

GUÍA PARA EL DISEÑO Y PROYECTO DE DEPÓSITOS

MANCOMUNIDAD DE LOS CANALES DEL TAIBILLA

Calle Mayor 1. 30201 Cartagena (Murcia)

En la redacción de esta guía ha colaborado personal de las áreas de Explotación y de Proyectos y Obras; y del Servicio de Laboratorio y Calidad de Aguas, de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT), Organismo Autónomo adscrito al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico; así como de INATE Ingeniería de Agua y Territorio S.L. y los de ediciones anteriores.

Desde su primera edición en 2013, ha cambiado la normativa vigente con el Código Estructural (CEstr.) que deroga a la EHE-08 y que hacía necesaria la revisión del documento y estandarizar criterios en el ámbito de proyectos de depósitos. Como alternativa podrá justificarse mediante la aplicación de los Eurocódigos.

En segundo lugar, la aprobación del R.D. 3/2023, por el que se establecen los criterios técnicos-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro, hace necesaria la adecuación del contenido de esta guía, así como la incorporación de nuevos apartados en la misma.

Por último, En un segundo plano se han incorporado nuevos conceptos por la experiencia de la anterior edición, consultas de bibliografía nueva, buenas formas constructivas, etc.

Con la aprobación futura del proyecto de ley de la NCSR-22, será necesaria una nueva revisión del documento en cuanto a su diseño sísmico. No obstante la acción sísmica es muy parecida a la indicada en el presente documento. Se recomienda utilizar los valores del mapa de aceleraciones del proyecto de ley.

Segunda edición: 2025

© Mancomunidad de los Canales del Taibilla 2025

EDITA:

Mancomunidad de los Canales del Taibilla

Calle Mayor 1, 30201 Cartagena

www.mct.es

Depósito Legal: MU 921-2025

Se permite la copia y la reproducción total o parcial de esta publicación sin previa autorización del titular de su propiedad intelectual, siempre y cuando sea para uso privado del copista, se haya tenido un acceso legal a la copia, la misma no sea utilizada con fines colectivos ni lucrativos, y se indiquen la fuente y el autor.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	NORMATIVA	6
3.	DOCUMENTACIÓN CONSULTADA	6
3.1.	NORMAS Y ENLACES SANITARIOS	7
4.	CAPACIDAD	8
5.	EMPLAZAMIENTO	9
6.	GEOMETRÍA	10
6.1.	ENCAJE EN ALZADO	10
6.2.	NÚMERO DE CÁMARAS	10
6.3.	FORMA	11
	6.3.1. Geometría económica de depósitos cilíndricos	11
	6.3.2. Geometría económica de depósitos rectangulares	11
6.4.	ALTURA DE MUROS	12
6.5.	PENDIENTES	13
	6.5.1. En solera	13
	6.5.2. En cubierta	13
7.	DRENAJES	14
8.	ELEMENTOS HIDRÁULICOS	16
8.1.	ORGANIZACIÓN DE LA ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA	16
8.2.	CONDUCCIONES DE ENTRADA	16
8.3.	SALIDA DE AGUA	17
8.4.	ALIVIADERO	19
8.5.	DESAGÜE DE FONDO	20
8.6.	CÁMARA DE VÁLVULAS	20
9.	ELEMENTOS FUNCIONALES	22
9.1.	ACCESOS A CÁMARAS E INTERIOR DEL DEPÓSITO	22
	9.1.1. Escaleras y barandillas	22
	9.1.2. Huecos de entrada de maquinaria y materiales	23
9.2.	URBANIZACIÓN	23
	9.2.1. Camino de acceso	23
	9.2.2. Viales perimetrales	23
	9.2.3. Valla de cerramiento	24
	9.2.4. Puerta de acceso	25
	9.2.5. Alumbrado exterior	26
9.3.	VALVULERÍA	26
9.4.	SISTEMA DE SEGURIDAD	27
9.5.	VENTILACIÓN-ILUMINACIÓN	27
10.	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	29
10.1.	TERMINACIONES	29



10.2.	IMPERMEABILIZACIÓN.....	29
10.2.1.	Cámaras	29
10.2.2.	Cubierta	30
10.2.3.	Juntas: constructivas, retracción y dilatación	30
10.2.4.	Medias cañas y espadines	31
10.3.	INSTALACIONES	31
10.3.1.	Instalaciones eléctricas	31
10.3.2.	Cuadros eléctricos.....	32
10.3.3.	Sistemas de rectoración	32
10.3.4.	Telemando y telecontrol	33
10.3.5.	Placas solares.....	33
11.	DISEÑO ESTRUCTURAL	34
11.1.	MATERIALES	34
11.1.1.	Hormigón armado	34
11.1.2.	Hormigón pretensado	34
11.2.	VIDA ÚTIL	34
11.3.	RECUBRIMIENTO	34
11.4.	LIMITE DE ABERTURA DE FISURA	35
11.5.	CONTROL DE EJECUCIÓN	35
11.6.	ESQUEMA ESTRUCTURAL	36
11.6.1.	Depósitos rectangulares	36
11.6.2.	Depósitos circulares.....	36
11.6.3.	Estructura de cubierta	37
11.7.	DISEÑO SÍSMICO.....	37
11.8.	CALCULO ESTRUCTURAL	37
11.8.1.	Hipótesis de cálculo	37
11.8.2.	Acciones	38
11.8.3.	Coefficientes de seguridad	38
11.8.4.	Cálculo sísmico.....	38
11.8.5.	Modelo estructural de la cámara	38
11.9.	DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS	39
11.9.1.	Armado.....	39
11.9.2.	Cuantías mínimas.....	39
11.9.3.	Espesores mínimos	39
11.9.4.	Forjado de cubierta	39
11.9.5.	Remate de cubiertas	39
11.9.6.	Detalles constructivos.....	40
11.10.	JUNTAS	48
11.10.1.	Control de la fisuración en fase de construcción	48
11.10.2.	Juntas constructivas	54
11.10.3.	Juntas de retracción	55
11.10.4.	Juntas de dilatación	56
12.	DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	57
12.1.	MEMORIA Y ANEJOS	57
12.2.	PLANOS.....	57
12.3.	PLIEGO.....	58



12.3.1.	Aspectos generales.....	58
12.3.2.	Artículo de hormigones	58
12.3.3.	Artículo de permeabilidad del hormigón	58
12.3.4.	Artículo de ejecución de obras de hormigón armado.....	59
12.3.5.	Artículo de bandas de estanqueidad	63
12.3.6.	Artículo de impermeabilización de cubierta	63
12.3.7.	Artículo de control de movimientos y fisuración	63
12.3.8.	Artículo de pruebas de estanqueidad para depósitos	64
12.3.9.	Artículo de limpieza y desinfección	66
12.3.10.	Artículo de materiales en contacto con agua de consumo humano 74	
12.3.11.	Artículo de grifos tomamuestras.....	75

APÉNDICES

ANEJO Nº 1: FOTOS

ANEJO Nº 2: CUADRO PARA SELECCIÓN DE ANCHO DE ESPESOR DE MURO Y ARMADO EN MUROS MÉNSULA

ANEJO Nº 3: JUSTIFICACIÓN DE ESTABILIDAD EN DEPÓSITOS CIRCULARES

ANEJO Nº 4: INFORME SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA EN DEPÓSITOS NO ANCLADOS

ANEJO Nº 5: ESTÁNDARES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASSETAS DE CALIDAD EN DEPÓSITOS

ANEJO Nº 6: REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de la guía es determinar criterios uniformes para el diseño de depósitos de agua potable en los proyectos que se realicen en la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT en lo sucesivo).

Está enfocado para el diseño de un depósito de hormigón armado, pero los criterios funcionales se mantienen para otros tipos.

El proyectista puede realizar cualquier otra solución no contemplada en esta guía, pero será necesaria una aprobación previa del Director del Proyecto.

2. NORMATIVA

- RD 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural (CEstr).
- RD 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- RD 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02).
- RD 637/2007, de 18 de mayo, por el que se aprueba la Norma de construcción sismorresistente: Puentes (NCSP-07).
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- RD 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Eurocódigos estructurales
- Code Requirements for Seismic Analysis and Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-20).
- BS 8.007 Code of practice for design o concrete structures for retaining aqueous liquids (derogada).

3. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

- *Desing of Liquid Retaining Concrete Structures*. 3ª edición, John Forth, 2014
- *Joint waterproofing for watertight concrete systems & whitebox concepts*. SIKA 2014, Rainer Hohmann.
- *Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable*. 1ª edición, CEDEX, 2010, 189p. Manuales y recomendaciones R-20. ISBN. 478-84-7790-513-4.
- *Recomendaciones sobre depósitos de agua potable*. 1ª edición, Asociación Española de abastecimiento de agua y saneamiento (AEAS), 1990.

