Guías técnicas ANDECE

ANDECE
Industria Prefabricado Hormigón

CANALIZACIONES PREFABRICADAS DE HORMIGÓN

Versión 2 – julio 2019

1. INTRODUCCIÓN 4

2. UN POCO DE HISTORIA 6

3. REDES DE DISTRIBUCIÓN 9

3.1. Redes de abastecimiento 9
3.2. Redes de saneamiento 9
3.3. Drenaje transversal de obras lineales 9
3.4. Redes para riego 10
3.5. Galerías de servicios 10

4. CLASIFICACIONES Y TIPOLOGÍAS 11

4.1. Clasificaciones 11
4.2. Tubos 13
Nuevos depósitos de Los Leones (Zaragoza) 15
4.3. Pozos de registro 19
4.3. Elementos complementarios de las redes 22
4.4. Pasos subterráneos 32
Dovelas para el túnel de la red de cercanías de Barcelona 40
4.5. Tanques y depósitos 41

5. PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROYECTO 44

5.1. Generalidades 44
5.2. Reglamentación aplicable 44
5.3. Herramientas: programa de cálculo mecánico de tubos de ATHA 48

6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN 52

6.1. Generalidades 52
6.2. Planificación del montaje 52
Remodelación del frente marítimo de Rius i Calvet mediante marcos prefabricados de hormigón 59
6.3. Mejoras recientes 59

7. SOSTENIBILIDAD 62

7.1. Generalidades 62
7.2. Declaración ambiental de producto (DAP) 62
7.3. DAP de canalizaciones prefabricadas de hormigón 63
7.4. Otras consideraciones 65

8. METODOLOGÍA BIM 67

8.1. Conceptos básicos *67*
8.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados *68*
8.3. Plataformas de objetos BIM *69*
8.4. Entrada del prefabricador al proyecto *72*
8.5. BIM como elemento de diferenciación *72*

9. CONCLUSIONES: VENTAJAS ***74***

9.1. Técnicas *74*
9.2. Económicas *74*
9.3. Sostenibilidad *77*
9.4. Comparativa con sistemas alternativos *78*

EMPRESAS ASOCIADAS ***80***

SOCIOS ADHERIDOS ***80***

REFERENCIAS ***81***

1. INTRODUCCIÓN

Por lo general no somos realmente conscientes de la abrumadora presencia de elementos prefabricados de hormigón en nuestro entorno e incluso aquellos que se encuentran de manera oculta en los edificios o bajo tierra. Basta con echar un vistazo a tu alrededor y podrás encontrarte con numerosas piezas prefabricadas, habiéndose convertido en un elemento familiar y cotidiano.

Actualmente la oferta de elementos prefabricados de hormigón es tan amplia y versátil que permite realizar, casi en su totalidad, cualquier edificio, infraestructura o espacio urbano sin caer necesariamente en una construcción rígida de catálogo.

Una de las categorías más asentadas es la relativa a las canalizaciones prefabricadas de hormigón, que abarca distintos elementos con que configurar sistemas subterráneos, como tubos, pozos de registro, arquetas, marcos, dovelas, embocaduras, aletas y otros elementos prefabricados de hormigón, principalmente destinados a la creación de redes de saneamiento y drenaje.

El hormigón armado es un material muy utilizado para la fabricación de estos elementos, por su gran capacidad de cubrir las exigencias de diseño que cada caso precise. Diferentes diámetros, espesores, resistencias, incorporación de elementos auxiliares, piezas complementarias, o adaptación de extremos a cualquier tipo de sistema de unión. Han adaptado sus prestaciones a la creciente demanda que, en los aspectos mecánicos, estanquidad y durabilidad, han ido recogiendo las normativas en su constante actualización. Esto le ha permitido mantenerse como solución insustituible en este tipo de obras, a pesar de la irrupción de otros materiales.

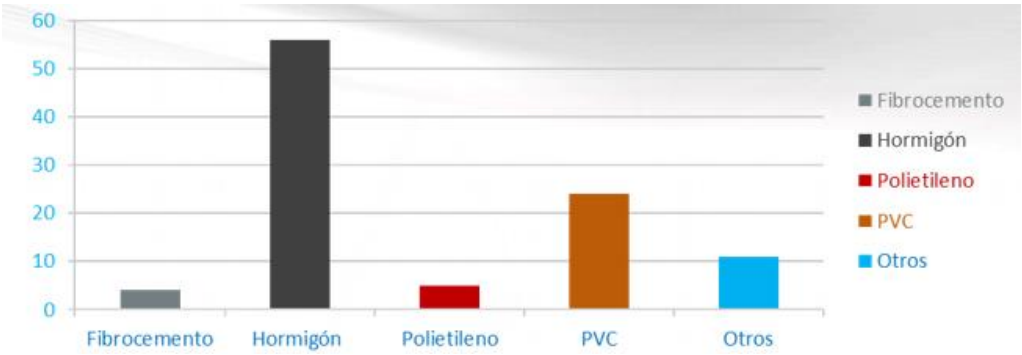


Figura.- Materiales utilizados en las redes de saneamiento (%). Fuente: XIV Encuesta Nacional. Suministro de agua potable en España y Saneamiento. 2016. (AEAS)

Esta guía técnica pretende introducir al lector en todo el potencial que ofrecen las canalizaciones prefabricadas de hormigón frente a otros sistemas alternativos. Repasaremos las principales tipologías de elementos y describiremos una serie de principios básicos que deben tenerse en cuenta para un correcto diseño de las canalizaciones prefabricadas de hormigón, así como enseñar cuáles son los procesos productivos de los elementos y cómo se ejecutan correctamente dichas canalizaciones, además de introducir algunas de las tendencias más actuales como la metodología BIM o el cumplimiento de criterios de sostenibilidad.

2. UN POCO DE HISTORIA

Las primeras obras de saneamiento utilizaban básicamente tubos cerámicos para pequeños diámetros y caces de losas de piedra para elementos de mayores dimensiones, no siendo hasta el siglo XVIII cuando se comienza la fabricación en hormigón y en el siglo XIX cuando se industrializa la producción y se extiende su uso.

Figura.- Fabricación tubo de hormigón de 300 mm (12") de diámetro en 1911 para el Proyecto Yakima en Washington (Estados Unidos)

Hasta mediados del siglo XX se utilizaban los tubos de hormigón en masa sólo para pequeños diámetros, mientras que para dimensiones mayores eran las galerías abovedadas construidas in situ la solución más extendida.

En la segunda mitad del siglo XX se empieza a extender el uso de estas galerías abovedadas prefabricadas y armadas, equipadas con andén para hacerlas visitables y con unión machihembrada a sellar en obra. Para los tubos se utilizaba básicamente la sección circular y ovoide y siempre con unión machihembrada que se remataban en obra con corchetes de ladrillo o mortero simple.

En los años 60 se produjo un hito importante al iniciarse el uso de sistemas de sellado con junta de goma, al tiempo que iban aumentando las dimensiones de los tubos prefabricados (en torno a 800 mm de diámetro máximo).

Otro hito se produce en los años 80 cuando se introdujo a nivel industrial, la fabricación de los tubos reforzados con jaulas hechas en máquinas automáticas y que incorporaban armadura longitudinal y transversal en el proceso, aumentando todavía más el diámetro hasta los 1.200 mm. Esto permitió aumentar las dimensiones de los productos prefabricados siendo las condiciones de transporte el límite práctico para su fabricación.

Figura.- Fabricación de armaduras

Paralelamente a la evolución tecnológica, el desarrollo reglamentario ilustra perfectamente este proceso de crecimiento. En Europa y más en particular en España, a mitad de esa década aparecieron las primeras normas específicas y manuales para tubos de hormigón de saneamiento, con la introducción de métodos de cálculo, clases resistentes, factores de apoyo y especificaciones sobre pruebas en fábrica y en obra. Hasta esta época eran los Pliegos de Administraciones locales, basadas por lo general en las normas americanas ASTM, las especificaciones que se debían cumplir.

Los controles de resistencia y estanquidad de tubos y uniones hicieron que mejorara extraordinariamente el comportamiento de los colectores reduciendo las roturas y fugas de agua de manera sustancial.

Figura.- Prueba de estanquidad de los tubos realizado en la propia planta de prefabricación

A finales del siglo XX se publicaron las normas españolas de tubos y pozos basadas en los borradores de las normas armonizadas europeas y en las que ya se introdujeron los sistemas de aseguramiento de la calidad a nivel global. En 2004 se transpusieron ya las euronormas y desde entonces son la referencia del sector.

En cuanto a las tipologías, los elementos circulares eran (y siguen siendo) los más utilizados, aunque a partir de principios de este siglo se extiende el uso a secciones rectangulares y abovedadas para su aplicación tanto en saneamiento como en galerías de servicios, obras de drenaje transversal o conducciones eléctricas.

Llegados a este punto, se puede afirmar que los elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones son una de las tipologías más fiables y reconocidas en la obra civil, albergando todavía un margen de mejora y de crecimiento en el mercado muy notables.

3. REDES DE DISTRIBUCIÓN

Aunque vamos a centrar el contenido de esta guía en los elementos de hormigón utilizados en obras de saneamiento y drenaje, debemos definir los tipos de redes o conducciones existentes.

3.1. Redes de abastecimiento

Son las que transportan y distribuyen el agua de consumo desde las captaciones a los depósitos y la distribuyen de éstos a hogares, industrias, etc. Los tubos de hormigón se utilizan en las conducciones en alta presión, correspondiendo a otros materiales la labor de la distribución.

3.2. Redes de saneamiento

Son las que se encargan de recoger las aguas negras y pluviales y a través de los emisarios, transportándolas hasta las depuradoras. Pueden ser unitarias, cuando las fecales y pluviales van por el mismo conducto, o separativas cuando se dispone un conducto para aguas pluviales y otro para fecales. El agua depurada se vierte al cauce natural, o al mar mediante emisarios submarinos.

3.3. Drenaje transversal de obras lineales

Las obras lineales, básicamente caminos, carreteras y líneas férreas, requieren la ejecución de obras de drenaje transversal para dar continuidad en los puntos bajos a la escorrentía natural. Normalmente se solucionan con tubos o marcos situados bajo la rasante de la vía.

3.4. Redes para riego

Las redes de riego es otro campo de uso habitual de los tubos de hormigón, especialmente en instalaciones de transporte o funcionando como depósito horizontal en riegos por desbordamiento.

3.5. Galerías de servicios

Son instalaciones en la que los conductos de hormigón constituyen la parte estructural y el soporte de las instalaciones. Se utilizan para canalizaciones eléctricas, señalización ferroviaria, aeropuertos, galerías en zona urbana donde se comparten servicios, etc.

4. CLASIFICACIONES Y TIPOLOGÍAS

4.1. Clasificaciones

Para describir la tipología de los conductos de hormigón, tenemos que hacerlo atendiendo a diversas características:

- Por el material constituyente:
  - Elementos de hormigón en masa;
  - Elementos de hormigón armado;
  - Elementos de hormigón con fibras (principalmente de acero).

- Por la forma:

Circulares

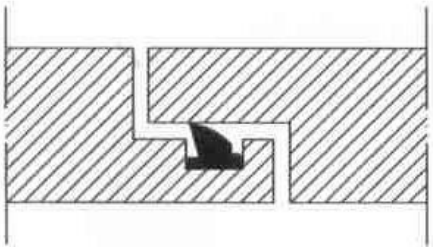
Rectangulares (conocidos como marcos)

Galerías con techo abovedado *Otras: elípticos, ovales, ovoides, etc.*

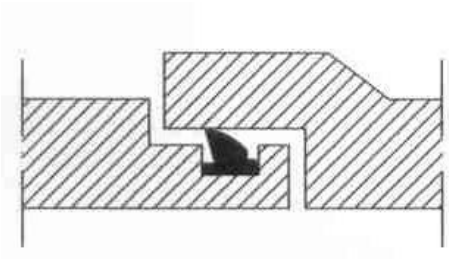
- Por el método de puesta en obra:

A cielo abierto *En hinca*

- Por la forma de los extremos de los conductos en la unión:
  - Cilíndrico con unión a medio espesor;



  - Unión con forma acampanada;



- Por el sistema de sellado:
  - Unión rígida;
  - Unión flexible: suele hacerse con una junta de goma, bien incorporada en el elemento o suministrada aparte y que luego se colocan en obra.

4.2. Tubos

4.2.1. Tipos

4.2.1.1. Tubos de hormigón armado

Se trata del elemento fundamental de la mayor parte de estas redes (también se utiliza el término “tubería”). Consiste en un elemento hueco de sección interior uniforme en toda su longitud, excepto en la zona de ensamblado. Las uniones están preformadas como terminaciones macho y hembra, e incluyen una o varias juntas de estanquidad.

Se utiliza tanto en redes a presión como en instalaciones trabajando por gravedad, y con el gran desarrollo que han tenido los prefabricados, permite una gran variedad de soluciones y sistemas de instalación.

Figura.- Tubo de hormigón con andén incorporado

Son elementos cilíndricos con una longitud que suele variar entre 2,40 y 3,50 m y se fabrican en diámetros comprendidos entre 150 mm y 3.000 mm. Para dimensiones mayores de 600 mm se deben hacer de hormigón armado por razones de seguridad.

Cuando el espesor de pared es suficiente, se resuelve la unión repartiendo ese espesor entre la parte macho de un tubo y la parte hembra del siguiente, alojando el dispositivo de sellado entre ellas; ésta es la conocida como unión a medio espesor. En el caso de que el espesor no permita esta solución hay que recrecer la parte hembra de uno de los tubos dando lugar a los tubos de enchufe y campana.

Los materiales a emplear en la fabricación de los elementos de las canalizaciones deberán cumplir la EHE.

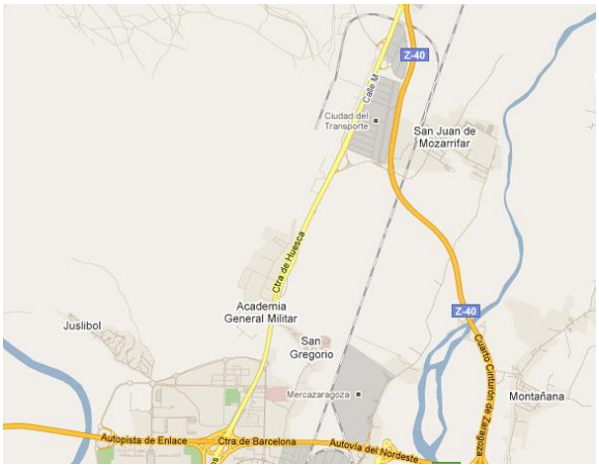
Los tubos deberán soportar las cargas de fisuración y rotura correspondientes a su clase resistente según la Norma UNE 127916.

