técnicas se basan en el almacenamiento temporal del agua y en la filtración (estanques de tormentas y depósitos de retención, calzadas porosas, zonas de infiltración, etc) con el objeto de reducir los aportes finales de las cuencas urbanas hasta los límites impuestos por la capacidad realmente disponible de las redes existentes, evitándose la ampliación de estas.

Este tipo de soluciones tiene su principal aplicación en zonas de nueva urbanización, por lo que dentro de los planes de ordenación urbana de muchas ciudades se están incluyendo reservas de espacios públicos para la instalación de elementos de retención y laminación de aguas pluviales, que puedan integrarse en el entorno y ser capaces para otros usos compatibles (parques, espacios deportivos, etc)

También es necesario potenciar el almacenamiento de las escorrentías con este tipo de instalaciones a la vista de las exigencias cada vez mayores de las normativas en relación con los límites de emisión de contaminantes en el medio receptor.

Se puede constatar que la contaminación específica de las aguas de escorrentía pluvial es muy importante. Por tanto, reducir la concentración y la frecuencia del vertido por los aliviaderos de tormenta y modular las variaciones básicas de cada afluente a las estaciones depuradoras en época de lluvia, son factores sobre los que se deberá actuar con más decisión y generalidad en el futuro.

f) DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

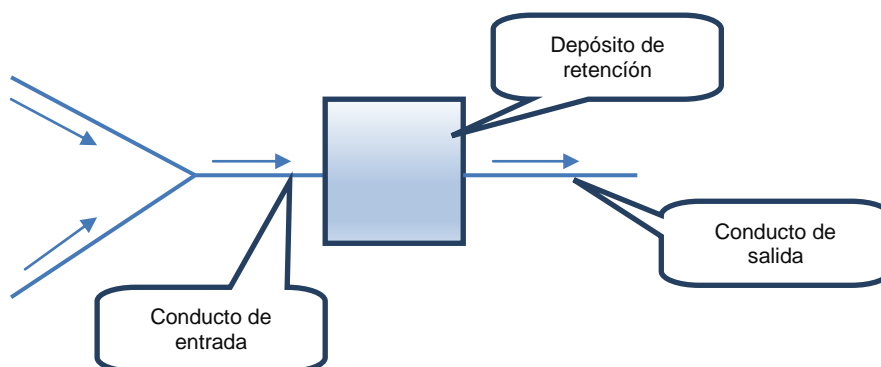
Los depósitos de retención son estructuras hidráulicas con capacidad de almacenamiento para retener parte del caudal de escorrentía y reducir por laminación y almacenamiento hasta un caudal máximo que se desee hacer circular por la red, cuya magnitud está en función de la capacidad de desagüe de la red existente aguas abajo. Podemos distinguir dos tipos:

Depósitos de retención sin derivación

También llamados depósitos en línea o en serie, se ubican en la traza del colector de manera que todo el caudal atraviesa el depósito de retención, cuya función consiste primordialmente en atenuar los caudales punta aprovechando la capacidad de almacenamiento y laminación que tenga el depósito, al que se

le puede adicionar un elemento regulador que limite el caudal de salida a un valor máximo acorde con las condiciones del conducto de desagüe.

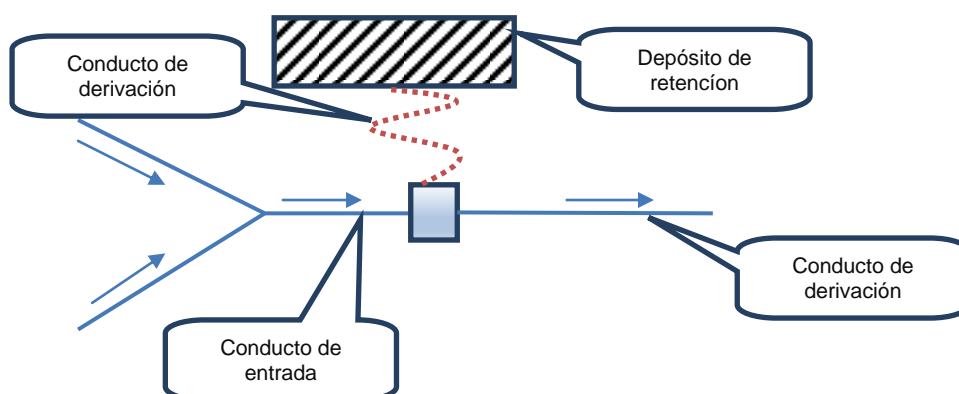
Este tipo de depósitos tiene la ventaja de un diseño y explotación sencilla y que en la mayoría de los casos el vaciado se hace por gravedad. Sin embargo, no siempre es posible de disponer de un área lo suficientemente grande como para eliminar adecuadamente los caudales de entrada y que además esté en la traza de la red. El esquema de una red con depósito de retención sin derivación sería de este tipo:



Depósitos de retención con derivación

Llamados también depósitos en paralelo, se caracterizan porque parte de las aguas circulantes por la red son derivadas mediante un aliviadero y una conducción a un depósito ubicado fuera de la red, reteniéndose allí para luego ser evacuadas. El depósito puede estar ubicado en cualquier lugar con cierta flexibilidad para elegir la más adecuada (en función, por ejemplo, del conducto de evacuación).