- Riba Genescà, E. *Cálculo y elección óptima de un depósito de agua*. Tesina UPC.
- *Curso de Depósitos, tanques y balsas (Proyecto y ejecución)*. INTEMAC, 2007. Cursos de especialización. Y *Curso de Proyecto, cálculo, detalles constructivos, ejecución y patologías de depósitos de hormigón armado*. INTEMAC, 2012. Cursos de especialización.
- *Watertight Concrete Construction*. R. Colin Deacon. Cement and Concrete Association.
- *Programa de vigilancia sanitaria del agua de consumo en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (PVSRM)*. De la Consejería de Salud, Dirección General de Salud Pública y Adicciones

3.1. NORMAS Y ENLACES SANITARIOS

- https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/calidadAguas/aguasConsumoHumano/publicaciones/docs/2023_GUIA_RD_3_2023.pdf
- https://environment.ec.europa.eu/publications/delegated-acts-drinking-water-directive_en
- <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/productosindustriales/productos-en-contacto-con-agua-de-consumo-humano/Paginas/default.aspx>
- <https://webgate.ec.europa.eu/single-market-compliance-space/notified-bodies/by-legislation>
- Reglamento Delegado (UE) 2024/371, por el que se completa la Directiva (UE) 2020/2184 mediante el establecimiento de especificaciones armonizadas para el mercado de los productos que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano
- Reglamento Delegado (UE) 2024/370, por el que se completa la Directiva (UE) 2020/2184 mediante el establecimiento de procedimientos de evaluación de la conformidad de los productos que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano y de las normas para la designación de los organismos de evaluación de la conformidad que participan en dichos procedimientos

Otras disposiciones europeas relacionadas:

- Decisión de Ejecución (UE) 2024/365, por la que se establecen disposiciones de aplicación de la Directiva (UE) 2020/2184 en lo que respecta a los métodos de ensayo y aceptación de las sustancias, las composiciones y los componentes de partida que deben incluirse en las listas positivas europeas
- Decisión de Ejecución (UE) 2024/367, por la que se establecen disposiciones de aplicación de la Directiva (UE) 2020/2184 mediante el establecimiento de listas positivas europeas de sustancias de partida, composiciones y componentes autorizados para su utilización en la fabricación de materiales o productos que entran en contacto con las aguas destinadas al consumo humano
- Decisión de Ejecución (UE) 2024/368, por la que se establecen disposiciones de aplicación de la Directiva (UE) 2020/2184 en lo que respecta a los procedimientos y métodos de ensayo y a la aceptación de los materiales finales utilizados en productos que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano

- Reglamento Delegado (UE) 2024/369, por el que se completa la Directiva (UE) 2020/2184 estableciendo el procedimiento relativo a la inclusión o la retirada de las listas positivas europeas de sustancias de partida, composiciones y componentes

4. CAPACIDAD

En la MCT se clasifican los depósitos de almacenamiento de agua en dos tipologías:

- Depósitos de transporte.
- Depósitos de entrega a poblaciones.

La capacidad de los depósitos de transporte se estudiara en cada proyecto específico.

Para los depósitos de entrega, el volumen ha de ser como mínimo el consumo máximo diario en 24 horas. Además la capacidad útil debe de ser suficiente para la seguridad de suministro frente a los siguientes aspectos:

- Reserva ante averías.
- Reserva de incendios.
- Volumen de regulación, entre la aportación y el consumo.

Por lo que su capacidad irá en función de los siguientes aspectos:

- Variación del consumo durante el día de máximo gasto (relación entre caudal punta y caudal medio horario)
- Variación del aporte al depósito
- Tiempo estimado de reparación de averías en la aducción al depósito
- Existencia de fuentes alternativas de suministro
- Fuentes de aporte al depósito y su distancia
- Días de almacenamiento
- Posible ampliación a medio plazo
- Especificaciones particulares de suministro al consumidor

En la MCT, los depósitos de entrega, es decir aquellos en los que se suministra el agua a los municipios, y que sirven de cabeceras de las redes de distribución, se explotan de forma que la mayor parte de su volumen es de reserva (2/3), es decir siempre almacenan agua por seguridad, garantizando siempre así la reserva de averías y de incendios. Si el sistema de aducción no tuviera capacidad suficiente para reponer durante todo el día el tercio restante, se deberá hacer un estudio de detalle del desfase aducción-distribución y aumentar la capacidad del depósito.

El volumen de reserva para incendios debe justificarse según la normativa de incendios.

5. EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento de un depósito es una de las decisiones más importantes que hay que tomar. Su ubicación debe responder a las expectativas generales del proyecto, destacando sus cotas hidráulicas compatibles con el sistema y la superficie disponible para la capacidad requerida, y en la medida de lo posible se dará preferencia a los emplazamientos que cumplan el mayor número de los siguientes aspectos:

Criterios topográficos

- Zonas llanas
- Lugares bien comunicados, que permitan un camino de acceso corto
- Zonas que permitan la ampliación del depósito a igual cota
- Siempre en desmonte a la cota de cimentación (mínimo un metro)

Criterios funcionales

- Cercanía a la conducción de aducción
- Cercanía a un punto adecuado de vertido del aliviadero y desagüe de fondo ("rambla legal"), con posibilidad de solicitar autorización de vertido para labores de limpieza.

Criterios urbanísticos

- Terrenos no urbanizables
- Dotaciones según PGOU

Criterios por riesgo potencial de rotura

- Evitar la orientación a laderas de población
- Se admite el alejamiento del casco urbano aunque suponga más longitud de tubería

Criterios geotécnicos

- Homogeneidad del terreno a cota de cimentación (es más importante incluso que el que sea un terreno resistente)

Criterios eléctricos

- Viabilidad de conexión de línea eléctrica corta

Criterios de comunicación radio-microondas

- Evitar zonas encajadas (sombras para comunicaciones)

Criterios ambientales

- Zonas no protegidas

Criterios sanitarios

- Se mantendrán alejados a una distancia mínima de 50 m de cualquier fuente de insalubridad.
- El depósito debe de estar situado por encima de la red de saneamiento pública o privada.

6. GEOMETRÍA

6.1. ENCAJE EN ALZADO

El encaje en alzado del depósito dependerá de la geología del emplazamiento, topografía, cotas hidráulicas, y del impacto ambiental.

Los depósitos pueden proyectarse tanto en superficie como semienterrados. En general, para facilitar la detección de posibles fugas y evitar profundidad excesiva de tuberías, siempre que sea posible se proyectarán los depósitos en superficie o exentos (no semienterrados).

La disposición en superficie permite además reducir el alto coste que puede llegar a tener el vertido de tierras procedentes de la excavación del vaciado, especialmente en zonas protegidas ambientalmente.

En la medida de lo posible, las pendientes de la urbanización se deberán proyectar hacia el exterior y la recogida de aguas pluviales por el perímetro de la parcela.

La cota de la solera siempre deberá ser superior a la del desagüe.

6.2. NÚMERO DE CÁMARAS

El PVSRM especifica que "Los nuevos depósitos deberán contar con un doble vaso o compartimentos en paralelo, en el caso de que las redes de distribución aguas abajo, solo cuenten con ese depósito, o que no cuenten con un bypass entre depósitos aguas arriba y la red de distribución. En el caso de remodelaciones, se deberá contar, al menos, con dos vasos siempre que se pueda, para facilitar las labores de limpieza y desinfección.

El número de cámaras viene determinado por las necesidades de limpieza periódica y otras operaciones de mantenimiento, que han de ser posibles sin corte del servicio.

En general se dispondrá de dos cámaras en todos los depósitos de nueva planta en los que la población solamente pueda ser suministrada por éste. En depósitos de ampliación de existentes o en los que la población pueda abastecerse de otro depósito, podrán realizarse con una sola cámara. En casos de depósitos iguales o menores de 2.000 m³, siempre que se pueda disponer de un by-pass efectivo y que la alimentación no proceda de un bombeo podrá realizarse con una sola cámara.

Los depósitos de dos cámaras serán rectangulares y los de una cámara serán circulares hasta 5.000 m³.

El "by-pass" deberá ser hidráulicamente estudiado y deberá funcionar con seguridad. Para ello, el sistema de aducción de agua debe permitir el abastecimiento sin que el agua entre en el depósito, y si es necesario deberá incorporarse alguna válvula para regular la entrega o disminuir la presión, si ésta resulta excesiva para la red de distribución.

6.3. FORMA

Los depósitos y su gama de volúmenes más utilizados en la MCT son:

- Depósitos circulares de hormigón armado, hasta 5.000 m³ y cuando solamente sea necesaria una cámara.
- Depósitos rectangulares de hormigón armado, de más de 5.000 m³ y dos cámaras.

La tipología puede variar en función de criterios de diseño particulares y económicos.

6.3.1. Geometría económica de depósitos cilíndricos

La relación óptima entre diámetro y altura de agua para depósitos circulares oscila entre valores D/H de 4 a 5.

6.3.2. Geometría económica de depósitos rectangulares

El volumen de almacenamiento es función de la superficie en planta y de la altura de lámina de agua. En apartado posterior se estudiará la altura económica de los muros, por lo que fijada ésta, el volumen de almacenamiento es función de la superficie.

La forma geométrica que minimiza el perímetro, para una cámara es por supuesto el cuadrado, pero para dos cámaras iguales resulta:



$$\text{Perímetro} = 4 \cdot A + 3 \cdot B$$

El área se considera fijada por la capacidad requerida.