Las características del hormigón serán tales que cumplan las condiciones de durabilidad que se establecen en función de las circunstancias ambientales del entorno.

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Nuevos depósitos de Los Leones (Zaragoza)

Obra del Ayuntamiento de Zaragoza para la construcción de los nuevos depósitos de agua en la zona de Los Leones (Zaragoza) junto a las instalaciones militares de la Autovía de Huesca que se modernizan y amplían su capacidad desde la actual (5.000 personas) hasta cubrir las previsiones de 25.000 personas (…) Una de nuestras empresas asociadas suministró los tubos de hormigón armado de 500 y 1.500 mm de diámetro y los pozos de registro.



4.2.1.2. Tubos de hormigón con camisa de chapa

Una variante son las tuberías de hormigón con camisa de chapa, que tienen la particularidad de llevar embebida una camisa de chapa metálica que le confiere estanqueidad y colabora en el diseño estructural del tubo. Se distinguen entre:

- Tuberías de hormigón postesado con camisa de chapa: tubo de 6 m de longitud útil que se utiliza para conducciones en presión de 1 a 25 atm. y diámetros entre 500 y 2.000 mm;
- Tuberías de hormigón armado con camisa de chapa: la longitud útil de los mismos oscila entre 6 y 7 m, y el rango de diámetros fabricados está comprendido entre 800 y 3.200 mm.

Ambos tipos de tuberías se pueden fabricar con dos tipos de juntas: para soldar (rígida) y elástica (flexible con boquilla metálica y anillo de goma).

Algunas de las ventajas de los tubos de hormigón con camisa de chapa son las siguientes:

- Alta resistencia a los efectos de impacto;
- Gran durabilidad;
- No necesitan conservación ni mantenimiento;
- No modifican las características organolépticas del agua;
- Estos tubos no son sensibles a los efectos de fatiga producidos por las variaciones de presión.

Imágenes.- Tuberías de hormigón con camisa de chapa, armada y postesada respectivamente

Este tipo de tubería se utiliza en canalizaciones que trabajan a presión (abastecimiento, riego, impulsiones, etc.) o que, sin funcionar a presión, requieran un plus de estanqueidad (saneamiento, galerías de servicio, etc.)

La normativa de aplicación para este tipo de tuberías (cálculo, ensayos, condiciones de uso…) y los criterios de montaje y puesta en obra, son específicos de esta tipología, no siendo aplicables algunos de los aspectos contemplados en la normativa general de canalizaciones.

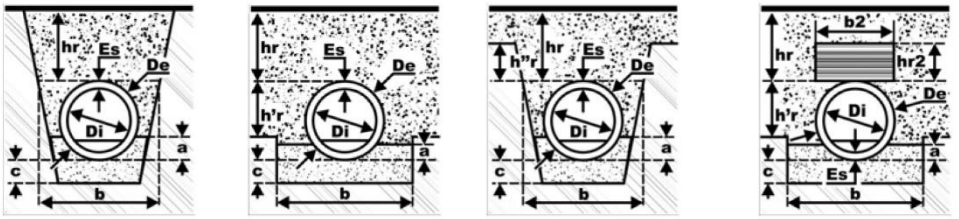
4.2.2. Algunas consideraciones de puesta en obra

La instalación de los tubos prefabricados de hormigón podemos resumirla en 5 tipos, aunque se pueden agrupar en dos categorías: a cielo abierto o en hinca.

4.2.2.1. A cielo abierto

Cuando se ha de urbanizar una zona o se construye una infraestructura nueva (una carretera, una vía férrea...), los sistemas de saneamiento y drenaje se instalan a cielo abierto utilizando uno de los siguientes sistemas de instalación:

- Zanja: cuando la clave del tubo instalado queda por debajo del terreno natural y las paredes laterales van hasta la cota final del relleno;
- Terraplén: cuando la clave del tubo queda por encima del terreno natural;
- Zanja terraplenada: cuando sobre un tubo instalado en zanja se completa el relleno con una zona de terraplén, o en zanjas profundas ejecutadas con bancales;
- Zanja inducida: es un tipo de instalación en la que mediante el uso de material compresible o con compactaciones diferenciales se modifican los coeficientes de rozamiento.

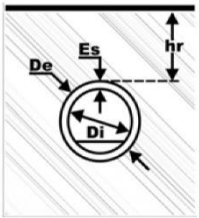


ZANJA | TERRAPLÉN | ZANJA TERRAPLENADA | ZANJA INDUCIDA EN TERRAPLÉN

4.2.2.2. En hinca

Cuando debe instalarse un nuevo sistema de saneamiento o sustituir uno obsoleto en una zona urbana o bajo una infraestructura en uso, cobra protagonismo este otro tipo de instalación: la

instalación por hinca de tubos, en que se ejecuta una excavación en túnel y se van colocando los tubos por empuje longitudinal de unos contra otros.



HINCA

La ventaja fundamental es que con este sistema no es necesario destruir las infraestructuras existentes en superficie ni cortar el tráfico completamente, con lo que no sólo se puede ahorrar dinero en el importe total del proyecto, al conservar el resto de infraestructuras, no tener que realizar enormes movimientos de tierras, etc. sino que es posible evitar a los ciudadanos, en gran medida, las molestias de una obra de este estilo, que, por otro lado, también suponen una pérdida económica para la sociedad, al mermar la efectividad de los transportes de personas y mercancías.

No obstante, este tipo de instalación condiciona el diseño de la unión, tratando normalmente de maximizar el espesor del macho y sustituyendo la parte hembra por una virola metálica que soporte las tracciones que le transmita el elemento de sellado.

Vídeo ilustrativo sobre la instalación de tubos de hormigón por hinca [+]

4.3. Pozos de registro

4.2.2. Descripción

Son elementos que permiten el acceso a la red con fines de inspección, limpieza o explotación. También se utilizan para solucionar quiebros, acometidas, resaltos, etc. Normalmente tienen sección circular y están fabricados con hormigón armado, de dimensiones que van desde 800 hasta 2.500 mm y lo forman distintas piezas, cada una con un cometido específico.

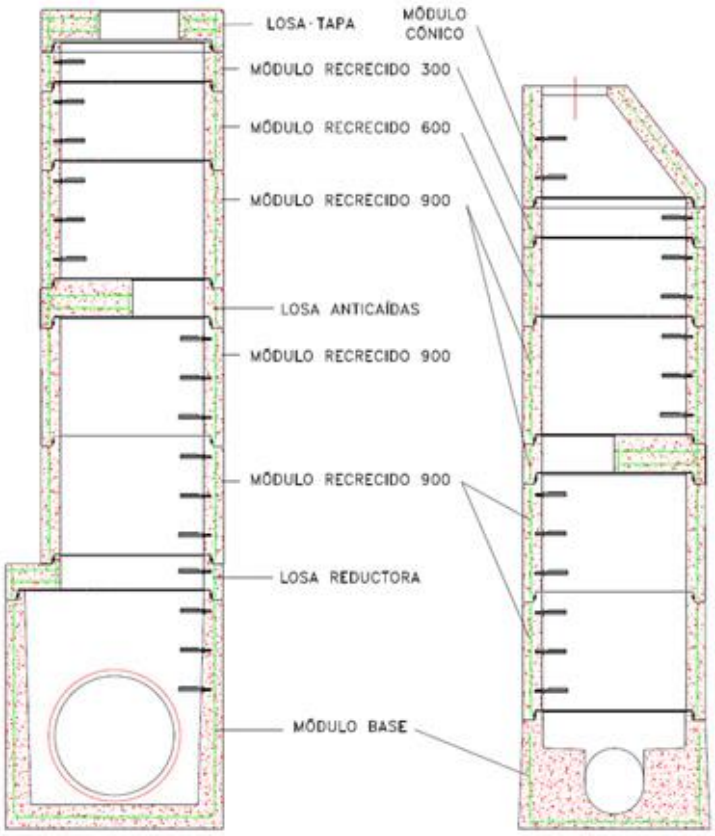


Figura.- Descripción elementos que configuran un pozo de registro

- Bases: son las que reciben las canalizaciones entrantes y salientes. Suelen ser circulares interiormente, pero exteriormente pueden ser circulares o con paredes planas. Para facilitar la continuidad del régimen hidráulico pueden llevar cunas o medias cañas adaptadas a las secciones de los tubos incidentes;

- Anillos o módulos de recrecido: son los elementos que constituyen el fuste del pozo. Se fabrican habitualmente de 1 m de altura teniendo piezas de 0,33 ó 0,50 m para permitir resolver la modulación de distintas instalaciones. Suelen llevar pates para acceso, incorporados en la fabricación;

- Piezas de reducción: son elementos que reducen el diámetro de paso entre dos piezas del pozo. Deben diseñarse para que mantengan la separación entre pates;

- Losas anticaídas: son piezas horizontales que permiten realizar una planta intermedia en la altura total del pozo, aportando así un elemento seguridad ante cualquier posible caída;

- Losas de remate: son los elementos que coronan el pozo (véanse también tapas);

- Pozo de resalto: es aquél en que la cota de entrada y salida presentan una diferencia superior a la que le correspondería por la propia pendiente de la conducción. El tubo entrante puede estar situado en un elemento del pozo distinto de la base e incluso en una zona de unión de dos elementos. En este caso la solución de sellado debe hacerse in situ. Los pozos de resalto requieren soluciones especiales que permita canalizar las aguas en regímenes de bajo caudal evitando la formación de caída en cascada y así facilitar el acceso;

Existen además soluciones especiales que incorporan el arranque del pozo en los propios elementos de la conducción (tubos, marcos, etc.), incluso realizando sobre la misma pieza un pequeño giro. Son las llamadas piezas chimenea.

4.2.3. Algunas consideraciones de puesta en obra

Las uniones de los elementos de los pozos deben llevar algún producto que la selle, juntas de goma, productos bituminosos o simplemente un mortero de relleno.

Pozos de inspección de hormigón de alta calidad: una oportunidad de mercado para la industria de estructuras prefabricadas en España

Las inversiones urgentes en la mejora de las redes de alcantarillado para la protección de las aguas freáticas y, por lo tanto, de la salud de la población española, incluyendo los numerosos pozos de inspección y mantenimiento correspondientes, ofrecen en los próximos años grandes oportunidades para la industria de los elementos prefabricados de hormigón. Un pozo de inspección en la red de alcantarillado que se mantenga impermeable durante los próximos 100 años beneficia a toda la ciudadanía: alta calidad del producto (alta resistencia mecánica y química), la flexibilidad de su construcción y la posibilidad de configurar los canales de forma individualizada. [+]

4.3. Elementos complementarios de las redes

Los elementos prefabricados de hormigón para conducciones son múltiples, y no solamente se utilizan en conducciones de saneamiento y drenaje, sino también en instalaciones de riego con baja presión e incluso como complementos en redes de abastecimiento.

4.3.1. Sumideros

Los sumideros o imbornales son dispositivos de recogida de aguas pluviales que conducen el exceso de escorrentía a la red de drenaje (sistema de aguas blancas -red separativa) o saneamiento (sistema de aguas negras - red no separativa). De sección rectangular y altura variable. Llevan una rejilla en la parte superior y un agujero de salida en la parte inferior donde se conecta el tubo que vierte a un pozo de registro. Al agujero de salida se le puede incorporar un codo con lo que se consigue el efecto sifón y se evita la salida de olores.

4.3.2. Arquetas

Elementos similares a los pozos de registro pero de uso más general, ya que se utilizan en quiebros, intersecciones, acometidas, o como punto de acceso a cualquier tipo de instalación soterrada (eléctricas, telecomunicaciones, puntos accesibles de redes de suministro de agua, etc.)

Son piezas de hormigón normalmente cúbicas con dimensiones que van de 300 a 1.500 mm de lado, pudiendo estar o no cerradas inferiormente en la base. Las piezas de base suelen llevar pre-taladros para facilitar la ejecución de acometidas. Disponen de piezas de recrecido con una altura igual a la mitad de la dimensión de la pieza de base, y que sirven para modular distintas alturas. Se rematan con tapa en coronación, bien de hormigón armado o de fundición. Las aplicaciones son muy variadas, desde hacer visitable la conexión de varios tubos, como la de servir para alojar instrumentos de medida.

Figura.- Instalación de arquetas de grandes dimensiones

4.3.3. Embocaduras

También llamadas aletas o boquillas, son piezas prefabricadas de hormigón armado destinadas al sostenimiento del terreno para la realización de desagües y drenajes transversales de caminos, carreteras, concentraciones parcelarias, autovías, vías férreas y todo tipo de viales. Se colocan en los extremos de cualquier conducto de hormigón y están compuestas por una o varias piezas que pueden ser desmontadas y vueltas a montar.

Las dimensiones dependen básicamente del diámetro del tubo al que conectan.

4.3.4. Codos

Pieza especial en curva de hasta 22,5º tanto a derechas como a izquierdas para desviar un trazado. De esta forma, es más versátil, pudiendo conseguir curvas de 22,5, 45, 67,5 y 90º (múltiplos de 22,5º).

Figura.- Ángulo formado por distintos elementos

4.3.5. Chimeneas

Pieza especial consistente en un anillo injertado de forma vertical sobre un tubo. El anillo puede colocarse al ras de la cara lateral del tubo o desplazado horizontalmente de forma que quede una peana de apoyo. De diámetros habituales 1.000 y 1.200 mm.

4.3.6. Fosas sépticas

Tanques utilizados para el saneamiento de aguas fecales en viviendas unifamiliares o fincas donde no existe el saneamiento mediante canalización. Suelen estar formadas por dos departamentos donde tiene lugar los procesos de decantación y fermentación en condiciones anaeróbicas. En el primer compartimento se produce la decantación de la materia más densa que se deposita en el fondo. Mientras que la materia más ligera, se queda en suspensión en el segundo compartimento pasando las aguas más claras al tercer compartimento donde se encuentra la salida.