Su principal desventaja es que no siempre es posible vaciarlo por gravedad, lo que supone incluir la construcción del elemento de conducción y el de vaciado progresivo del caudal almacenado una vez haya pasado la tormenta.



Esquema de una red con depósito de retención con derivación



Depósitos de retención mixtos (serie/paralelo)

Algunas veces se utiliza la combinación de depósitos con la finalidad de controlar la contaminación ambiental, utilizando el depósito en paralelo para almacenar las primeras aguas de lavado y que éstas no se viertan directamente en el lecho de los ríos o en el mar, y el depósito en serie cumpla únicamente la función de laminación a caudal. (En ocasiones podemos dimensionar un mismo depósito donde un cierto volumen se dedicará a retener las primeras escorrentías y el resto a laminar caudales punta.

A destacar que en el apartado de red de saneamiento del PEPRI CENTRO estudiado por el Departamento de Arquitectura e Infraestructuras de la GMU a mediados del año 2014 se propuso la instalación de un Estanque de retención en la explanada de aparcamiento de vehículos existente en el Muelle nº 8 del Recinto portuario para regular la variación de caudales de los colectores de la margen izquierda del río Guadalmedina, laminando aportaciones y conectando los vertidos al nuevo emisario a construir en el río para los vertidos de la nueva Estación de bombeo ya construida en la explanada de San Andrés, margen derecha del Puerto. Dicho depósito de retención se incluyó también en el Plan Especial de Infraestructuras Básicas de la ciudad.

Asimismo, el citado PEIB incluyó otro depósito de retención en el Parque del Norte para retener las aguas residuales y pluviales de la cuenca del arroyo del Cuarto y reducir por laminación y almacenamiento el caudal que se desee hacer circular por los colectores y embovedados del arroyo existentes agua abajo. La construcción de este depósito de retención evitará la entrada en carga del embovedado del arroyo aguas abajo del mismo y con ello la inundación de la Avda. de Andalucía, Plaza de Armengual de la Mota y el tramo calle Hilera hasta el río Guadalmedina.

g) DESCARGAS DE SISTEMAS UNITARIOS. TANQUES DE TORMENTAS

Según se ha observado en otros países, la mayor carga contaminante de las aguas está abocada a los primeros minutos de lluvia ya que el grado de dilución de la descarga al medio receptor es mucho menor que en un día de lluvia intensa y por tanto las concentraciones de materias contaminantes mucho más elevadas y potencialmente más peligrosas y se conducen a la estación depuradora.

En tiempo de estiaje los sistemas unitarios conducen únicamente las aguas residuales a la estación depuradora y en época de lluvia los sistemas unitarios conducen las aguas residuales y las de escorrentías. Cuando la capacidad del sistema es superada se producen las Descargas de Sistemas Unitarios, conocidos comúnmente como DSU.

Para minimizar y controlar los impactos de las DSU en el medio receptor es necesario disponer unas estructuras hidráulicas que deriven al medio receptor los caudales en exceso sobre las que deben ser conducidas a la estación

depuradora. Estas estructuras se denominan TANQUES DE TORMENTAS, destinados a limitar el caudal producido en tiempo de lluvia.

Durante la primera fase del evento lluvioso es cuando se concentra la mayor parte de la contaminación, por ello resulta imprescindible conducir esta agua hasta la estación depuradora. Si el fenómeno de lluvia continúa, el agua sobrante se aliviará directamente al medio receptor, habiendo perdido (el agua) su contaminación dentro del tanque de tormentas.

Los tanques de tormentas pueden colocarse en línea o en paralelo respecto a la red de saneamiento, según los esquemas que siguen:



La colocación en línea implica que las aguas controladas de un tanque se mezclarán con las aguas residuales no controladas (del colector), con la consecuencia de diluciones variables del agua residual en el flujo hacia la Estación depuradora.

Con la colocación en paralelo se consigue que la dilución sea constante (en el colector) y que los caudales queden controlados. Es por eso que la ubicación en paralelo sea concebida como la manera más aconsejable de situar el tanque en la red de saneamiento.

Volumen del tanque de tormentas

El criterio más generalizado es que su volumen sea capaz de retener como mínimo la contaminación producida por la primera lluvia. Según criterio de la Confederación Hidrográfica Norte, este volumen corresponde a uno tal que para una lluvia de 20 minutos de duración con una intensidad de 10 litros/seg por segundo y hectárea impermeable no produzca vertidos por el aliviadero.

Partes de un tanque de tormenta

Un tanque de tormenta consta de cuatro partes principales:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras

- Una cámara central, que conduce el agua residual desde la entrada al tanque hasta un elemento regulador.
- Una cámara de retención, donde se almacena la primera fase de la tormenta una vez se ha superado la capacidad de la cámara central.
- Una cámara de alivio, por donde se conducen los excesos de tormenta al medio receptor.
- Una cámara seca, donde se ubica el elemento regulador de caudal.

ESQUEMA DE TANQUE DE TORMENTAS