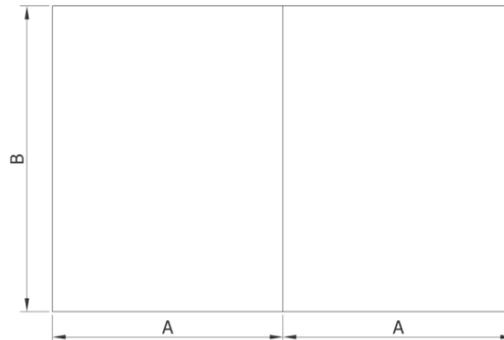
$$\text{Área} = 2 \cdot A \cdot B$$

$$\text{Perímetro} = \frac{2 \cdot \text{Área}}{B} + 3 \cdot B \xrightarrow{\text{mínimo}} \frac{\partial \text{Perímetro}}{\partial B} = 0 \rightarrow -\frac{2 \cdot \text{Área}}{B^2} + 3 = 0$$

Por lo que la forma económica resulta con:

$$B = \sqrt{\frac{2}{3} \text{Área}} \quad A = \sqrt{\frac{3}{8} \text{Área}}$$

Por lo que la figura a escala quedaría:



Incluso podría disminuirse algo más la dimensión B, ya que el muro divisorio está sometido a empujes del agua en los dos paramentos y tiene un coste mayor; pero disminuiría por otro lado la circulación del agua.

6.4. ALTURA DE MUROS

La altura y el espesor de los muros están condicionados principalmente por la fisuración, por lo que, en función de la altura de agua en servicio, se puede optimizar el espesor del muro.

Los rangos de altura de muro se pueden discretizar para distintas capacidades con el fin de no realizar una ocupación en planta excesiva.

Una altura de lámina de agua muy grande obliga a los muros a ser más resistentes, hay más facilidad de fugas al haber mayor presión y complica los trabajos de limpieza. Considerando además de los factores económicos las necesidades de limpieza periódica, la altura de agua en el depósito estará en general limitada a 5m y condicionada a las condiciones particulares del proyecto, para alturas mayores deberá de disponerse de aprobación expresa del Director del Proyecto.

Como primera aproximación y para depósitos rectangulares puede tomarse el espesor del muro $h=0,11 \cdot H_w$ (siendo H_w la altura de lámina de agua), y para depósitos cilíndricos un espesor de $h=0,05 \cdot H_w + 0,01 \cdot R$ (siendo R el radio del depósito circular).

En el caso de muro en ménsula, para distintos espesores y armados "razonables" se puede relacionar con la altura de agua máxima. De esta manera se optimiza el armado del muro. Este aspecto es importante económicamente, ya que un camino usual de cálculo es fijar la altura de lámina de agua con valores redondeados, pero se debe de redondear a espesores y armado, y finalmente hacer el encaje en planta. Esta forma de dimensionar permite ahorros del orden de hasta el 10% en muros (ver ejemplo en Anejo nº2 de "Cuadro para selección de ancho de espesor de muro y armado en muros ménsula").

Se dispondrá de una escala de altura de agua con la señalización de la que corresponde al aliviadero, indicando altura de agua y cotas absolutas.

6.5. PENDIENTES

Se dispondrán siempre pendientes en solera y cubierta hacia los puntos de desagüe, con el fin facilitar el vaciado y la evacuación del agua en cubierta, constituyendo un aspecto crucial en el caso de la solera.

La pendiente se materializará mediante un adecuado replanteo de la estructura, dando cotas variables a la cimentación desde la excavación y a la cubierta con cota de coronación en pilares y muros. Solamente está justificada su formación mediante morteros u hormigones ligeros en casos de depósitos muy pequeños.

6.5.1. En solera

La pendiente a disponer en solera será la adecuada para facilitar su vaciado total y se fijará en función del volumen del depósito, con el fin de que el desnivel total no alcance valores muy grandes. La pendiente mínima, en general, estará comprendida entre 1,5% ($>2.000 \text{ m}^3$) y 2% ($<2.000 \text{ m}^3$).

En el caso de depósitos rectangulares se hará en dos planos hacia la diagonal que pasa por el desagüe, y en circulares hacia el centro.

En depósitos circulares podrá darse la pendiente mediante un sobreespesor de hormigón, para la formación de pendiente hacia el centro. Una solución del nudo de arranque de los muros es aprovechar el sobre espesor que produce la pendiente en el perímetro de la cimentación para poder alojar la junta water-stop convencional de dos alas por encima del armado superior, teniendo en cuenta que se ha de disponer un mallazo para el control de la fisuración en estas zonas donde los recubrimientos superan los 5 cm (ver detalle de nudos en el apartado 11.9.6 de "Detalles constructivos").

Las tolerancias de acabado, para evitar charcos, deben de ser tales que el hueco medido bajo un listón de 4 m no debe de sobrepasar 1 cm.

Los tratamientos de impermeabilización interior de juntas no provocarán resaltos en la solera, lo cual favorece la creación de charcos, debiendo disponerse cajeados en la solera de forma que la superficie quede plana.

La superficie se tratará mediante fratasadora mecánica (al menos dos pasadas de helicóptero) y se estudiará la implementación de canaletas que favorezcan el vaciado completo en labores de limpieza.

6.5.2. En cubierta

En cubierta se dará una pendiente mínima del 1%. La pendiente en depósitos rectangulares será a un agua para depósitos menores de 1.000 m^3 , a dos aguas para el resto de casos. La pendiente se realizará mediante cotas de estructura sin adición de mortero para formación de pendientes.

En depósitos circulares la pendiente se materializará mediante cubierta a dos aguas, que requiere un replanteo adecuado (no lineal) de la cota de coronación de los muros.

La cubierta tendrá un tratamiento antideslizante.

7. DRENAJES

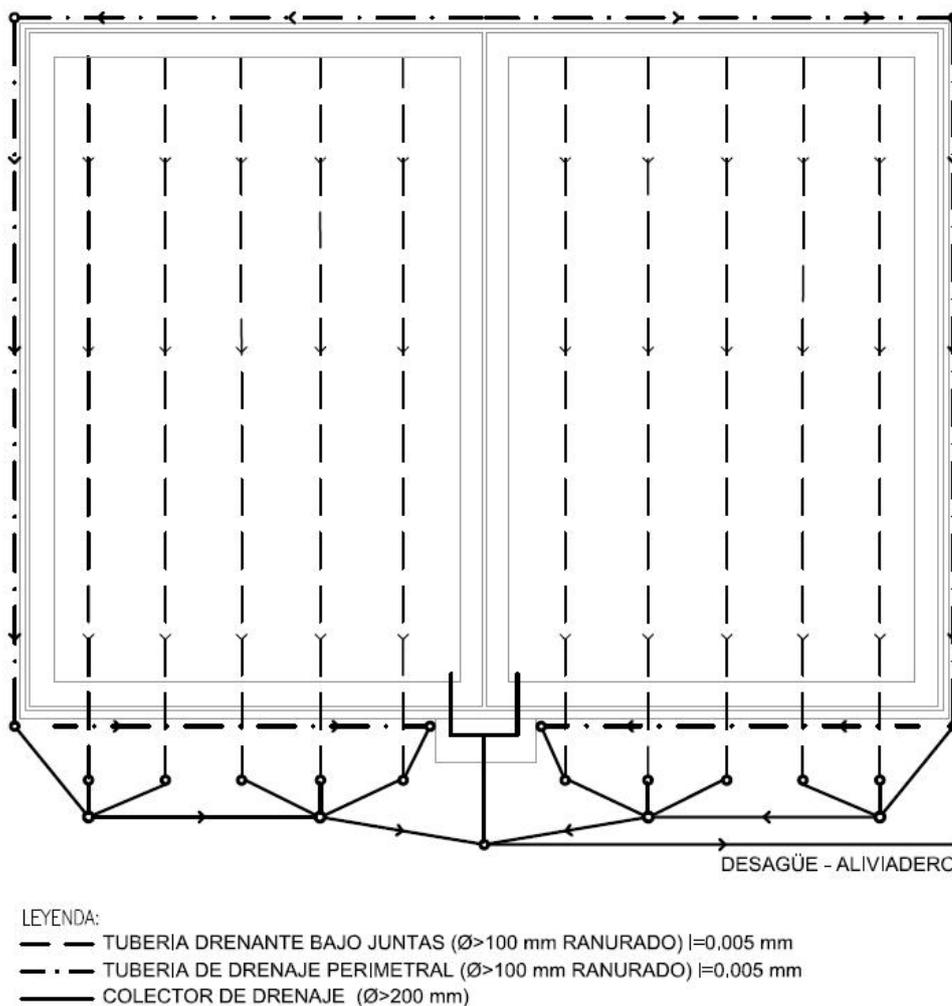
En todos los depósitos se dispondrá una red de drenaje bajo cimentación y en trasdós de muros mediante drenes conectados a pozos. Su función normal es como control de fugas.

Los drenes se dispondrán bajo el depósito en la dirección del desagüe, en juntas de dilatación y algunas de construcción de forma que no estén distanciadas más de 10 metros y con pendiente mínima del 0,5%. Además se colocarán en trasdós de muros perimetrales bajo cara superior de zapata (ver tipos y detalles en las figuras siguientes).

Se dispondrá un pozo o arqueta de registro por cada ramal, con el fin de poder detectar el sector del punto de fuga, y adicionalmente se realizarán pozos de registro para agrupar ramales y evacuar. Se debe de ver claramente un registro la procedencia de entrada de agua, si viene del aliviadero o de un dren particular.