4.3.7. Canales

Dentro de esta tipología, hay que considerar a toda la familia de productos auxiliares que tienen como función la de recibir la escorrentía de aguas pluviales y dirigirla a los sumideros, de manera que pase a los sistemas de drenaje o saneamiento (en el caso de sistemas unitarios):

- Bordillos "umbral" para imbornales;

- Rígolas o caces: destinada principalmente a ejecutar canales ranurados que sirvan de drenaje de las aguas pluviales.

- Bajantes: se suelen colocar en taludes para recoger el agua y canalizarla hacia los puntos de evacuación.

- Canaletas: elementos generalmente estandarizados de 1 m, diámetro entre 250 y 600 mm, que van ensamblándose unos en otros. Algunas de ellas llevan incorporadas una rejilla galvanizada incorporada para el drenaje superficial del agua.

4.3.8. Tapas

Las tapas son elementos de hormigón armado que se emplean para cerrar las aberturas de arquetas, pozos de registro, instalaciones de telecomunicaciones, cableado telefónico, conducciones subterráneas de agua o gas natural, etc. colocándose generalmente al nivel del pavimento (calzadas urbanas e interurbanas, aceras, etc.).

Suelen tener forma rectangular o circular, contar con un marco metálico exterior (generalmente de acero galvanizado) e ir provistas de unas asas para facilitar su manipulación.

Normalmente, cada fabricante suele contar con distintos modelos homologados adaptados específicamente a los requerimientos de cada cliente, que suelen ser importantes compañías (eléctricas, telecomunicaciones, distribución de agua, etc.) o corporaciones locales.

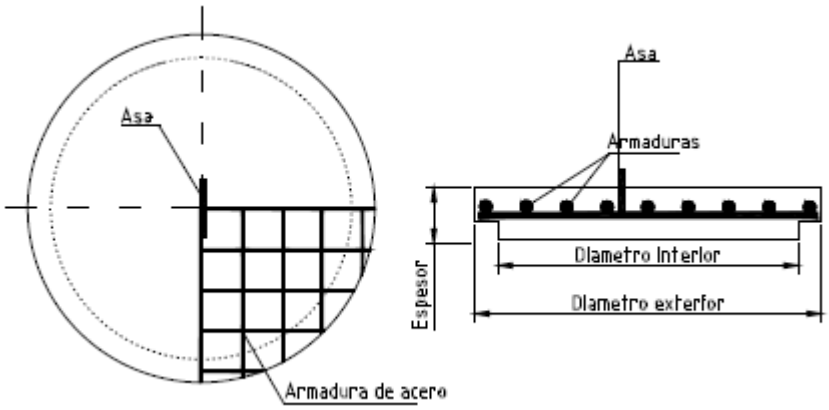


Figura.- Tapa circular machihembrada de hormigón armado para arqueta de registro

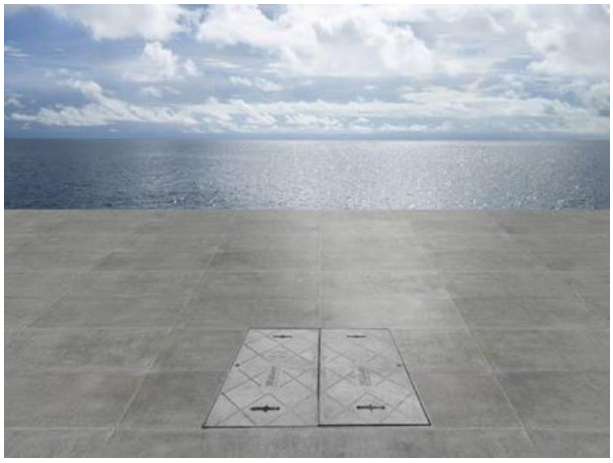
Aunque el material que tradicionalmente se ha utilizado ha sido el hierro fundido, la prefabricación de tapas de hormigón está creciendo por diversas razones:

- Se puede garantizar mayor durabilidad, incluso en las condiciones más agresivas, con la introducción de armadura galvanizada;
- También se puede mejorar la resistencia mecánica;
- Además, el material es menos susceptible a actos vandálicos (robos, daños, etc.), por lo que pueden incorporar distintos mecanismos que minimizan las posibilidades de acceso o sustracción como es el caso de las llamadas tapas antirrobo (con dispositivo de cierre de seguridad), a fin de hacer frente al problema que presentan las tapas de fundición, por el valor residual del hierro para venta como chatarra

Tipo de tapa	**Descripción**	**Imagen**
Rígidas	Suelen ser las tapas de mayor tamaño dentro de las prefabricadas de hormigón (200 – 300 kg.), pudiendo estar integradas por varios módulos (máximo 4 o 5) dependiendo de las dimensiones de la apertura a cubrir	

Abisagradas	Consiste en una tapa con apertura del marco, de forma que permite abrirlas para acceder al espacio interior (mantenimiento, inspecciones, etc.)	
Integradas	Destinadas fundamentalmente a zonas urbanas que pretenden rehabilitarse, por lo que se prima la adaptación al pavimento presente, integrándose en el paisaje sin evidenciar su posición. Su acabado superficial juega un papel esencial, pudiendo adoptar cualquier aspecto (adoquín, granito, losa…).	
Embaldosables	Su configuración es similar a la de las tapas de telecomunicaciones, pero vienen preparadas para ser revestidas superiormente con baldosas de hormigón y así adaptarse al pavimento que las rodea.	

Con entrada humana	De dimensiones considerables, poseen una abertura circular interior. Empleadas principalmente en arquetas y pozos de registro para el acceso de operarios (definidas anteriormente como losas de remate de pozos).	

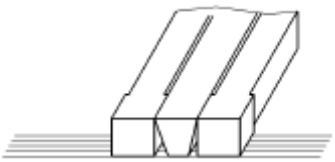


4.3.9. Rejillas

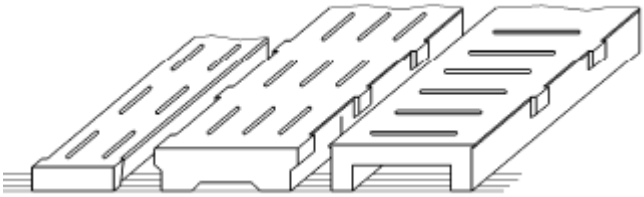
Componente de suelo adecuado utilizado fundamentalmente en instalaciones ganaderas, situado por encima de un canal o conducto de purines y dotado de aberturas para el drenaje de los purines, comida o restos de paja al canal situado por debajo. Fabricado con hormigón armado.

Se trata de una alternativa a la rejilla de fundición (igual que en el caso de las tapas).

- Viga rejilla: viga simple;



- Rejilla múltiple: montaje de dos o más vigas paralelas espaciadas, unidas entre sí por medio de dos o más conectores transversales;



- Podemos encontrarla integrada en el propio pavimento, igual que sucede con las tapas, pero disponiendo de los correspondientes orificios como elemento de drenaje.

4.4. Pasos subterráneos

Integran este apartado varias tipologías de elementos utilizados asiduamente para pasos bajo terraplén con luces pequeñas o moderadas (L<20m).

Figura.- Paso subterráneo con marcos prefabricados de hormigón

4.4.1. Marcos para formación de galerías

Se trata de elementos prefabricados de hormigón armado de sección transversal rectangular y proyectados como elementos continuos, con un detalle de junta formado para permitir la incorporación eventual de materiales estancos.

Los marcos se pueden utilizar para la creación de huecos por debajo del nivel del suelo cuya finalidad sea el transporte o el almacenamiento de materiales, por ejemplo, para el transporte y el almacenamiento de aguas residuales, galerías de cables y pasajes peatonales subterráneos.

Figura.- Obra de drenaje transversal

Figura.- Cámara de empalme de cables eléctricos

Se puede distinguir entre:

- Marcos monolíticos o monocelulares (de una sola pieza);

- Semimarcos o bicelulares: dos piezas que se ensamblan posteriormente en obra; También llamados articulados, abiertos, segmentados o en U, tienen el punto de unión a mitad del hastial o en la parte superior. Este último caso se suele derivar cuando se trata de formar huecos de grandes dimensiones (> 3 m) y la gran voluminosidad y peso de los mismos hace difícilmente viable su transporte, pudiendo disponerse de forma conjunta para formar el hueco completo o de manera individual.

Los fabricantes suelen contar con una gama determinada de modelos de marcos que le permiten adaptarse para cada caso particular. Las dimensiones estándar van desde 1 hasta 6 – 7 m de ancho y/o alto, por unos 1 a 2,5 m de largo y espesor variable (25 – 30 cm aprox.) según las dimensiones y la carga que deban soportar. En el caso de los semimarcos, estas dimensiones podrían aumentar más todavía.

Como variantes nos podemos encontrar con los marcos en curva para salvar posibles desviaciones a lo largo de la traza a ejecutar. Estas piezas pueden fabricarse en una sola pieza, manteniéndose el mismo machihembrado y longitud exterior que los marcos tipo, o bien cortando el hormigón en fresco, dejando unas esperas de acero para su ajuste y terminación en la propia obra. Con objeto de permitir que la galería sea registrable, pueden disponer de una salida para acoplamientos de anillos o cono prefabricado.

Como el resto de estructuras subterráneas, el diseño estará condicionado fundamentalmente por el empuje de las tierras a contener, e incluso acciones dinámicas si los marcos están por debajo de algún paso superior (carretera, vía férrea).

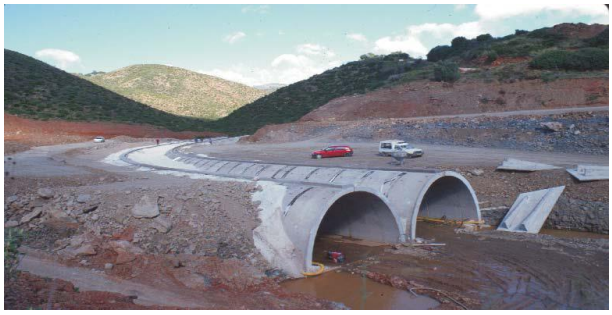
El punto crítico en la ejecución está en la resolución de las uniones entre piezas consecutivas, habiendo juntas macho-hembra, totalmente planas o rótulas. Al ser elementos que pueden llegar a ser muy pesados, requerirán medios de elevación y montaje de gran capacidad.

Figura.- Semimarco colocado de manera individual

Si bien su disposición suele ser en horizontal, también es posible instalarlos de manera vertical para conformar espacios confinados bajo tierra.

4.4.2. Bóvedas

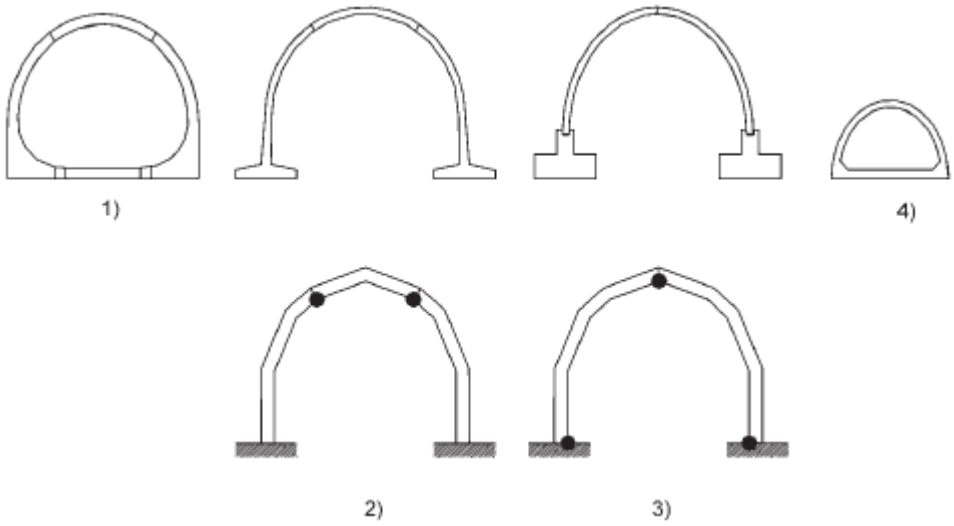
Las bóvedas se definen como estructuras de directriz curva o poligonal, que generalmente se realizan a los pasos inferiores bajo vías de circulación de carreteras o ferrocarriles.



Por su esquema funcional se pueden dividir en varios tipos:

1) Una bóveda apoyada simplemente sobre dos hastiales conectados mediante una solera;
2) Una bóveda apoyada simplemente sobre dos hastiales apoyados sobre zapatas aisladas;
3) Estructura abovedada de dos elementos, denominada comúnmente triarticulada. La unión a la cimentación es una articulación simple, dicha cimentación puede ser solera o zapata;

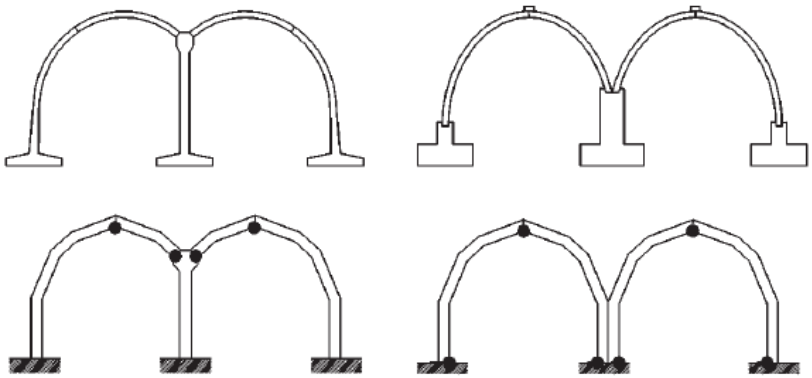
4) Estructura abovedada de un elemento, que puede ser empotrada en cimentación o biarticulada.



Los distintos elementos son normalmente piezas de hormigón armado, bien en sección rectangular, bien en sección nervada. El aspecto desde el interior del paso es normalmente liso, aunque puede haber soluciones nervadas por la cara interior, en especial con gálibos y luces importantes (>10 m). En el caso de bóvedas de dos elementos, los puntos de apoyo de la misma se pueden elevar sobre unos muros de forma que se consiga un mayor gálibo.