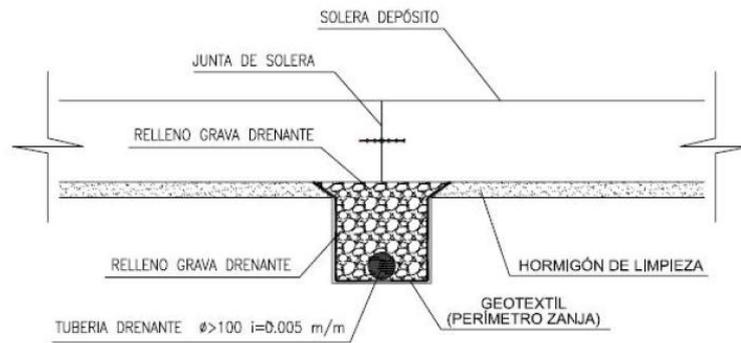
La pendiente mínima de los colectores será del 0,5% y no tendrán codos ni cambios de pendiente o alineación.

TIPOS DE DRENAJE EN DEPÓSITOS

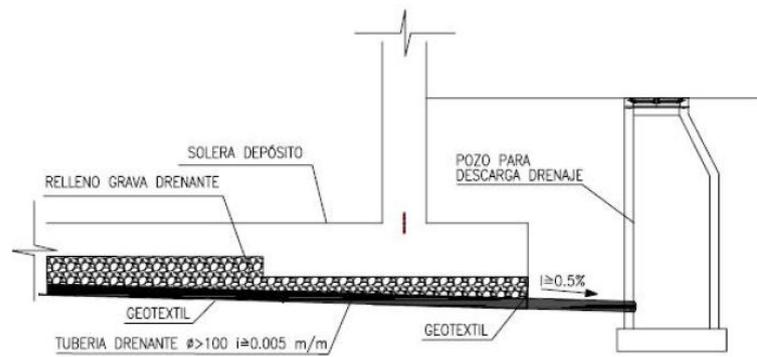


El drenaje se materializará mediante zanja drenante con las siguientes secciones, evitándose siempre que los drenes queden cubiertos por la capa de hormigón de limpieza o rasanteo:

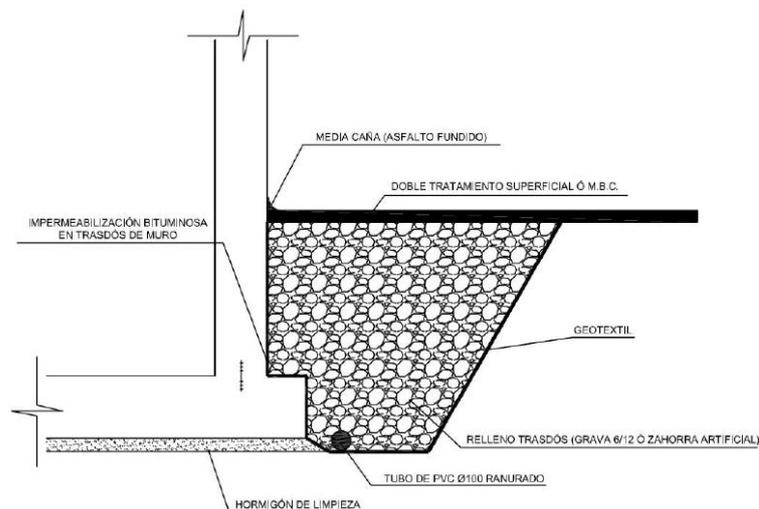
DETALLE DE DRENAJE BAJO JUNTAS



DETALLE PASO TUBERIA DRENANTE BAJO MURO



DETALLE DE DRENAJE PERIMETRAL



Los ramales se realizarán mediante tuberías de PVC, polietileno (PEAD) o polipropileno (PP) ranuradas para drenaje, de $\phi 110\text{mm}$ y para los colectores tuberías de los mismos materiales para saneamiento de $\phi 200\text{mm}$ o mayores.

Se evitarán en la red codos, cambios de pendiente o alineación y piezas especiales como reducciones o tes. A fin de que la tubería drenante recoja toda el agua que pueda entrar en la zanja, no se colocará cama de arena, sino que dicha tubería se alojará directamente en el fondo de la zanja.

En los casos en que la comprobación a deslizamiento del muro no está comprometida, como en el caso de depósitos cilíndricos o rectangulares monolíticos sobre terrenos permeables, se dispondrá de una lámina de polietileno continua bajo todo el depósito para evitar que las eventuales fugas no se pierdan percolándose en el terreno. Y en el caso de realizarse sin juntas de construcción en solera únicamente será necesario un dren perimetral.

Se estudiará la conveniencia de disponer también lámina de polietileno que recubra el cajado de los drenes para evitar fugas al terreno y que el drenaje sea más eficiente.

8. ELEMENTOS HIDRÁULICOS

8.1. ORGANIZACIÓN DE LA ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA

En caso de que el depósito disponga de varias cámaras, tendrá entradas y salidas de agua independientes.

El diseño se realizará para favorecer la circulación y mezcla del agua. Si se garantiza una velocidad media de circulación superior a 0,15 m/s se evita la pérdida de potabilidad por evaporación del cloro en aguas quietas. En cámaras rectangulares, la entrada se dispondrá diagonalmente opuesta a la salida, y en circulares diametralmente opuestas. En casos de renovación diaria la circulación mínima está garantizada, en otros casos se estudiará la mejora de circulación con tabiques-guía.

En general las tuberías de entrada discurrirán en vertical por el exterior de los muros y las de salida y desagüe pasarán por debajo de la cimentación.

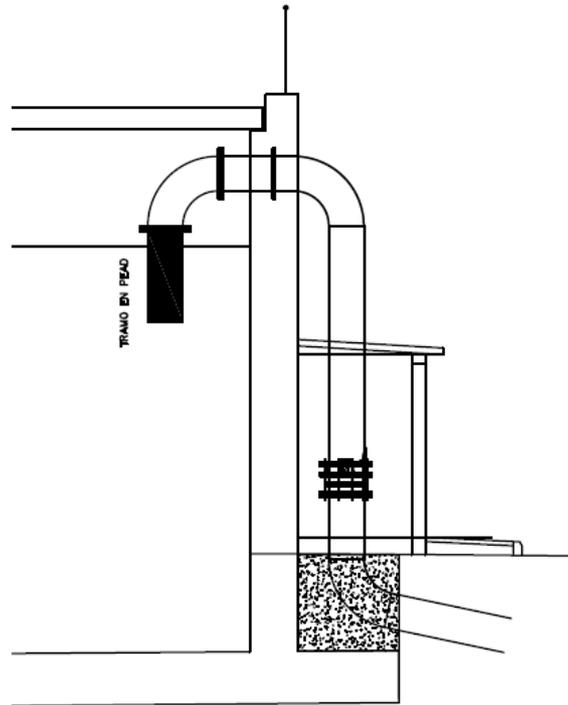
Salvo justificación por parte del proyectista, el material de las tuberías de entrada será preferentemente acero al carbono galvanizado en caliente con un espesor de 200 micras, mientras que las de salida y desagüe serán de acero inoxidable calidad AISI-316 ó AISI-304. En ambos casos se protegerán mediante el relleno de las zanjas con hormigón, siempre que discurran enterradas.

8.2. CONDUCCIONES DE ENTRADA

Si el agua entra con velocidad, se ha de disponer un codo que evite la proyección en cubierta y colocar un elemento que lo amortigüe como dados de hormigón, cubeta o vertedero. El final de la tubería de entrada se rematará con una brida normalizada en el tramo horizontal con el fin de poder acoplar otros elementos como codos, bridas o válvulas. De forma general la entrada al agua se realizará con un codo a 90° bridado y conectado a un tramo vertical de tubería de PEAD.

En caso de disponer de válvulas a la entrada, se preferirá la disposición si es posible en casetas antes que arquetas. En caso de disponerse en arquetas, éstas se realizarán en estructura independiente al depósito y separada del mismo.

La conducción de entrada puede ser forzada (tubería) o bien en lámina libre (canal).



DETALLE DE TUBERÍA DE ENTRADA REMATADA EN BRIDA U TUBO DE PEAD, CON CODO A 90°

Para permitir el control analítico del agua que entra a los depósitos, la entrada a cada cámara (en su caso), deberá disponer, en un lugar de fácil acceso, un grifo de toma de muestra. Este grifo deberá cumplir con los criterios de la UNE-ISO 5667-5:2021 Calidad del agua. Muestreo. Parte 5: Orientación para el muestreo de agua potable procedente de instalaciones de tratamiento y redes canalizadas de distribución.