Las estructuras abovedadas se pueden utilizar para muy diversas alturas de tierras, dependiendo de su tipología de uno, dos o tres elementos, y de su relación (H/L). A medida, que la relación aumenta mejor se comportará para grandes alturas de tierras, y peor para pequeñas alturas de tierras, y viceversa para relaciones pequeñas.

Se pueden conseguir pasos multiarcos compartiendo un mismo pie o muro por dos bóvedas.



4.4.3. Dovelas para túneles

Elemento prefabricado cuya función es formar el revestimiento estructural interior de túneles, ya sea para aplicaciones ferroviarias, carreteras, etc., e incluso otras soluciones soterradas para pasos de personas o animales. Se puede considerar una evolución tecnológica de las bóvedas.

Surgieron para dar solución a drenajes trasversales de carreteras, cubriciones de ríos o para dar paso a los caminos que interferían en las nuevas vías. El aumento de infraestructuras viarias y ferroviarias realizadas en los últimos años, la experiencia y al estudio de su comportamiento y, especialmente, la mejora en la capacidad de las máquinas tuneladoras (mayores diámetros para la excavación de túneles), ha provocado que se produzca un espectacular incremento en la utilización de estos elementos industrializados.

Su geometría habitual es la de una porción de arco con forma troncocónica que se atornilla con las dovelas contiguas, a fin de formar un anillo total (apoyo directo sobre la calzada o en la cimentación).

Como ventajas, las propias de la prefabricación: gran capacidad resistente (para soportar las cargas del relleno), durabilidad, escaso mantenimiento y rapidez de ejecución.

La complejidad de la realización de los túneles, motiva que desde un punto de vista técnico y económico, deba llevarse a cabo un diseño ajustado tanto del espesor de la dovela como de sus armaduras. En la mayoría de los casos, el proyectista sólo conoce el diámetro interior del túnel (que viene determinado por motivos funcionales), por lo que debe fijar en primer lugar el espesor (las relaciones más habituales entre el diámetro del túnel y el espesor, están entre 16 y 32), estando habitualmente comprendidos entre 20 y 60 cm. El dimensionamiento de estos elementos dependerá de las condiciones geométricas del túnel, lo que obliga a que apenas pueda haber una gran repetitividad de dovelas en fabricación.

En todos los anillos se suele diseñar una dovela de menor tamaño, denominada clave o llave, que es la última pieza a colocar durante la construcción, generalmente la pieza superior.

Asimismo, el proyectista debe considerar todas las acciones a las que van a estar expuestas las dovelas: manipulación, montaje, acciones del terreno, interacción entre las juntas, fisuración, incendio, etc.

Figura.- Dovelas para Alaskan Way Viaduct en Estado Unidos

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Dovelas para el túnel de la red de cercanías de Barcelona

El objetivo fundamental de este proyecto era dotar al Aeropuerto de Barcelona de una comunicación ferroviaria, con parada en ambas Terminales, de forma que queden conectadas entre sí y con la red de cercanías de Barcelona. La solución proyectada consiste en una doble vía que comienza a la salida de la nueva Estación Intermodal de El Prat, y finaliza en la nueva Terminal Sur (T1) del Aeropuerto de Barcelona, con una longitud total de 4.495 m, de los cuales 3.385 m estarán soterrados. El revestimiento del túnel está formado por dovelas de hormigón prefabricado. Estas dovelas son de 1,6 m de longitud y 32 cm de espesor, que conforman un anillo de tipo universal de 7 piezas con diámetro interior de 9,60 m. La Revista OBRAS URBANAS publicó un interesante artículo que describe la fabricación de las dovelas de hormigón prefabricado del revestimiento del túnel, realizada por otra de nuestras empresas asociadas en sus instalaciones de Balaguer (Lleida). La producción se inició en abril del 2017. El revestimiento del túnel está formado por unos 1.950 anillos.

Artículo completo en la web de ANDECE [+]

4.4.4. Pórticos para pasos subterráneos

Cuando se requieran medidas mayores, se puede conformar una estructura con distintos elementos prefabricados, como por ejemplo:

- Solado inferior (prefabricado o in situ);

- Dintel superior: pueden ser armados o pretensados, rectangulares o nervados;
- Hastiales verticales laterales: son normalmente piezas de hormigón armado, bien en sección rectangular, bien en sección nervada. El aspecto desde el interior del paso es normalmente liso, aunque puede haber soluciones en las que los contrafuertes sean vistos por la cara interior;
- Aletas en las esquinas.

Se usa normalmente para luces mayores que los marcos a partir de 4 m hasta los 10 m en soluciones armadas y 20 m en soluciones pretensadas, con alturas de tierras comprendidas entre 1 y 8 m encima de la parte superior del dintel. El proceso de ejecución suele ser el siguiente:

1) Hastiales y unión a cimentación;
2) Montaje de dintel y unión con hastiales;
3) Relleno de tierras por tongadas simétricas.

4.5. Tanques y depósitos

Una aplicación novedosa de los conductos prefabricados de hormigón es la de su uso para realizar tanques de tormenta con marcos rectangulares.

El control de las aguas pluviales cobra cada vez más relevancia ante los efectos imprevisibles de las tormentas o el aumento de la superficie impermeable como consecuencia del crecimiento urbanístico. Por otra parte, cada vez existe una mayor sensibilidad ambiental en el desarrollo de los distintos proyectos, con una tendencia al aprovechamiento de un recurso natural cada vez más escaso como es el agua, para su reutilización posterior.

Para dar respuesta a estas situaciones, se pretende dotar a las redes modernas de saneamiento de elementos y sistemas reguladores como son los tanques de tormenta.

La construcción de los tanques de tormenta u otro tipo de depósitos intermedios en las redes de saneamiento pluvial o residual también puede estar justificado por otros motivos como es el almacenamiento temporal del fluido para posterior bombeo, debido a que no se puede garantizar un correcto régimen hidráulico de la red de saneamiento (velocidad del efluente, pendiente de la conducción, cotas del terreno, etc).

Su fácil construcción modular permite obtener soluciones con una excelente resistencia estructural que se adaptan a las dimensiones existentes en la obra. Su diseño le da una gran robustez y a la vez permite una completa inspección del sistema. Además al ir las piezas ensambladas entre sí, se consigue un conjunto homogéneo y sólido. Su rápido montaje agiliza el tiempo de instalación y reduce los costes totales de la obra.

Un tanque de tormentas es un elemento que permite laminar crecidas de caudal y poder tratar las primeras aguas de lluvia que son las que tienen una carga contaminante mayor por el efecto del lavado inicial de las escorrentías.

Los marcos prefabricados de hormigón se pueden adaptar a cualquier tipo de localización al fabricarse a medida de las necesidades. Esto permite la instalación de estos tanques de tormenta en plazas, zonas de aparcamiento, patios de colegios, bajo zonas ajardinadas, etc.

Con esta solución, la obra se convierte en un montaje típico de marcos con todos los elementos necesarios preinstalados. Por lo tanto se trata de un montaje sencillo, muy rápido y que requiere unos medios y recursos mínimos.

Figura.- Tanque de tormenta con marcos prefabricados de hormigón

5. PRINCIPIOS BÁSICOS DE PROYECTO

5.1. Generalidades

Para la ejecución de una red de saneamiento es necesario disponer de la cartografía de la zona en donde figuren las instalaciones existentes, así como la normativa que le aplica.

Hay que evaluar los caudales que reciba la red, definir las dimensiones necesarias para evacuar ese caudal, establecer el trazado del proyecto y hacer el cálculo mecánico de los elementos que componen la canalización.

Las redes pueden ser unitarias o separativas, y siempre que sea posible, tratar de que el funcionamiento sea por gravedad, con lo que se evitan costes de explotación importantes.

5.2. Reglamentación aplicable

Es imprescindible que el técnico proyectista conozca el marco reglamentario de aplicación establecido en el lugar donde se vaya a llevar a cabo la obra.

5.2.1. A nivel de canalización

Existen Pliegos locales e incluso Especificaciones de las empresas explotadoras de las redes, como es el caso del Canal de Isabel II, Mancomunidad de aguas de la Comarca de Pamplona, Emasesa, Confederación Hidrográfica del Norte, etc. Estos documentos suelen recoger el proceso completo, materiales, componentes de la red, criterios de proyecto, puesta en obra y pruebas.

Hay otras normas, comunes a cualquier sistema de saneamiento o drenaje, que también son aplicables a los elementos prefabricados de hormigón para estos sistemas:

- UNE-EN 1610:2016. Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento.
- UNE-EN 476:2011. Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillas para sistemas de gravedad.
- UNE-EN 752:2010. Sistemas de desagües y alcantarillado exteriores a edificios.

5.2.2. A nivel de elementos

Las normas europeas recogen las prescripciones relativas al proceso de producción, producto, durabilidad, estanquidad, pruebas en fábrica y condiciones para el marcado CE, requisito indispensable para la libre comercialización y uso de un producto en todos los países de la Unión Europea, estableciendo unos niveles mínimos de seguridad por debajo de los cuales no puede situarse ningún fabricante.

- UNE-EN 1916:2008. Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero
- UNE-EN 1917:2008. Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero.

Los productos cubiertos por las normas anteriores deben cumplir con el marcado CE obligatorio, sin que haya ningún condicionante al respecto que haga estar exento de ello.

"Aclaración oficial del Ministerio de Industria respecto al cumplimiento obligatorio del marcado CE de tubos y pozos de registro, independientemente de cualquier otra consideración" **[+]**

Figura.- Estampado de marcado CE sobre un cono para pozo de hormigón

A día de hoy, para la especificación de productos son además necesarias a nivel nacional unas prescripciones complementarias (y no contradictorias), así como los métodos de ensayo asociados situados fuera del objeto y campo de aplicación de la presente norma. Como consecuencia de lo cual, se tomó la decisión de desarrollar en España dos complementos nacionales:

- UNE 127916:2017. Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1916.
- UNE 127917:2015. Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1917.

Los Complementos Nacionales completan a las normas europeas en aspectos como las dimensiones, tolerancias, las prescripciones de durabilidad y se recogen los métodos de cálculo para los tubos circulares y ovoides de concreto basados en los criterios americanos de ensayo, clasificación en clases resistentes y factores de apoyo.

“Aclaración oficial del Ministerio de Industria respecto al cumplimiento de los complementos nacionales de las normas de tubos y pozos de registro” [+]

Uno de los aspectos que aún hoy suscita más dudas es el relativo a la documentación reglamentaria que debe acompañar a los productos anteriores, que deben disponer de marcado CE obligatorio. Para sintetizar esta información, ANDECE ha desarrollado la siguiente ficha de control documental [+], de la que se extraen los principales documentos para que todos los agentes conozcan qué documentación debe proporcionar el suministrador de canalizaciones prefabricadas de hormigón.

ANTES DEL SUMINISTRO

Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente

En caso de productos con marcado CE (A), podrá comprobarse su conformidad simplemente mediante la verificación documental del citado marcado CE y de los valores asociados, sin necesidad de realizar comprobaciones o ensayos adicionales en su recepción.

☐ Etiquetado marcado CE (B)
☐ Declaración/es de prestaciones conforme al Reglamento de Productos de Construcción (C)
☐ Instrucciones de uso y seguridad (D)
☐ Información técnica de acompañamiento (catálogo de producto): para detalles constructivos, durabilidad, datos geométricos y otros parámetros (entrega opcional), véase en cada norma. Información a presentar dependiendo del método de declaración de las propiedades elegido por el fabricante:

(A) La relación de productos de construcción con marcado CE (normas europeas UNE-EN) se indica en el siguiente enlace [+] y en las Resoluciones que periódicamente publica el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio [+]. Se recomienda comprobar el alcance de las normas de productos prefabricados de hormigón en la web de la Asociación Española de Normalización UNE.

(B) Debe llegar siempre al cliente. El fabricante debe elegir en al menos uno de los siguientes lugares, y por este orden de prioridad: a) En el producto; b) En una etiqueta adherida al mismo; c) En el embalaje; d) En una etiqueta adherida al embalaje ó e) En los documentos comerciales de acompañamiento.

(C) La declaración de prestaciones podrá agrupar todos los productos incluidos por cada norma armonizada o referirse a productos más específicos. Este documento sustituyó a la Declaración CE de conformidad, con la entrada en vigor del Reglamento de Productos de Construcción nº 305/2011 [+]

(D) Al comercializar un producto, los fabricantes verificarán que el producto vaya acompañado de sus instrucciones y de la información de seguridad. El Ministerio de Industria valida los Manuales de ANDECE como Documentación de Uso y Seguridad según el RPC [+]

Adicionalmente, el fabricante puede contar con una marca de calidad voluntaria, como puede ser el caso de la marca N de AENOR [+] que certifica que el producto es conforme a la normativa y/o reglamentación de aplicación, y además proporciona al producto un valor añadido con respecto al mínimo establecido por la legislación. En el caso de los tubos y pozos prefabricados de hormigón, la marca N de AENOR implica que éstos alcanzan una calidad superior a la mínima legal a través de unos mayores controles y más exhaustivos, con la diferencia significativa de que interviene una entidad externa que interviene en el proceso de certificación que verifica, entre otros, la adecuación del sistema de control de calidad de la empresa, la capacidad técnica del laboratorio y los medios de control interno, la verificación de algunos controles rutinarios de las características del producto, etc. Por estos motivos, estas garantías adicionales deberían suponer un reconocimiento en el mercado de la solvencia técnica de las empresas certificadas.

	Marcado CE	**Marca N**
Intervención organismo externo	No (sistema 4: autocertificación del fabricante)	Sí (2 visitas anuales)
Comprobación presencial de las características por organismo externo - Acabado y geometría	No	Sí

- Estanquidad - Resistencia al aplastamiento y a cargas verticales en ensayos de fisuración y rotura - Resistencia de testigos - Recubrimiento de hormigón - Resistencia (horizontal y vertical) de pates anclados		
Ensayos laboratorio externo	No son necesarios	Al menos, absorción de agua

Tabla.- Principales diferencias entre el marcado CE y la marca N en los productos cubiertos por la norma UNE-EN 1917 y su complemento nacional UNE 127917

Otros productos prefabricados para canalizaciones de los que hemos ido citando, y que quedan bajo el alcance de normas, son los siguientes:

- Marcos prefabricados de hormigón según la UNE-EN 14844:2007+A1:2012;
- Tapas de registro según UNE-EN 124-4:2015 (sin aplicación de marcado CE todavía);
- Canales de desagüe para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos según UNE-EN 1433:2003/A1:2005.