8.3. SALIDA DE AGUA

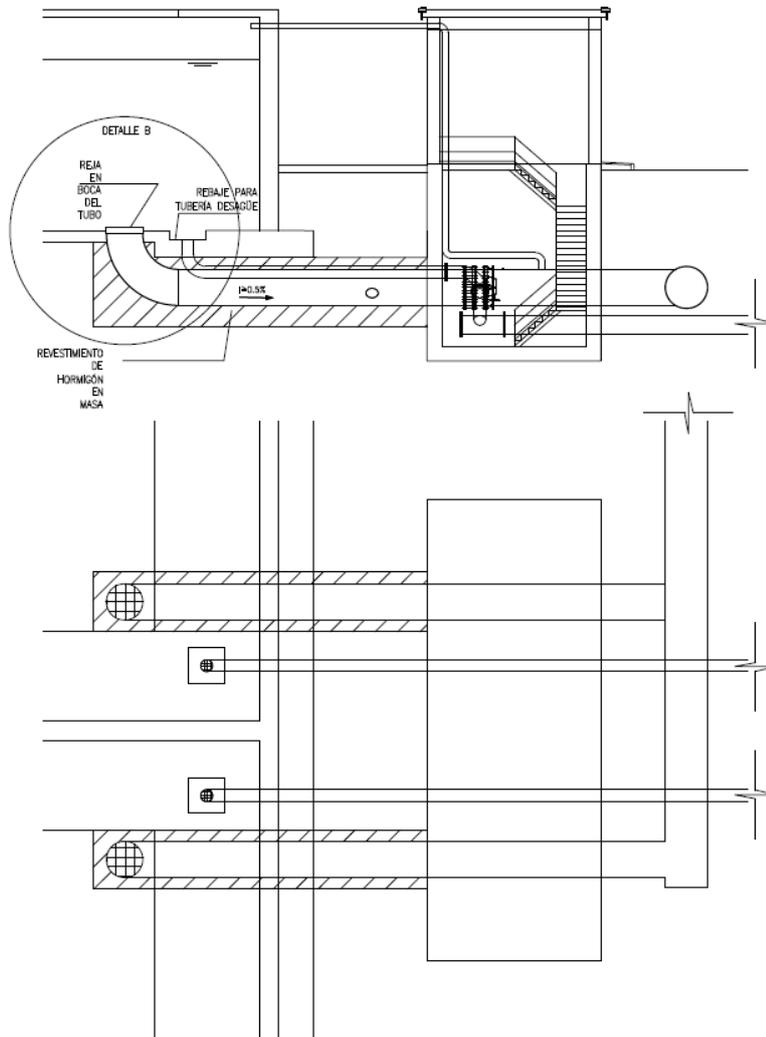
La salida se realizará preferiblemente mediante un tramo de codo en la solera del depósito, de la que partirá la tubería de salida horizontal, con ligera pendiente aguas abajo. La longitud de la tubería será la menor posible y con uniones soldadas, evitándose de cualquier otro tipo. Sobre la boca se dispondrá una rejilla desmontable y sin sujeción alguna, tipo "Tramex" de acero inoxidable o PRFV, para evitar caídas en el interior y la introducción de objetos extraños.

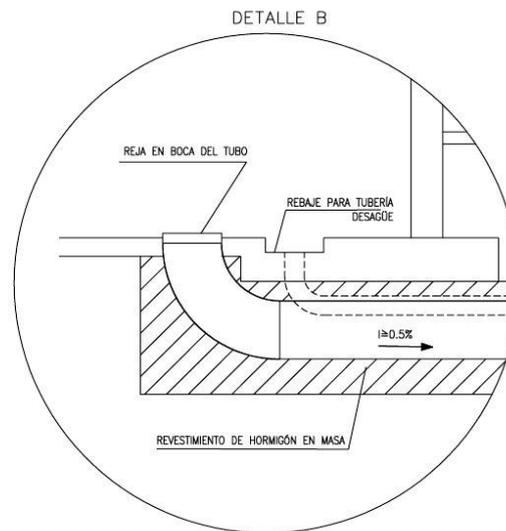
En el pozo de salida de agua se dispondrá de un resalto superior de 10 cm para evitar que los sedimentos entren al pozo.

Las estructuras para alojar la cámara de válvulas y demás elementos funcionales se realizarán preferentemente con estructura de hormigón armado y cerramiento mediante bloque de cemento visto tipo split.

Cada conducción de salida dispondrá de un conducto de aducción que permita la entrada y salida de aire durante el llenado y vaciado de las mismas, preferentemente acero al carbono galvanizado en caliente con un espesor de 200 micras. Este conducto partirá de la conducción de salida aguas abajo

de la válvula de corte y terminará por encima del nivel máximo del agua en el depósito, en las cámaras.





DETALLE DE TUBERÍA DE SALIDA CON CODO

8.4. ALIVIADERO

Debe de disponerse de aliviadero para cada cámara.

Debe de disponerse de un punto de vertido autorizado, a tener en cuenta en la ubicación del depósito, y con acceso a la zona de vertido desde el recinto del depósito, para este fin se diseñará la urbanización con la posibilidad de su inspección lo más directa posible, con puerta específica y camino de acceso.

Las conducciones que partan del aliviadero no deberán de disponer de válvulas o cualquier elemento de maniobra, e irán conectadas directamente al exterior.

En el caso de depósitos abastecidos a partir de un canal, éste suele tener la doble misión de entrada y regulación del nivel del depósito, siendo el propio canal el que disponga de su propio alivio.

Los aliviaderos serán de labio adosados a los muros. La conducción del aliviadero saldrá directamente al exterior del depósito pudiendo ser común para ambas cámaras. Se deberá realizar en cualquier caso el estudio hidráulico del alivio.

La capacidad del aliviadero debe ser como mínimo igual al caudal máximo de llegada.

El proyecto incluirá la conducción de aliviadero y desagüe especificando el punto de vertido, trazado en planta, perfil longitudinal, material de la conducción, elementos accesorios, servicios afectados y expropiaciones necesarias.

Al final de la conducción se dispondrá una válvula de descarga tipo clapeta mecanosoldada en acero inoxidable o EPDM, con un apoyo uniforme y que asegure una buena estanqueidad.

8.5. DESAGÜE DE FONDO

Es el sistema de vaciado para el mantenimiento y limpieza de la cámara, por lo que han de ser independientes una cámara de la otra y deberá permitir el vaciado total de las respectivas cámaras.

La boca estará situada en un rebaje de 5 cm con respecto al nivel de la solera de dimensiones mínimas 1,5 x 1,5 m. Su ubicación se corresponde con el punto más bajo del depósito.

En el inicio se deberán disponer rejillas inoxidable o PRFV que impidan la entrada de objetos extraños. Los desagües se podrán conectar a la conducción del aliviadero, en caso de existir.

El diámetro mínimo de los desagües será de Ø300 mm (que supone tiempos de vaciado de 5 horas para depósitos de 5.000 m³) y para depósitos superiores a 5.000 m³ será de Ø400 mm (que supone tiempos de vaciado de 6 horas para depósitos de 10.000 m³). Se dispondrá de válvula de corte en cada desagüe de fondo y una adicional aguas abajo, tras la unión de desagües de cada cámara. Se deberá realizar una comprobación hidráulica de vaciado del depósito lleno en 12 horas a través del desagüe de fondo (para este tiempo de vaciado los diámetros mínimos especificados son suficientes hasta depósitos de 20.000 m³).

8.6. CÁMARA DE VÁLVULAS

Siempre que sea posible se dispondrán en la caseta de salida, todos los elementos de maniobra para salida de agua, desagüe, válvulas y piezas especiales, aparatos de medición, aparatos de control, tomas eléctricas, arquetas de recogida de filtraciones, elementos de limpieza, etc.

La cámara de válvulas se diseñará preferentemente en estructura independiente al depósito y separadas un mínimo 3 metros entre zapata de muro y caseta para facilitar las operaciones de explotación. En este espacio se pueden disponer las escaleras de acceso a la cubierta del depósito. En el caso de no disponer de suficiente espacio la estructura se realizará solidaria con la estructura del depósito.

La cámara de válvulas se diseñará de forma tal que todas las zonas a donde deba acceder el personal para efectuar maniobras o desmontaje de elementos para su mantenimiento tengan buen acceso y las distancias mínimas que exige la normativa de seguridad para lugares de trabajo, siendo en todo caso deseable unas dimensiones mínimas de 1,20 en horizontal para las zonas de maniobra.

Los elementos del sistema de recloración deberán ir alojados en espacios independientes de acuerdo con la normativa específica (véase Anejo nº5). En cualquier caso, el depósito de hipoclorito deberá estar separado de la cámara de válvulas.

Las puertas deben de ser sólidas y dotada de cierre de seguridad y abrirse hacia el exterior.

Se debe de dotar a la caseta de iluminación natural y se dotarán de rejas de seguridad. Para definir el material de puertas y ventanas, se realizará una consulta al servicio de explotación de la MCT en su zona particular.

Salvo justificación en contrario, no se instalarán puentes grúa ni polipastos eléctricos, y para facilitar labores de mantenimiento se dejarán huecos practicables, con puertas plegables en muros o en cubierta de la caseta, para el acceso mediante grúa. Las dimensiones de los huecos se realizarán en

función de los elementos a mover y del tipo de grúa. La altura mínima de los accesos laterales para las grúas será de 4,5 metros.

Se dispondrá un desagüe de la caseta, dotando a la solera de pendientes que confluya a un tubo de salida (de diámetro mínimo Ø200mm) que vierta al sistema de drenaje. Caso de ser imposible la salida por gravedad, se dotará de una poceta para bomba de achique en la solera.

Se dispondrán puntos de anclaje en la cubierta de la caseta para los dispositivos de seguridad en los trabajos de mantenimiento.

Se incluirá en el proyecto la pintura para atender a la gama de colores según la naturaleza del fluido que transporte según la norma UNE-1603 y la norma DIN-2403.