5.3. Herramientas: programa de cálculo mecánico de tubos de ATHA

Una de las herramientas de ayuda más populares y demandadas igualmente por técnicos procedentes de empresas prefabricadoras, gestores de infraestructuras de agua, instaladores e incluso estudiantes de ingenierías relacionadas con las obras hidráulicas, es el programa de cálculo mecánico desarrollado por ATHA [+]. Desde su primera versión hace ya más de 10 años, el programa se ha ido adaptando progresivamente a la evolución tecnológica de los fabricantes de tubos de hormigón y a las actualizaciones de la reglamentación aplicable, hasta la versión más reciente lanzada en 2018.

El programa se presenta en tres apartados bien diferenciados: uno correspondiente a los datos, otro con los cálculos intermedios y el tercero con los resultados.

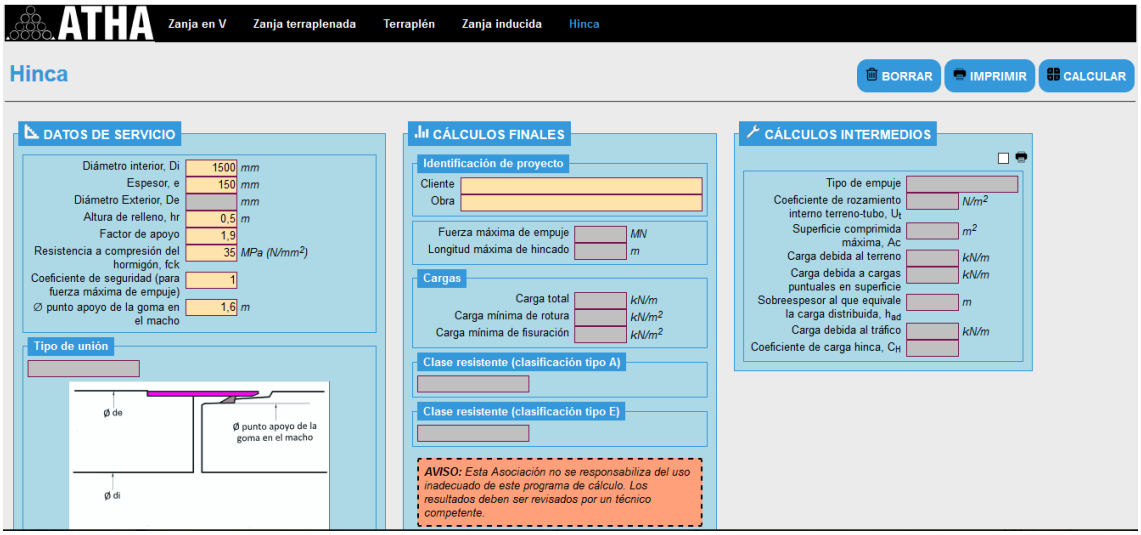


Figura.- Presentación general del programa

La Norma UNE 127916 proporciona una clasificación de los tubos por clases resistentes que se comprueban mediante el ensayo de tres aristas, y el cálculo busca obtener la clase resistente necesaria para cada condición de obra.

La herramienta informática permite el cálculo de los tubos de hormigón armado circulares en los cinco tipos de instalación, según define el anejo M de la UNE 127916: zanja, zanja terraplenada, terraplén, zanja inducida e hinca.

En este anejo, se incluyen los criterios para evaluar las acciones que recibe el tubo, y se tipifican diversas soluciones de puesta en obra con la correspondiente valoración de mejora para la clase resistente del elemento instalado, que es lo que se conoce como “factor de apoyo”.

De esta forma, es suficiente con utilizar tubos que satisfagan la siguiente desigualdad:

Clase resistente x Factor de apoyo ≥ Suma de acciones x Coeficiente de seguridad

Figura.- Ensayo rotura de las tres aristas para evaluar el comportamiento mecánico de los tubos de hormigón

El factor de apoyo elegido condiciona la realización de la obra que debe hacerse según se indica en su descripción técnica.

Para la instalación en zanja y zanja terraplenada el programa permite calcular con varios tipos de apoyo, diferenciando, tal y como se recoge en el anejo M de la UNE 127916, las soluciones compactadas de las simplemente rellenas por vertido.

Para la instalación en terraplén las soluciones de apoyo, son cuatro: apoyo en hormigón a 120º tipo A; apoyo granular tipo B; apoyo granular tipo C; y apoyo directo tipo D.

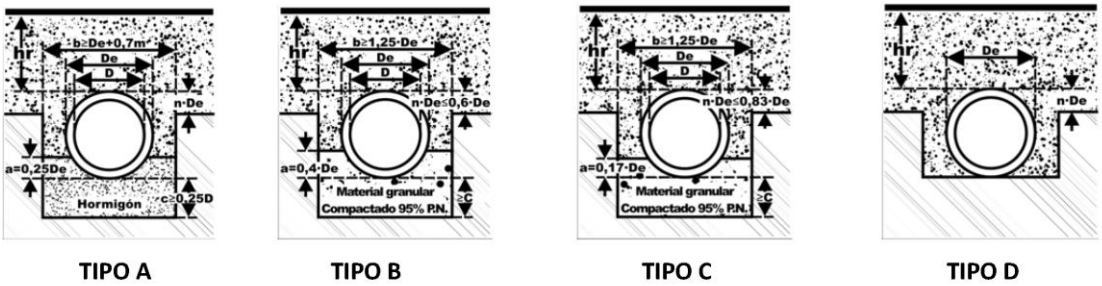


Figura.- Soluciones de los apoyos tipo para la instalación en terraplén

En el caso de la instalación en hinca se generan como resultados la fuerza y la longitud máxima de empuje, y la clase resistente necesaria para el tubo.

"Actualización del programa de cálculo mecánico de tubos de hormigón". TECNOAQUA [+]

Vídeo completo [+]

- **Presentación general del programa y del complemento nacional de tubos de hormigón UNE 127916 [+]**
- **Ejemplo de cálculo de tubos de hormigón en instalación en zanja [+]**
- **Ejemplo de cálculo de tubos de hormigón en instalación en zanja terraplenada [+]**
- **Ejemplo de cálculo de tubos de hormigón en instalación en terraplén [+]**
- **Ejemplo de cálculo de tubos de hormigón en instalación en zanja inducida en terraplén [+]**
- **Ejemplo de cálculo de tubos de hormigón en instalación en hinca [+]**

6. PRINCIPIOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN

6.1. Generalidades

La ejecución de una obra con elementos prefabricados de hormigón debe ceñirse a lo que figure en el proyecto.

El cálculo mecánico se hace considerando una serie de parámetros y circunstancias que debemos reproducir en obra. Si la ejecución no se pudiera atener a lo recogido en el proyecto, se deberá proceder a un recálculo.

Por otra parte, un mal montaje o una instalación incorrecta pueden arruinar cualquier obra ejecutada con el mejor de los materiales.

6.2. Planificación del montaje

6.2.1. Requisitos previos al montaje

Siendo normalmente el contratista el responsable de la instalación de estos elementos, debe acordarse previamente con la empresa suministradora las condiciones del pedido, plazos de entrega y útiles requeridos, además de exponer los condicionamientos físicos de la obra facilitando los caminos de acceso y los medios auxiliares para la descarga y montaje, así como las ayudas de personal necesarias.

El contratista deberá comprobar que las piezas suministradas corresponden a las solicitadas y también que las piezas no tengan daños que puedan alterar su normal comportamiento, especialmente en los extremos.

El acopio del material debe hacerse en zonas que no interfieran con el desarrollo posterior de la obra y en las condiciones que el fabricante recomiende.

Si bien pueden existir numerosas similitudes, conviene diferenciar la forma de ejecutar una canalización subterránea de tubos y otros elementos complementarios, de la correspondiente a marcos.

6.2.2. Instalación de tubos

Antes de comenzar la obra se debe analizar lo proyectado, valorar si se puede realizar como está previsto y modificar la instalación y clases resistentes, si las circunstancias lo requieren.

Las dimensiones de zanjas y condiciones de puesta en obra, como ya hemos indicado, deben ser las que se hayan considerado en los cálculos previos. Un sobreancho en una zanja, incrementa la carga que debe soportar el tubo.

La compactación también influye en la respuesta mecánica de la instalación.

Por su interés les remitimos al artículo abajo indicado, en el que se recogen diferentes aspectos que pueden dar lugar a instalaciones inadecuadas e incluso conducir al colapso de la obra

"Buenas prácticas de instalación y montaje de tubos de hormigón". Revista Obras Urbanas [+]

6.2.3. Instalación de marcos

Los materiales auxiliares para la instalación tales como elementos de elevación y puesta en obra, bombas de achique (si fueran necesarias), escaleras, elementos de control, etc., deben estar en obra preparados para su uso antes del inicio de la instalación.

Las zanjas deben tener el ancho necesario para poder realizar los rellenos y compactaciones laterales con la seguridad adecuada. El fondo de la excavación debe estar libre de

irregularidades, así como de zonas blandas o duras que deben ser retiradas, manteniendo el nivel de fondo de excavación con material granular adecuadamente compactado. La cama de apoyo de estas piezas puede ser de material granular o de hormigón pobre, si bien, en caso de circunstancias especiales, como rellenos no consolidados, terrenos inestables o de baja capacidad portante, etc., habrá que recurrir a soluciones específicas. En cualquier caso, siempre deberá estar bien nivelada, con el espesor preciso y tener la capacidad resistente suficiente para servir de cimentación a los elementos prefabricados.

- Cama granular: 15 a 20 cm;
- Cama de hormigón: 7 a 10 cm. En este caso, es conveniente situar una fina capa de regulación, bien arena o mortero, entre ésta y la pieza prefabricada (3 a 5 cm).

Es importantísimo además que la cama de apoyo tenga la pendiente proyectada para la instalación.

En el caso de utilizar los marcos como pozo de registro (posición vertical), es importantísimo conocer la resistencia del suelo de apoyo, dada la carga que generalmente pueden transmitir sobre todo a partir de 5 m de profundidad.

Los marcos y galerías se colocan normalmente de abajo hacia arriba, con la boquilla macho si la hubiere situada “aguas abajo” y la boquilla hembra situada “aguas arriba” y preparada para recibir la siguiente pieza a instalar.

Deberán bajarse con cuidado a la cama de apoyo, ya preparada con anterioridad, centrando y alineando el extremo macho de la pieza con el extremo hembra de la ya colocada. No es conveniente alinearlos sólo por un lado, pues no se reparten de forma conveniente las tolerancias.

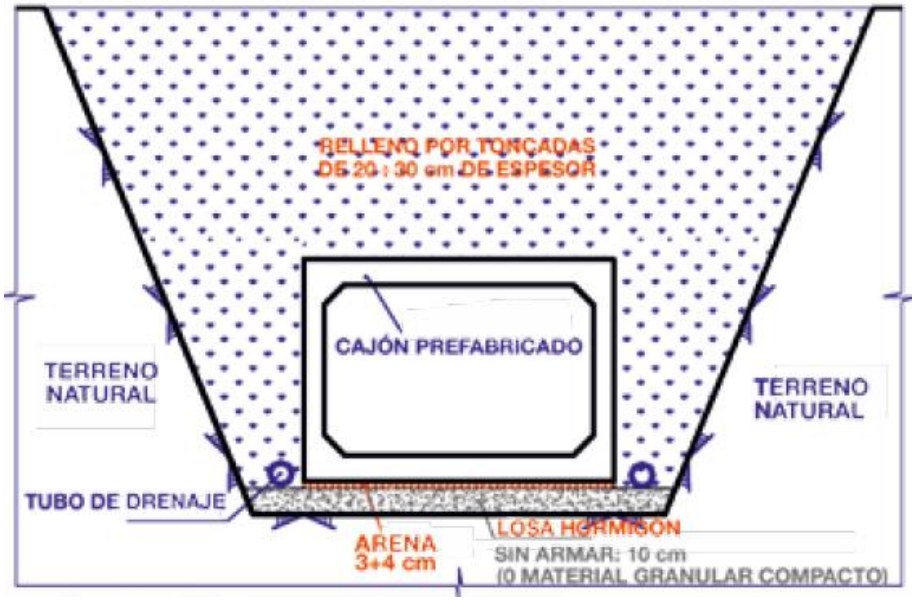
Hay que cuidar que el material suelto de la cama de apoyo no entre en la zona de unión entre piezas durante su colocación.

No se debe realizar el montaje con agua en la zanja, pues impide una buena nivelación y se pierde asimismo la garantía del apoyo. El agua debe retirarse con bomba o evitar que llegue a la zanja. El uso de geotextiles puede ser adecuado para mejorar las condiciones de apoyo y drenaje.

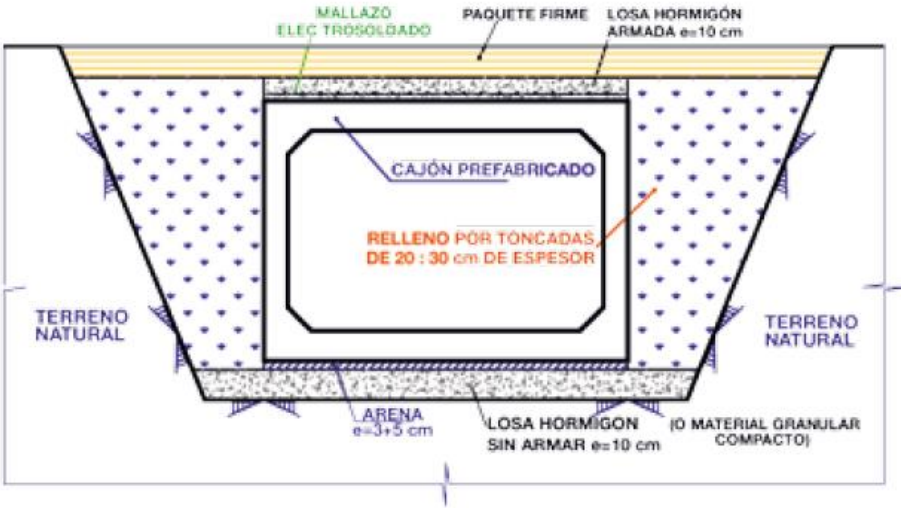
En el caso de utilizarse como pozo de registro o trabajando en vertical, los módulos deberán aplomarse lo máximo posible para evitar descentramientos y movimientos durante la operación de relleno.

El relleno deberá empezarse tan pronto como sea posible tras la instalación de las piezas, siempre y cuando estas tengan la edad suficiente para garantizar su resistencia.

Se realizará con material seleccionado y de manera que ambos laterales vayan subiendo a la vez en tongadas de 20 a 30 cm de espesor y con una diferencia de nivel entre ambos laterales no superior a 50 cm. El relleno inicial en la parte superior de la pieza se hará también en tongadas del mismo espesor, evitando bolos y piedras que pudieran dañarla. Tanto en el relleno lateral como en el superior de la pieza, se utilizarán medios de compactación ligeros o manuales para evitar posibles daños.



Si el marco se ha de colocar con una altura de relleno inferior a 50 cm y tiene que soportar el paso de cargas móviles, es necesario colocar una losa armada para evitar el movimiento relativo entre los distintos elementos.



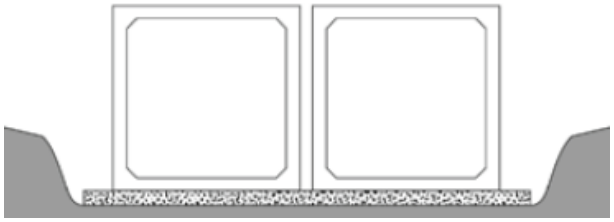
Si el uso es como pozo, ya sea para registro, resalte o realizar giros en las tuberías (sobre todo en este caso), deberá procederse al compactado por tongadas de 20 a 30 cm de espesor y con una diferencia de nivel entre caras no superior a 50 cm.

Las cargas debidas a compactadores o vehículos de obra pueden condicionar el diseño de las piezas, por lo que, si se espera que éstas puedan ser afectadas por dichas cargas, se debe comunicar al fabricante con el fin de que realice las comprobaciones o estudios necesarios.

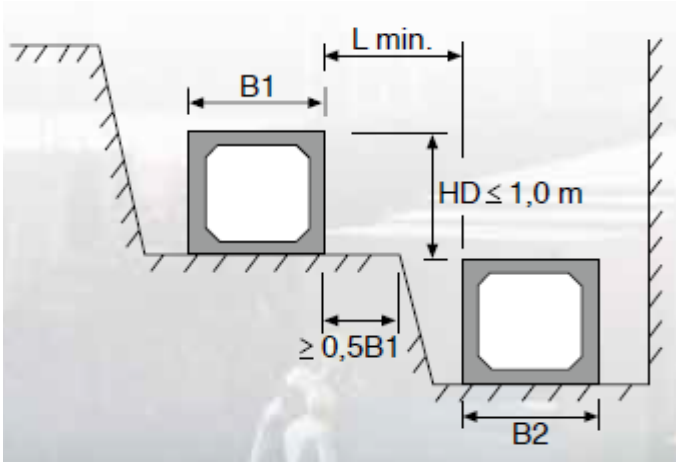
Para profundidades grandes u otras condiciones que así lo aconsejen, puede ser necesario un relleno tipo “zanja inducida” que reduce la carga sobre el elemento prefabricado. Este caso requeriría un cálculo especial.

Otros casos de instalación pueden ser los siguientes:

- En el caso de instalación de varios marcos en batería “bicelular” o “multicelular” es conveniente que exista un contacto continuo entre los marcos mediante relleno compacto, mortero u otro material que transmita las cargas para las que ha sido diseñado el marco “unicelular”.



- Batería con los dinteles y/o claves a distinto nivel.



Por último, para la ejecución de las uniones, acabados y otros, se pueden tomar las siguientes prescripciones:

- Colocar una tubería de drenaje y un relleno de material filtrante a cada lado de la canalización. Es recomendable también la colocación de manta drenante y la impermeabilización de las piezas;
- Se recomienda no empezar el proceso de unión hasta que no esté totalmente terminado el proceso de relleno y compactación, sobre todo en obras donde los vehículos de aporte de tierras o montaje pasen por encima de los marcos recién colocados;
- Es conveniente colocar un geotextil, una lámina de polietileno o una banda asfáltica en la zona de la junta en contacto con las tierras para evitar que éstas penetren en su interior;

- El tipo de unión puede ser elástica o rígida según los materiales empleados en el rejuntado y sellado:
    - Si se dispusiera unión elástica, se recomienda un relleno con cordón elastomérico o de caucho butilo y una junta final de sellado interior a base de masilla elástica monocomponente de poliuretano con polimerización acelerada y elasticidad permanente para uniones en presencia de aguas limpias de gran resistencia al ataque químico en su empleo con aguas residuales. El sellado externo puede realizarse con banda asfáltica.
    - Si se dispusiera unión rígida, el sellado interior y rejuntado debe realizarse con mortero de cemento especial antirretracción. El sellado externo puede realizarse también con banda asfáltica.
- En aquellos usos, como en galerías de servicios, que estén expuestas a altos niveles freáticos con independencia del drenaje lateral, es conveniente impermeabilizar todos los elementos, ya que, si bien estos se fabrican con un hormigón de alta compacidad y baja absorción, no son impermeables.

OBRAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Remodelación del frente marítimo de Rius i Calvet mediante marcos prefabricados de hormigón

El Ayuntamiento de Sant Feliu de Guíxols (Girona), encargó la ejecución de la reforma de la fachada marítima de su población. La remodelación del frente marítimo de Rius i Calvet, consistió en una renovación integral de esta zona, que afecta a casi 7.000 m², incluida la desembocadura de la riera del Monestir hasta su salida al mar. El objetivo de toda la obra es dignificar el entorno, reordenar y renovar un entorno deteriorado de la fachada marítima, ampliando la desembocadura de la riera y construyendo un graderío en forma de anfiteatro como mirador al mar. Una de nuestras empresas asociadas se encargó del cálculo, fabricación y suministro de los cajones prefabricados de hormigón de 6.000x2.500 mm y una longitud por unidad de 1.500 mm, para el desvío de la riera del Monestir. La obra, con un total de 69 metros lineales, fue calculada para soportar las cargas producidas por vehículos de 600 kN según la Instrucción sobre las acciones en puentes de carretera (IAP-11), y para las cargas producidas por graderío de un anfiteatro.

Fuente web ANDECE [+]

6.3. Mejoras recientes

La industria ha puesto a disposición de las empresas instaladoras diversas soluciones que facilitan el proceso de puesta en obra, siendo las más significativas las siguientes:

- Piezas especiales que resuelven gran parte de obras hechas tradicionalmente in situ;
- Utillajes adaptados a cualquier tipo de elemento;

Figura.- Pinzas de manipulación de anillos prefabricados de hormigón

- Incorporación en los productos prefabricados de elementos de suspensión e izado para permitir su manipulación con los medios tradicionales de obra (grúas, *dumpers*, etc.)
- Tubos cortos, que permiten la ejecución de curvas de radios pequeños;
- Los elementos para pozos pueden salir de fábrica con los pates incorporados e incluso con la cuna hidráulica de la base ya hecha y adaptada a los tubos incidentes;
- En obras de hinca, estaciones intermedias que incorporan en un tubo el escudo metálico para alojar los gatos de empuje y en el otro un frente metálico unido al hormigón para recoger los empujes de esos gatos. Este segundo tubo también puede llevar la llamada junta activa que permite regular la presión de la junta de goma de la estación intermedia contra el escudo en función de las características de la obra;
- También en obras de hinca, tubos con el frente mecanizado, con tolerancias muy pequeñas, tanto en diferencias de generatrices como en ortogonalidad de extremos,

facilitando así que la condición de empuje sea muy uniforme lo que evita roturas por empujes localizados;

- Un mejor acabado de la pared exterior del tubo reduce la fuerza de fricción durante el hincado e incluso puede reducir el número de veces que es necesario activar las estaciones intermedias. Esto se ha conseguido con la utilización de aditivos o eliminando la conicidad por el empleo de moldes con apertura exterior;

7. SOSTENIBILIDAD

7.1. Generalidades

A medida que ha ido incrementándose la conciencia ambiental en la sociedad, las empresas se han dado cuenta de la enorme importancia de evaluar cómo afectan sus actividades al medio ambiente. Ante esta creciente demanda, las empresas deben responder ofreciendo productos más ecológicos y empleando procesos de producción “más limpios". Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo el soporte de las declaraciones ambientales de producto (DAP).

7.2. Declaración ambiental de producto (DAP)

Una DAP plasma, en un documento verificado por una tercera parte independiente, los resultados de esa evaluación ambiental objetiva. El contenido de esa DAP y los detalles de lo que hay que considerar en el estudio de ACV correspondiente vendrá definido bien en una norma, en este caso en la UNE-EN 16757:2018 “Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de Producto para hormigón y elementos de hormigón”, que a su vez se referencia en la norma europea UNE-EN 15804:2012+A1:2014, que establece unas reglas de categoría de producto (RCP) comunes para el sector de la construcción. De esta forma, la DAP proporcionará un perfil ambiental basado en datos cuantificados y verificables, empleando una serie de categorías de impacto normalizadas.

En la construcción, una declaración ambiental de producto es una importante herramienta para valorar las características de sostenibilidad de los diferentes materiales de construcción que van a utilizar en sus proyectos. Poco a poco comienza a ser una información demandada por promotores (como factor de diferenciación), administraciones (para implementar los compromisos en materia ambiental), usuarios (creciente sensibilización hacia el medio ambiente) u otros agentes. Especialmente están dirigidas a obras que se certifiquen conforme a sistemas de certificación de la sostenibilidad, siendo los más implantados las herramientas LEED y BREEAM, y estos estar orientados a edificios de titularidad privada. También comienza a observarse una mayor sensibilización en la Administración, pudiendo el componente medioambiental y/o social ser un criterio a puntuar en la contratación pública, como será el caso del futuro Código Estructural que sustituirá a la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, que incluye la tenencia de una DAP como un factor a valorar. Además, da respuesta a una de las

novedades que introdujo el Reglamento Europeo de Productos de Construcción con el nuevo requisito “Uso sostenible de los recursos naturales”.

7.3. DAP de canalizaciones prefabricadas de hormigón

Las DAP sectoriales resultan útiles cuando diferentes empresas fabricantes del mismo tipo de producto se agrupan para recopilar en conjunto los datos del inventario de ciclo de vida del producto y mostrar la información “media” de los resultados como representativos.

Por esta razón, ANDECE ha realizado 6 DAP sectoriales entre sus empresas asociadas, una de las cuales relativa a las canalizaciones prefabricadas de hormigón que agrupan todos los productos descritos en el capítulo 4 de esta guía.

7.3.1. Declaración de los parámetros ambientales derivados del ACV

CATEGORIA DE IMPACTO	PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
			ETAPA DE PRODUCTO			
			A1	A2	A3	A1-A3
Calentamiento global (kg CO2 eq)	Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq	1,16E+02	7,49E+00	2,44E+00	1,26E+02
Agotamiento de la capa de ozono (kg CFC 11 eq)	Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico	kg CFC 11 eq	1,10E-05	1,40E-06	1,18E-06	1,36E-05
Acidificación del suelo y el agua (kg SO2 eq)	Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua	kg SO2 eq	2,98E-01	2,61E-02	1,99E-02	3,44E-01
Eutrofización (kg PO4 eq)	Potencial de eutrofización	kg (PO4)eq	7,30E-02	4,92E-03	1,53E-03	7,95E-02
Formación de ozono fotoquímico (kg Etileno eq)	Potencial de formación de ozono troposférico	kg Etileno eq	2,93E-02	9,61E-04	5,88E-04	3,09E-02
Agotamiento de recursos abióticos - elementos (kg Sb eq)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles	kg Sb eq	-3,20E-04	2,80E-08	5,38E-07	-3,20E-04
Agotamiento de recursos abióticos – comb. fósiles (MJ)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles	Mj valor calorífico neto	8,78E+02	1,09E+02	8,86E+01	1,08E+03

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

7.3.2. Uso de recursos

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Uso de energía primaria renovable, excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,92E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,92E+01
Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,01E+01	0,00E+00	0,00E+00	2,01E+01
Uso total de la energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	4,93E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,93E+01
Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	7,75E+02	0,00E+00	0,00E+00	7,75E+02
Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	1,63E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,63E+02
Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	9,38E+02	0,00E+00	0,00E+00	9,38E+02
Uso de combustibles secundarios renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,04E+01	3,26E-01	1,21E+01	3,28E+01
Uso de combustibles secundarios no renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,91E+01	1,07E+02	8,82E+01	2,34E+02
Uso de materiales secundarios (kg)	KG	2,39E+01	1,73E-02	-2,88E-01	2,37E+01
Uso neto de recursos de agua dulce (m3)	M3	2,30E+01	6,21E-03	7,95E-02	2,31E+01

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

7.3.3. Categorías de residuos y flujos de salida

PARAMETRO	**UNIDAD**	**ETAPA DEL CICLO DE VIDA**			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	**A2**	**A3**	**A1-A3**
Residuos peligrosos eliminados (kg)	kg	1,79E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,79E-01
Residuos no peligrosos eliminados (kg)	kg	1,62E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-01
Residuos radiactivos eliminados (kg)	kg	1,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,36E-06

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Componentes para su reutilización (kg)	kg	2,93E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+00
Materiales para el reciclaje (kg)	kg	2,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,58E-02
Materiales para valorización energética (recuperación de energía) (kg)	kg	3,22E-01	0,00E+00	0,00E+00	3,22E-01
Energía exportada (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

7.4. Otras consideraciones

El hecho de que un producto disponga de una DAP no implica necesariamente que sea medioambientalmente mejor que otro que no lo tenga, pero sí la información que se obtenga como elemento imprescindible para mejorar el comportamiento ambiental (por ejemplo, identificar puntos de mejora para reducir el consumo eléctrico o de agua asociado, sin menoscabo de sus prestaciones).