En un lugar de fácil acceso y fuera de la cámara de válvulas, se deberá disponer de un armario para toma de muestras. Este armario alojará un grifo de toma de muestra de agua potable, de acuerdo a la UNE-ISO 5667-5:2021, que tomará el agua de la salida común de cámaras si hay más de un vaso

El grifo a montar será tipo "Kit de análisis de agua", de fácil instalación y montaje, certificado para uso en redes de agua potable, con sistema antifraude, válvula de entrada antifraude, válvula de salida con grifo giratorio para la toma de muestra fabricado en Acero Inoxidable y que permita su esterilización mediante calor, manómetro, y sistema de purga y con opción a salida para conexión de desagüe.



EJEMPLO DE GRIFO TOMAMUESTRAS TIPO "KIT DE ANÁLISIS DE AGUA"

El armario será de gran resistencia a los agentes atmosféricos, y una alta resistencia al calor y al fuego, la puerta debe llevar un diseño tal que permita ser retirada y facilitar el montaje interior, y suministrada, a ser posible, con pictograma "Control de Calidad de Agua Potable" o similar y elementos accesorios compatibles con el resto de la instalación.

9. ELEMENTOS FUNCIONALES

9.1. ACCESOS A CÁMARAS E INTERIOR DEL DEPÓSITO

9.1.1. Escaleras y barandillas

Se dispondrá de un acceso fácil y seguro, tanto al interior del depósito como a la cubierta. Estos accesos deberán cumplir con la legislación de riesgos laborales.

Para el acceso a la cubierta se dispondrán escaleras exteriores a la cámara de válvulas y ancladas al muro del depósito, que serán preferentemente de acero estructural galvanizado en caliente.

El acceso desde la cubierta al interior de la cámara, se realizará mediante casetón de cubierta para depósitos mayores de 5.000 m³ y con un sistema de tapas correderas a nivel de cubierta para depósitos menores o iguales de 5.000 m³.

Las escaleras serán siempre de hormigón armado con barandilla de PRFV con placas de anclaje y tortillería de acero inoxidable con sellado mediante resina o mortero sin retracción. Todos los materiales de los elementos accesorios en posible contacto con el agua de consumo humano deben cumplir con la Normativa Vigente de acuerdo al R.D. 3/2023.

Las puertas del casetón de acceso deberán abrir siempre hacia afuera, disponer de cerradura y serán preferentemente de PRFV, PVC ó aluminio lacado. En caso de disponer de casetón, este deberá respetar todas las juntas de dilatación de la cubierta, prolongándose en los cerramientos del casetón y disponiendo oportunos armados en "Z" en la fábrica para garantizar la resistencia al viento en caso de ser necesario.

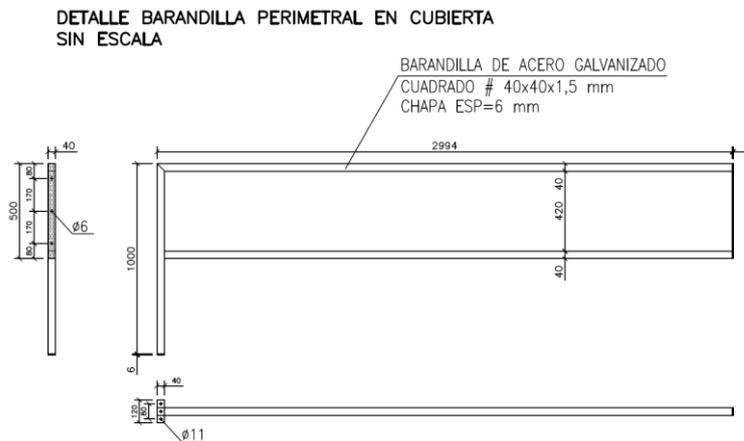
Las tapas correderas serán de PRFV, con ruedas plásticas con rodamientos mediante cojinetes para un mantenimiento sencillo, formada por tramos telescópicos. Estarán dotadas de elementos de estanqueidad al agua de lluvia. Las dimensiones mínimas serán de 1,20 x 3,20 metros.

Las barandillas deberán ser suficientemente resistentes y dispondrán de un rodapié de 10 cm de alto para evitar que el pie se salga de la escalera y evitar también caídas de objetos.

Las dimensiones de las escaleras de acceso cumplirán lo estipulado para la normativa de normalización de arquetas de la MCT en cuanto a accesibilidad al interior.

Las huellas de las escaleras deberán tener una ligera contrapendiente y ser antideslizantes para evitar caídas accidentales. Se deben de colocar barandillas en cubierta al menos en la zona habitual de paso.

En la cubierta del depósito, se proyectará en todo su perímetro una barandilla de acero galvanizado en caliente. Se evitarán aristas mediante remate curvado de barandilla.



9.1.2. Huecos de entrada de maquinaria y materiales

En depósitos grandes, de más de 70.000 m³, se deberán disponer rampas de acceso para vehículos, mientras que en los de menor capacidad bastará con huecos en la cubierta dotados de una tapa a base de placas ligeras de hormigón dotadas de elementos de izado y selladas entre sí, con el fin de poder introducir maquinaria o materiales mediante una grúa.

Para fijar sus dimensiones hay que tener en cuenta la maniobrabilidad de los equipos de limpieza y mantenimiento a utilizar, y ser compatibles con los elementos estructurales del forjado.

9.2. URBANIZACIÓN

9.2.1. Camino de acceso

El camino de acceso debe de tener un mínimo de 5 metros de ancho, podrá disminuirse en trazados de gran longitud y/o abruptos pero deberán disponerse, en esos casos, sobreeanchos en curvas o apartaderos para permitir el cruce de vehículos.

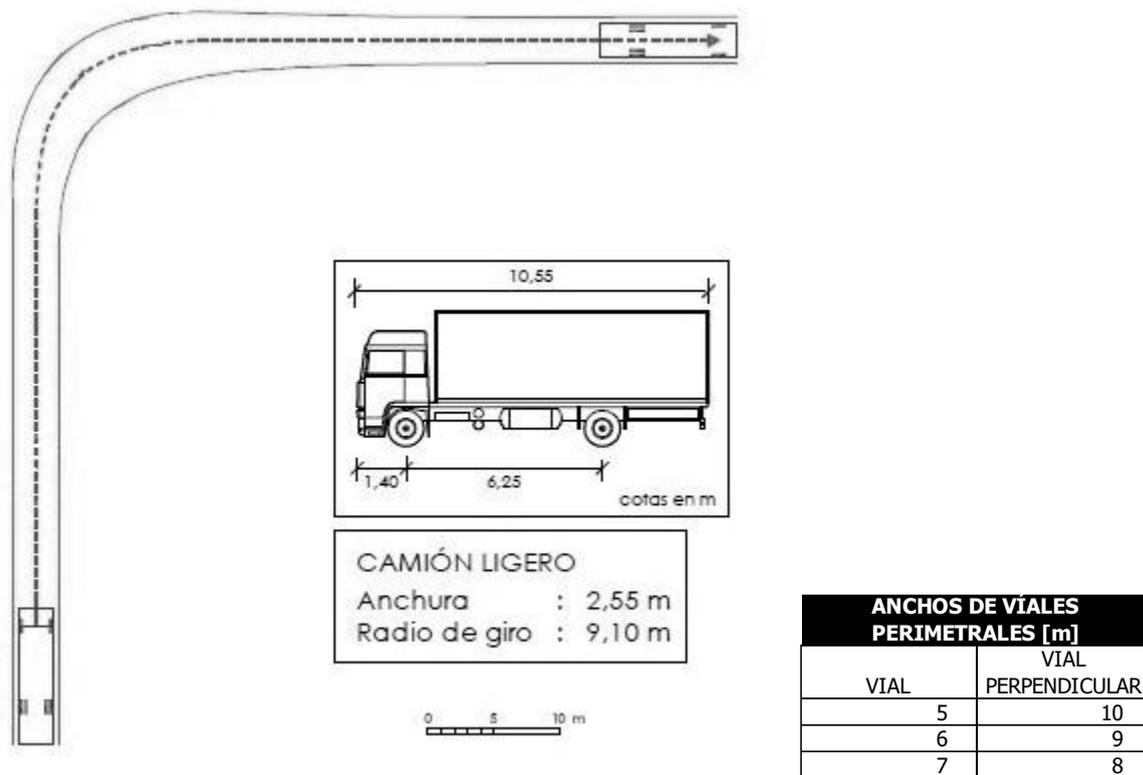
Se fija el radio mínimo interior en 12 metros para el trazado en planta del camino, y una pendiente media no superior al 10%, ni puntualmente superior al 15%.

El pavimento del camino será mediante mezcla bituminosa en caliente sobre zahorra artificial (normalmente es suficiente con 10cm y 25cm respectivamente). Como alternativa, en zonas de fuertes lluvia o pendientes elevadas se estudiará la idoneidad de pavimento de hormigón.

Se deben de diseñar todos los elementos de drenaje necesarios.

9.2.2. Viales perimetrales

La anchura de viales debe de tener un mínimo de 5 metros alrededor del depósito sin contar la cuneta, y además permitir la a un camión ligero rodear el depósito sin maniobras.



Se debe de prever una zona para aparcamientos en función de las dimensiones del depósito.