Esta DAP considera el alcance “de la cuna a la puerta” incluyendo todas las etapas del ciclo de vida del producto hasta la puerta de la fábrica como producto terminado.

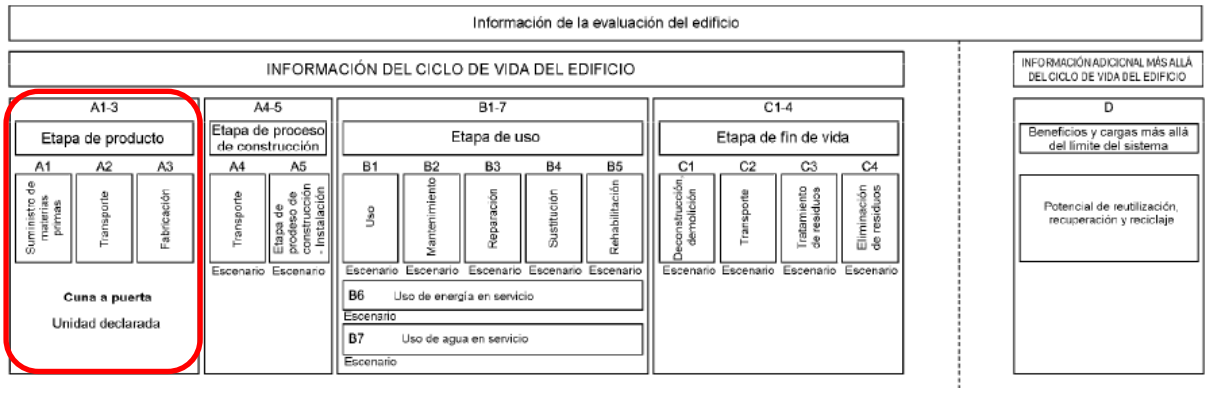


Figura.- Etapas y módulos de información para la evaluación. Ciclo de vida del edificio/infraestructura

El periodo de “cuna a puerta” sólo cubre la parte inicial del proceso, siendo el más habitual de los productos de construcción ya que en la mayoría de los casos son componentes que quedan integrados dentro de sistemas constructivos dentro del edificio o de la infraestructura, que es

sobre la que es más razonable analizar todo el ciclo de vida. En el caso de los elementos prefabricados de hormigón, no se cuantifican así algunas de las características diferenciadoras como la mayor durabilidad, la inercia térmica o su potencial de reciclabilidad/reutilización al final de su vida útil, que se analizarían en el caso de abordar el ciclo de vida completo. Por tanto, cabe pensar que en próximos estudios sea recomendable hacer un análisis de ciclo de vida completo para poner en valor dichas ventajas atendiendo a su comportamiento medioambiental.

Figura.- Estado de un tubo fabricado e instalado en 1891. Fuente: HABA_Maulprofil

8. METODOLOGÍA BIM

8.1. Conceptos básicos

La metodología BIM (modelado de información de la construcción) es un fenómeno imparable que irremediablemente empieza a cambiar la forma en que se ha concebido la construcción hasta ahora. Alineada con la llamada Industria 4.0 o Construcción 4.0, BIM viene fundamentalmente a "poner orden" en los proyectos de construcción, estableciendo mecanismos que permiten a todos los agentes participantes (estudios de arquitectura, consultoras e ingenierías, direcciones de proyecto y obra, empresas constructoras y subcontratistas, proveedores de materiales de construcción, administraciones, gestores de edificios e infraestructuras, etc.) establecer una comunicación más fluida, basándose en el desarrollo y acceso a modelos tridimensionales virtuales del edificio o infraestructura que se comparten, y que contienen información más allá de la geométrica con el fin de facilitar su uso en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto.

El sector de la construcción debe afrontar este salto hacia la digitalización de los proyectos, algo que atañe especialmente a los fabricantes y proveedores de productos de construcción, elementos imprescindibles para realizar cualquier proyecto constructivo.

En la etapa pre-BIM, cada proyecto, véase un edificio, se componía a su vez de determinados sub-proyectos (estructura, fachadas, instalaciones, accesos, etc.) que se han diseñado y ejecutado mayoritariamente mediante planos, y de forma independiente y a veces contradictoria (por ejemplo, una tubería que se define por donde ya transcurre una columna), provocando un número muchas veces elevado de errores que se manifiestan fundamentalmente durante la fase de ejecución, con los consecuentes perjuicios en plazos y costes.

En cambio, BIM actúa como una gran base de datos de todos los elementos que forman parte de un proyecto de construcción. Cada elemento está catalogado, por así decirlo, y cada cambio que pueda realizarse (por ejemplo, una viga cuya posición se cambia por un determinado motivo) permite visualizar cualquier alteración de los elementos adyacentes (por ejemplo, las conexiones con los pilares en los que apoya). Además, al ir incluyendo y refinando información a lo largo del proyecto, se genera un historial donde se archivan las decisiones tomadas, los datos de los materiales y los servicios realizados con la conformidad legal adecuada.

Por estos motivos, el uso creciente de BIM representa una oportunidad ideal para la consolidación definitiva de la industria de los elementos prefabricados de hormigón. La metodología BIM y especialmente la construcción industrializada con elementos prefabricados

de hormigón se basan en parámetros similares: control más exigente desde la fase de diseño, un estricto cumplimiento de la geometría y la posición de los distintos elementos constructivos, mayor calidad, costes y plazos controlados y, como consecuencia de todo ello, mayor eficiencia al término de la obra.

8.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados

8.2.1. El salto a BIM

Cada vez más, cualquier fabricante que aspire a participar en proyectos desarrollados bajo esta metodología, deba desarrollar antes un catálogo de productos en lenguaje electrónico BIM que permita a los proyectistas utilizar y conocer esta información. Se pasa de una información técnica basada en planos o ficheros de texto, a archivos digitalizados legibles por software BIM. La forma de transformar esta información en BIM diferirá según el tipo de fabricante: su magnitud, capacidad técnica y económica, ámbito geográfico de actuación, etc. Para ello, es fundamental que el fabricante digitalice su catálogo de producto, algo que será más o menos complejo en función básicamente del grado de estandarización de los elementos. En el caso de los elementos con aplicaciones estructurales, cada fabricante cuenta con una serie de secciones y características tipo que habrá que adaptar para cada proyecto específico, pudiendo encontrarnos además con un número elevado de elementos variados dentro de un mismo proyecto.

8.2.2. Nivel de información de los objetos

Otra decisión que subyace en este sentido es qué cantidad de información debe incorporarse en BIM, para lo cual habrá que decidir qué debe incluirse y qué no (por ejemplo, características que no sean relevantes para el proyecto, o prefieran omitirse por ser información confidencial, etc.) y qué nivel de parametrización (optimizar el número de objetos a desarrollar, agrupándolos por ciertas características/parámetros). La información que contendrán los objetos, puede clasificarse de la siguiente forma:

- Geometría: se puede definir con exactitud (largo x ancho x alto), o bien parametrizar dejando abiertas las dimensiones, definiendo un rango para cada dimensión y/o fijar un valor exacto que sea representativo.

- Datos básicos: pueden ser las características esenciales que presentan las normas armonizadas de producto, referencia para los prefabricados con marcado CE (por ejemplo, tomando los valores que ya vienen definidos en la documentación de marcado CE, como es el caso de las Declaraciones de Prestaciones).

- Otros datos: información que el fabricante puede adicionalmente asignar al objeto BIM, ya sea de tipo cuantitativo (precio por m.l., texturas superficiales, etc.) y/o cualitativo (marketing, instrucciones de montaje, etc.).

8.2.3. Desarrollo de objetos BIM

Una de las decisiones que debe tomar la empresa es si el desarrollo de objetos BIM de su catálogo de productos se lleva a cabo con personal propio (departamento técnico, delineantes, etc.) o si es preferible recurrir a una entidad especializada externa. En el caso de los fabricantes de estructuras en que por magnitud de la empresa, y en que predominen los elementos poco estandarizados que dependen de cada proyecto, cabe esperar que la empresa apueste por la ir formando a personal propio para que adquiera las competencias necesarias en el uso de herramientas de modelado BIM y generar una biblioteca propia y ampliable en el tiempo.

8.3. Plataformas de objetos BIM

Es esencial apuntar la importancia que están adquiriendo las plataformas BIM de objetos de construcción, que presentan un número creciente de archivos digitales de productos y sistemas de construcción, tanto de fabricantes con productos específicos como de productos genéricos. Estas plataformas equivalen a buscadores de productos de construcción, donde aparecen todos aquellos productos de empresas que tienen objetos BIM con información geométrica y de otras características.

Cabe destacar la iniciativa llevada a cabo por ANDECE colaborando con algunas de estas plataformas para presentar una galería de productos prefabricados de hormigón representativos, con el objetivo de enseñar a las empresas asociadas el camino a emprender en esta evolución digital hacia la metodología BIM.

8.3.1. BIMETICA

De origen español, la base de datos continúa creciendo gracias a la colaboración activa de diferentes fabricantes y asociaciones empresariales, que añaden nuevos productos y actualizan los datos continuamente. Gracias a ello, cualquier usuario puede acceder gratuitamente a la información de los productos y descargar los objetos BIM como familias Revit, objetos Archicad, archivos IFC, archivos AECOsim, archivos CAD 2D/3D, especificaciones técnicas, etc. con información detallada que puede integrarse directamente en el proyecto.

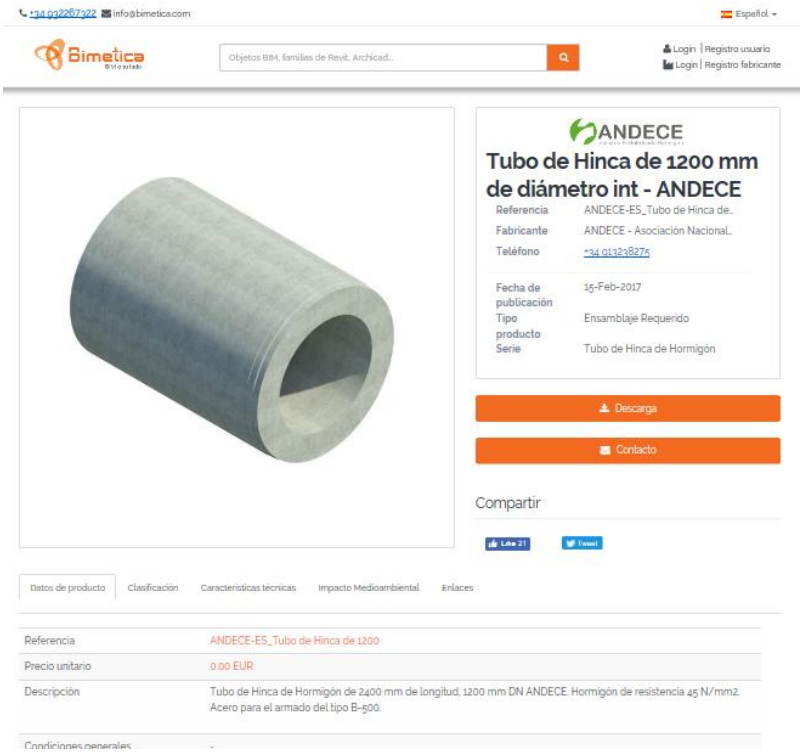


Figura.- Ventana de presentación del tubo de hinca de hormigón en la galería BIMETICA

”Galería de productos genéricos de ANDECE en BIMETICA” [+]

8.3.2. BIM&CO

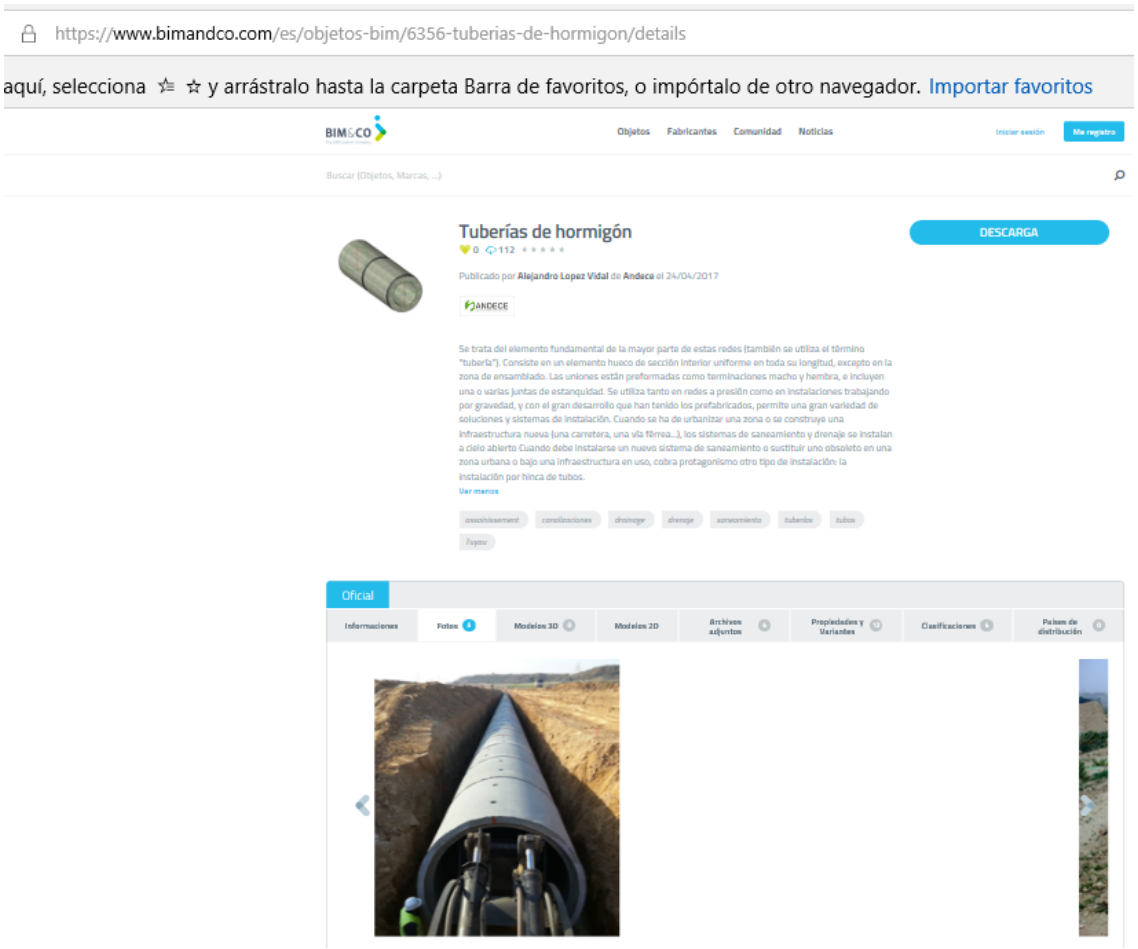
De origen francés, BIM&CO ofrece una plataforma de colaboración internacional para contratistas y fabricantes de productos de construcción con el objetivo de estructurar y distribuir

sus datos a todas las partes involucradas en los procesos de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción.