El vial deberá tener un firme igual que el del acceso.

En depósitos menores de 2.000m³ se realizará acerado de hormigón rematado con bordillo. En depósitos mayores, no se realizará acerado, pero se deberá garantizar la estanqueidad de la unión del pavimento con el muro del depósito, por ejemplo con sellante bituminoso.

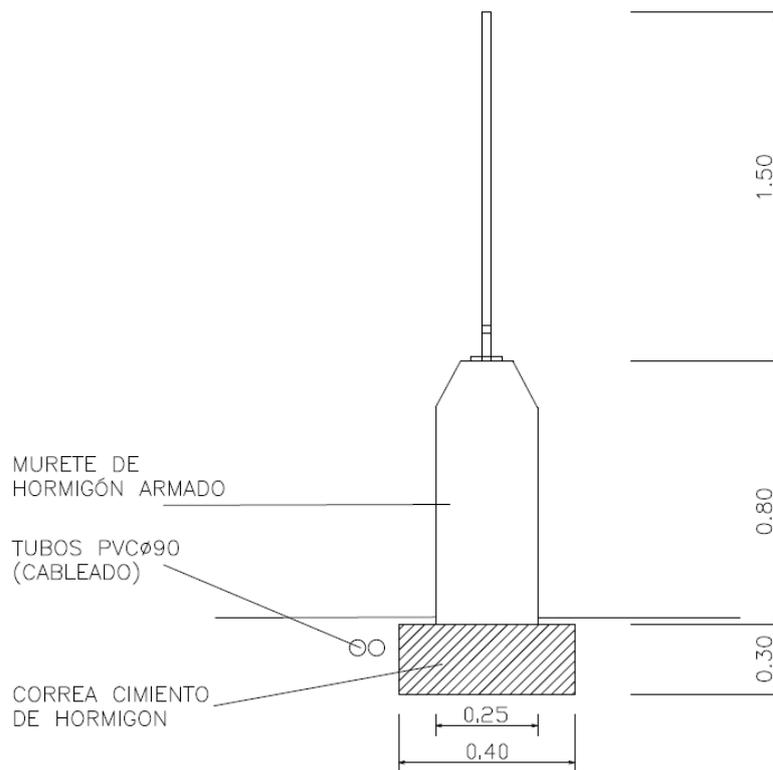
En casos de expansividad del terreno se realizará un acerado por el exterior del muro del depósito y se dispondrá una zanja-dren para proteger de los cambios de humedad bajo el depósito. En caso de disponerse de aceras, el acabado será mediante losas de hormigón u hormigón ruleteado.

El resto del recinto podrá pavimentarse con una gravilla.

9.2.3. Valla de cerramiento

El recinto del depósito, junto con sus elementos funcionales, deberá estar vallado en todo su perímetro, de forma que se impida el paso de personas y animales.

En general se realizará el vallado perimetral mediante cimentación de hormigón bajo muro de hormigón de 0,8 m de alto con cantos achaflanados y verja de acero galvanizado rígido de 1,5 m de alto con anclajes embebidos en hormigón, con doble poste en escalones, sin alambre de espino.



DETALLE DE VALLA CON MURO

La verja estará formada por postes de acero de 60 x 60 x 2 mm con tapones plásticos no degradables, bastidor de perfiles 40 x 40 x 1,5 mm (horizontal) y 30 x 30 x 1,5 mm (vertical) con mallazo electrosoldado 300 x 50 de 5 mm verticales y 6 mm horizontales, galvanizado en caliente, a montar sin soldaduras en obra. Con unión atornillada en acero inoxidable en coronación de muro. Se admite la utilización de vallado de simple torsión en zonas abruptas.

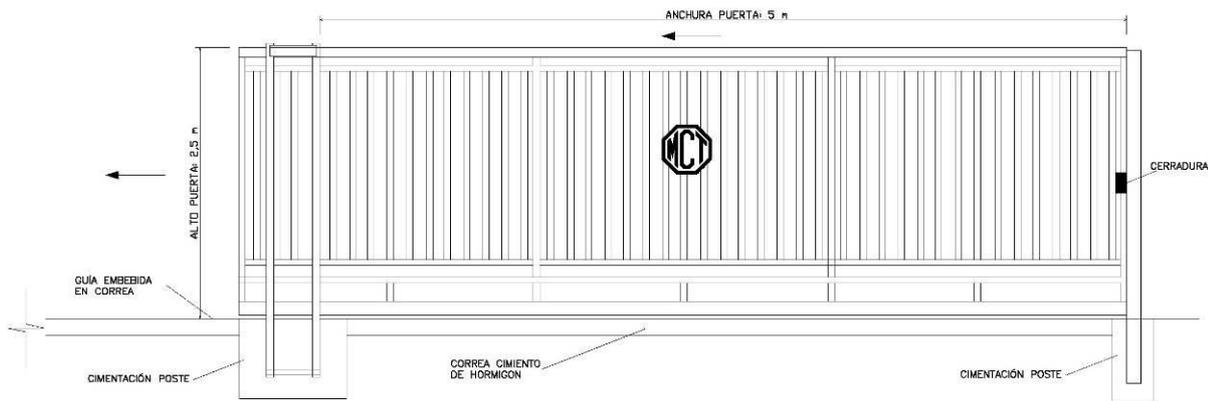
Se colocará siempre dos tubos de PVCØ90 paralelo a la cimentación para poder introducir cableado.

En zonas urbanas significativas se realizará un diseño arquitectónico mejorado.

9.2.4. Puerta de acceso

El vallado de la parcela dispondrá de una puerta de acceso de ancho 5 m, altura de 2,5 m y con cerradura. La puerta será corredera, con correa bajo guía, galvanizada y mecanizable. Se dispondrá en la misma el anagrama de la MCT.

El depósito debe estar identificado como punto de almacenamiento por medio de un cartel con el texto siguiente: número y nombre del depósito (que debe coincidir con su denominación dada en SINAC) y la leyenda "Depósito de agua de consumo. Prohibida la entrada a toda persona ajena a la explotación", según marque el Manual de Identidad Corporativa de MCT.



DETALLE DE PUERTA CORREDERA CON APERTURA MANUAL (MECANIZABLE) Y CERRADURA

9.2.5. Alumbrado exterior

Las farolas se instalarán de 3,2 metros de altura. La emisión de flujo hacia el hemisferio superior no ha de ser >1%.

El tipo de farola será MAYJA 576.88 o 577, con las siguientes características:

- Zócalo inyectado de aleación de aluminio AC-46500
- Difusor, esférico de policarbonato anticontaminación lumínica para minimizar la emisión de luz hacia el hemisferio superior (bola de 45 cm)
- Tornillos de amarre del casquillo reductor a zócalo y sujeción del conjunto a columna, de acero inoxidable A2 (AISI 314)
- Casquillo reductor de PA6 (diámetros 60-50mm)
- De color verde RAL 6029 en todos los elementos que vayan a color, semiesfera base y cubreequipos

La luminaria será:

- Para viales: Led de 23W o 25 W y de temperatura de color de 3000K.
- Para lugares que sea importante que no se altere la gama cromática: Leds de 23w o 25W y de temperatura de color de 4000K.

9.3. VALVULERÍA

La valvulería estándar será la siguiente:

- Válvulas de corte motorizadas e integradas en el Control Centralizado en las salidas de cada cámara para trabajar de forma independiente
- Válvula de corte en el desagüe de cada una de las dos cámaras de forma aislada. Válvula de corte de seguridad en el colector de salida de desagües
- Tubería de aducción de aire, tras la válvula de corte de la salida de la cámara (caso de salida por gravedad)

Se dispondrán los siguientes elementos auxiliares:

- Carretes de desmontaje, aguas abajo de las válvulas
- Niples para tomas de presión y agua de servicio. A ser posibles horizontales, de 1" y lo más corto posible.
- Grifería y tomas para recogida de muestras de agua

La valvulería de entrada se estudiará en función de las necesidades de cada depósito. En todo caso se dispondrá de valvulería de buena calidad, motorizable o motorizada en función de las necesidades de la instalación, con cuerpo en U o bridas DIN (no tipo waffer o lug), de manera que pueda comprobarse su buen funcionamiento desmontando el carrete. En zonas de aguas duras con experiencia de problemas de cal, la posición de montaje de la válvula debe de ser con el eje en horizontal.

Se procurará que la disposición de los distintos elementos permita el acceso del personal de explotación a todas las zonas de maniobra en condiciones de seguridad y comodidad. La accesibilidad a cada elemento estará regulada por la normativa de arquetas de la MCT.

9.4. SISTEMA DE SEGURIDAD.

Los depósitos, así como su urbanización, deberán contar con un adecuado sistema de seguridad que permita controlar la instalación y evitar el intrusismo. Esos sistemas estarán compuestos por cámaras de seguridad, contactores magnéticos... Se estudiará la solución adecuada a cada caso.

9.5. VENTILACIÓN-ILUMINACIÓN

Para una correcta ventilación en el interior del depósito se usará un sistema mixto compuesto por ventanas en los muros y respiraderos de ventilación en la cubierta, de manera que se favorezca la circulación del aire hacia arriba (efecto chimenea) con el fin de evitar la condensación.