Figura.- Presentación de los objetos genéricos de ANDECE en la plataforma BIM&CO

”Galería de productos genéricos de ANDECE en BIM&CO” [+]

Ejemplo de contenidos del objeto genérico “Tubo de hormigón” desarrollado directamente por ANDECE dentro de la plataforma BIM&CO



- Información general: datos creación, enlaces útiles (por ejemplo, al buscador de fabricantes de la web de ANDECE al tratarse de un producto genérico), código QR para poder descargarlo, etc.;
- Fotografías seleccionadas de los elementos;
- Modelos 3D para descarga en el/los software en que se haya desarrollado (en este caso REVIT);
- Documentos adicionales: libertad para añadir información técnica, comercial, etc. que el fabricante quiera añadir;
- Propiedades y variantes: descripción técnica del elemento (en este caso, clasificado por los distintos cantos habituales);
- Clasificaciones según los estándares más reconocidos globalmente;
- Países de distribución: se puede dejar abierto, o acotarlo al país/países donde se comercialice el producto para concentrar la atención en un área geográfica determinada.

8.4. Entrada del prefabricador al proyecto

Los proyectos con sistemas constructivos con elementos prefabricados de hormigón deben definirse de forma completa e inequívoca en proyecto (como en BIM), comenzando por la forma (precisión geométrica más elevada debido al proceso industrial) y las propiedades técnicas de los elementos individuales (tubos, pozos,...) hasta conformar el sistema constructivo completo (canalización), concibiendo, como debiera ser lógico, que lo proyectado debe ser construible. Con este enfoque, el prefabricador se presenta cada vez más como un apéndice del proyecto, al tener inevitablemente que contar con su asistencia técnica en el desarrollo del proyecto. Por tanto, BIM probablemente refuerce la necesidad de tener en cuenta su participación desde etapas más iniciales siendo un elemento diferencial que el prefabricador podría hacer valer.

8.5. BIM como elemento de diferenciación

El uso de software por parte de los prefabricadores en la etapa de diseño, permite despiezar los elementos individuales y de esta forma generar automáticamente las planillas de fabricación de

dichos elementos por lo que resulta aún más si cabe un proceso controlado y eficaz, frente a la construcción tradicional en la que el proceso es cambiante y se diluye al ir avanzando a lo largo de las etapas.

También debe hacerse notar que los productos o sistemas de construcción deban quedar fijados al proyecto en fases cada vez más tempranas, de forma que la conocida definición de “Unidad X o similar” reduzca enormemente su presencia en las memorias de los proyectos, lo cual desde el punto de vista de los elementos industrializados, es una clara ventaja.

Pero todos estos elementos diferenciales son argumentos que el prefabricador debe hacer valer ante el resto de los agentes, para que el concepto de elemento prefabricado de hormigón se perciba que ofrece muchas mejores garantías de productividad y eficiencia frente a otras soluciones constructivas más tradicionales, menos industriales.

9. CONCLUSIONES: VENTAJAS

9.1. Técnicas

9.1.1. Flexibilidad de diseño

Los conductos de hormigón ofrecen una enorme flexibilidad para su diseño debido a la amplia oferta de dimensiones, secciones transversales y piezas especiales que se pueden hacer a medida. Ver clasificaciones y tipologías.

9.1.2. Altos estándares en salud y seguridad

Los conductos de hormigón de grandes dimensiones están equipados con bulones integrados que permiten su manipulación con utillajes diseñados especialmente para tal fin, lo que nos garantiza la seguridad y facilidad en los procesos de transporte y montaje en obra. El Grupo Nacional de Canalizaciones de ANDECE y las empresas que lo componen, tienen una amplia experiencia y pueden brindar asesoramiento y orientación sobre cuestiones relacionadas con el manejo y la descarga. Ver principios básicos de ejecución.

9.1.3. Normativa

Los elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones están referenciados en una serie de normas rigurosas y fiables. Ver reglamentación aplicable.

9.2. Económicas

La más importante, por ser la que condiciona la mayoría de las decisiones, es la vertiente económica, que siempre debería ser analizada a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura y no únicamente en la fase de contratación.

9.2.1. Ahorro de costes en la prescripción en proyecto

Los costes de los productos de hormigón son estables, a diferencia de los productos de drenaje hechos de termoplásticos, que están afectados por las constantes oscilaciones de los precios del petróleo. La industria española del prefabricado de hormigón dispone de existencias de productos estándar para garantizar un suministro ágil en tiempo y forma. Los fabricantes son reconocidos por su buen hacer, soporte técnico y atención al cliente.

9.2.2. Ahorro de costes en la instalación

Las tuberías de hormigón proporcionan ahorros de costes en la instalación, ya que habitualmente, permite utilizar el propio material de la excavación para el relleno, sin tener necesidad de utilizar tierras seleccionadas de aportación, como requieren los conductos flexibles, o reducir éstas al mínimo. No hay necesidad de llevar material a vertederos ni de adquirir material seleccionado para el relleno.

Por otra parte, los conductos de hormigón son menos sensibles que los ejecutados con tubos flexibles ante una ejecución inadecuada del relleno o de la cama de apoyo. La parte más importante de la resistencia estructural de una tubería de hormigón corresponde a la tubería en sí, a diferencia de los sistemas flexibles en las que prácticamente el 100% de la respuesta estructural se fía a la ejecución del relleno envolvente y del apoyo por lo que no requieren unas condiciones de compactación tan estrictas como los conductos flexibles, con lo que se reduce considerablemente el coste de ejecución de los rellenos. Ese tiempo de ejecución, en torno a una tercera parte, se reduce considerablemente al evitar la compactación tan estricta que necesitaríamos con el uso de un tubo flexible.

9.2.3. Ahorro de costes durante el servicio de la infraestructura

La vida útil de una instalación de saneamiento o drenaje es un valor crítico para estimar su coste y poder contemplar y compara distintas soluciones alternativas para una situación determinada. Las soluciones con elementos prefabricados de hormigón que cumplan los requisitos de la normativa actual pueden garantizar un servicio adecuado superior a 100 años, lo que representa

una ventaja diferencial importante frente a otros productos alternativos, ventaja que ningún proyectista o explotador de la instalación debería ignorar.

- Capacidad química: ver artículo que revela la capacidad de los conductos de hormigón ante las acciones químicas;
- Capacidad física y mecánica: ver artículo que demuestra la capacidad de los conductos de hormigón ante las acciones físicas y mecánicas;
- Estanquidad e integridad de la junta: una tubería de hormigón no se deformará en la unión por lo que la integridad del sellado no se verá comprometida por la pérdida de forma;
- Eficiencia hidráulica: a diferencia de las tuberías flexibles, las tuberías de hormigón no se deforman. Una tubería de hormigón mantiene su forma a lo largo de su vida útil sin bultos ni ondulaciones. La capacidad hidráulica de un tubo de hormigón no se reduce por cambios en su forma;
- Inercia: su peso propio facilita la estabilidad tanto en la instalación como durante el servicio. Mantienen la alineación y resisten los desplazamientos mejor que productos alternativos;
- Resiliencia ante inundaciones: a medida que cambian los patrones del clima, los sistemas de tuberías de hormigón ofrecen una solución de funcionamiento muy fiable, ante el desafío de inundaciones que cada vez son más frecuentes;
- También son resistentes al daño que pueda producir el impacto de objetos transportados con agua de inundación;
- Las soluciones de accesibilidad que facilitan la inspección y mantenimiento son múltiples. Se han desarrollados siguiendo los condicionantes y demandas que los operadores de la red han solicitado, lo que ha permitido a la industria disponer de una gran experiencia y poder asesorar a los nuevos usuarios;
- Resistencia a altas temperaturas y fuego: los productos de hormigón no pierden su estructura ni se deforman cuando están expuestas al calor, a diferencia de los productos de tuberías termoplásticas;
- Resistencia al chorro: las tuberías de hormigón y los registros no sufren daños con el chorro de agua a alta presión, un método de mantenimiento habitual en nuestro país. La

limpieza con este método asegura que las tuberías están libres de bloqueos y material acumulado que de otra manera comprometen el rendimiento hidráulico del sistema.

9.3. Sostenibilidad

Los sistemas de drenaje de hormigón son la opción más sostenible disponible, teniendo en cuenta sus dos grandes cualidades frente al resto de alternativas: mayor resistencia y mayor durabilidad. Están hechos de materiales de origen responsable, disponibles en la zona como cemento y áridos. También se pueden utilizar áridos reciclados y sustituir parte del cemento por cenizas volantes o escoria granulada de alto horno.

Los propios elementos de hormigón se pueden reciclar al final de su vida útil y usarlos como áridos reciclados o en nuevas aplicaciones.

Y como ya vimos anteriormente, en situaciones normales, las tuberías de hormigón utilizan la propia tierra de la excavación como material de cama y relleno, con lo que se elimina, o minimiza la necesidad de un vertedero y el consiguiente transporte, así como el tener que incorporar a la obra material de relleno seleccionado, con su coste y su transporte.

Uno de los métodos de puesta en obra de las tuberías prefabricadas de hormigón es el de hincado, método con el que se evita la interrupción causada por la excavación y el restablecimiento de trincheras. Además, el material excavado que va al vertedero se minimiza, no se requiere un relleno importado y el movimiento de vehículos pesados se reduce significativamente.

Los elementos prefabricados de hormigón son inertes, no sufren lixiviación, por lo tanto, no vierten productos químicos al medio natural a lo largo de su vida en servicio. Esta es una propiedad esencial para evitar daños al medio ambiente, para cualquier material utilizado en una subestructura en contacto directo con aguas subterráneas y cuya finalidad es la de transportar fluidos que se vierten al medio natural.

Los productos de hormigón no se queman y no liberan emisiones y humos durante los incendios, a diferencia de muchos productos de plástico. Esto lo convierte en la opción más segura para

instalaciones de drenaje en aeropuertos, depósitos de almacenamiento de combustible y estaciones de servicio

9.4. Comparativa con sistemas alternativos

Para consolidar las ventajas que ofrecen los elementos prefabricados de hormigón para este campo de aplicación, debemos también conocer las particularidades de los otros materiales o soluciones del mercado, como son:

- Hormigón in situ: normalmente son soluciones en hormigón armado. Tienen la ventaja de poder realizar cualquier tipo de solución, pero los inconvenientes son múltiples:
  - Dependencia de la meteorología;
  - Incertidumbre en los costes y plazos de obra;
  - Mayor dificultad en la obtención de las calidades proyectadas.

- Plástico: es un producto de corto recorrido en cuanto a tiempo de utilización y más degradable, y por tanto, menos fiable que el hormigón a largo plazo. Normalmente, excepto el PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio), está limitado a dimensiones de diámetros pequeños. La resistencia de la instalación se encomienda a la movilización del empuje pasivo en los laterales de las conducciones, lo que requiere una ejecución muy cuidada que no siempre se consigue y que la respuesta del relleno se mantenga en el tiempo. Como alternativa se pueden utilizar los tubos de plástico recubiertos con hormigón, pero es una solución más costosa económicamente que un tubo de hormigón armado. Además, requiere la utilización de pozos de hormigón, por lo que podemos decir que no es un sistema completo.

- Canalizaciones de gres: su principal ventaja es la gran resistencia a ataques químicos en concentraciones altas. Sus inconvenientes son el alto coste, su fragilidad y la disponibilidad sólo en pequeñas dimensiones.

- Canalizaciones metálicas: se utilizan básicamente para conducciones con presión. En obras de saneamiento, y debido a su alto coste, sólo tienen sentido como elementos

complementarios tipo sifón, estaciones intermedias de empuje para instalaciones en hinca, manguitos de conexión para soluciones especiales, etc.

- Canalizaciones en hierro fundido: su uso principal son las redes de abastecimiento. No alcanzan las dimensiones grandes de los tubos de hormigón armado y tienen un alto coste. Suelen ir recubiertas interiormente por un mortero.

La verdad sobre los sistemas de saneamiento

En este libro encontrará una escueta pero completa comparativa entre los dos tipos de tuberías más representativos en los sistemas de saneamiento y drenaje. El libro comienza con una breve descripción de los diversos tubos disponibles en el mercado y de los conceptos generales básicos relacionados con las redes de saneamiento y drenaje, para después establecer los puntos realmente importantes que la propiedad del sistema o el prescriptor deberían tener en cuenta a la hora de elegir la opción idónea [+]

EMPRESAS ASOCIADAS

Relación de fabricantes asociados de ANDECE que declaran fabricar elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones, en el momento de edición de esta guía. Seleccionar "canalizaciones" en el siguiente enlace

+info en: http://www.andece.org/directorio-de-negocios/

SOCIOS ADHERIDOS

Relación de socios adheridos de ANDECE que suministran productos y/o servicios directamente relacionados con los elementos prefabricados de hormigón para canalizaciones, en el momento de edición de esta guía.

+info en: http://www.andece.org/miembros-adheridos/

REFERENCIAS

- ATHA – Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado. http://www.atha.es/
- Máster de construcción industrializada en hormigón. http://capacitacionprefabricados.com/
- "Guía de tubos de hormigón armado". ANDECE-IECA https://bit.ly/2OiIx86
- Guía Autodeclaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón – ANDECE http://www.andece.org/declaraciones-ambientales-andece/
- Guía BIM para empresas de prefabricados de hormigón http://www.andece.org/galeria-genericos-bim-de-andece/
- "*20 reasons to use precast concrete drainage systems*". mpa British Precast Drainage Association