Los huecos que conformarán las ventanas tendrán unas dimensiones interiores de 80 cm de ancho y 40 cm de alto, ocupando una superficie en torno al 5% de la superficie libre lateral de muros. Se dispondrán en las cuatro caras del depósito y una ventana entre cada calle de pilares. Para proteger los huecos se dispondrán rejillas de lamas plegadas de PVC, PRFV, aluminio o chapa galvanizada, con solape vertical de un 20% y dejando una superficie libre de al menos un 50%, sujetas a un bastidor que estará anclado con tornillos al muro de hormigón por el exterior. Asimismo por detrás de las lamas se dispondrá una malla mosquitera que evite la entrada de insectos al interior del depósito. Las lamas deben ser plegadas y solaparse en el sentido vertical, de modo que se evite la entrada de agua de lluvia y la posible anidación.

La malla mosquitera será de fibra de vidrio y cuadro máximo 1,8 x 1,8 mm, la cual se sujetará interiormente mediante otra malla desmontable de alambre galvanizado electrosoldado de 1,6 x 1,6 cm de cuadro y espesor de 1,2 mm,

Los respiraderos de cubierta de ventilación podrán ser de dos tipos: casetón o copete con ventilación forzada (véase imágenes adjuntas). Se estudiará para cada caso cuál es la mejor alternativa.

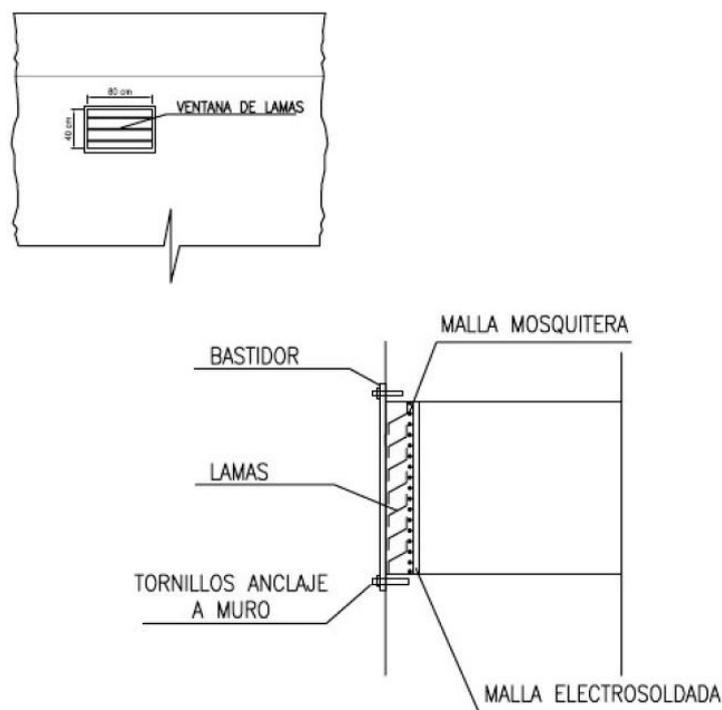
Los elementos de ventilación podrán ser de PVC, PRFV ó aluminio y dispondrán de lamas para la ventilación. Al igual que en el caso de las ventanas se dispondrá una malla mosquitera tras las lamas que evite la entrada de insectos. La posición y distribución de las lamas deberá cumplir los mismos criterios que para las ventanas, de modo que se evite la entrada de agua de lluvia y la posible anidación.

Los respiraderos de tipo casetón se dispondrán sobre un hueco de sección 100 x 60 cm y se montarán sobre un pequeño zócalo.

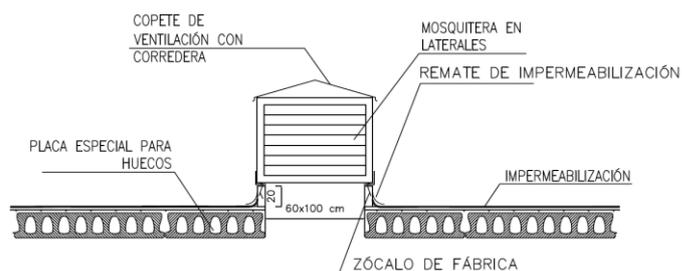
El número de respiraderos a colocar se determinará a razón de 1 cada 250 m² de superficie del depósito.

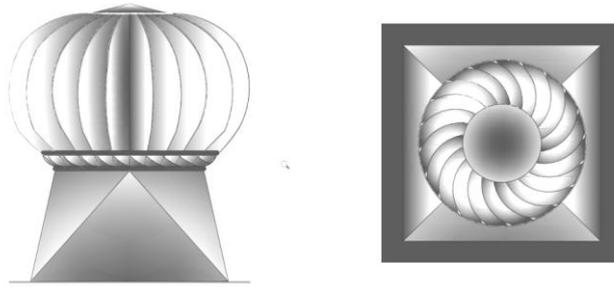
Para favorecer la ventilación la distancia mínima entre el nivel máximo de agua y la cara inferior de la cubierta (o cara inferior de vigas si son descolgadas) debe de ser de 50 cm para evitar altas concentraciones de cloro.

DETALLE VENTANAS EN DEPÓSITO



DETALLE RESPIRADEROS EN DEPÓSITO





Extractores eólicos

Para evitar condensación en la caseta, debe preverse una adecuada ventilación diseñando al menos dos ventanas. Las instancias eléctricas no irán ventiladas y con ventanas al exterior orientadas al norte.

Se instalarán respiraderos de cubierta de ventilación sobre la entrada de agua para poder inspeccionarla sin necesidad de entrar al depósito.

10. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

10.1. TERMINACIONES

La estética de las edificaciones será marcada por el Director del Proyecto para su homogeneización con el resto de instalaciones de la MCT y en consonancia con directrices que sean de aplicación con respecto al paisajismo.

Para las cámaras, las paredes, suelos y techos deben ser lisas y estancas externa e internamente y de fácil limpieza y desinfección en el interior.

En ningún caso, se proyectará vegetación sobre la cubierta del depósito.

10.2. IMPERMEABILIZACIÓN

El sistema de impermeabilización proyectado deberá tener aprobación expresa del director del proyecto con consulta al explotador.

10.2.1. Cámaras

En general la estanqueidad se conseguirá mediante las propias paredes de la cámara y la solera. A tal fin, el proyecto especificará los parámetros de permeabilidad del hormigón medible mediante la realización los ensayos de penetración de agua bajo presión, según el Art. 57.3.3, 57.4.3 y 57.5.7 del CEstr. y norma de ensayo UNE-EN 123900-8. Se debe exigir como resultados de dichos ensayos una profundidad máxima de 50 mm y media de 30 mm.

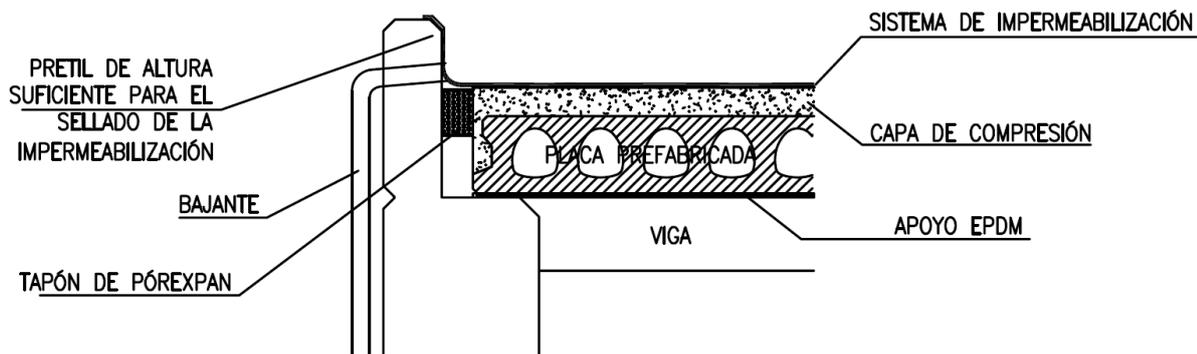
En caso de que el proyectista considere necesario disponer un sistema de impermeabilización superficial interior de los paramentos y solera, deberá justificarlo suficientemente en base a la naturaleza de las aguas que vaya a contener el depósito y contar con aprobación del sistema por parte del Director del Proyecto.

10.2.2. Cubierta

La cubierta se impermeabilizará para evitar que el agua de lluvia pase al interior del depósito, con especial atención en la pendiente y a la solución en juntas de dilatación, rebajes y bajantes para evitar charcos.

El sistema será adherido, estar diseñado especialmente para cubiertas planas y consistirá básicamente en la aplicación de una serie de capas de resina en estado líquido sobre la superficie de la capa de compresión, que una vez polimerizada adquiere sus propiedades físicas de adherencia, impermeabilidad, elasticidad, resistencias químicas y capacidad de puentear fisuras. El sistema deberá ser resistente a los rayos UV ya que no se dispondrá gravilla sobre él.

La impermeabilización de las juntas de dilatación deberá soportar las deformaciones térmicas y especialmente las de sismo (en condiciones de sismicidad moderada ésta condición será la más restrictiva).



10.2.3. Juntas: constructivas, retracción y dilatación

Debe de asegurarse la estanqueidad de las juntas, por lo que independientemente de la impermeabilización interior se dispondrán juntas de estanquidad de PVC embebidas en el hormigón (water-stop) con adecuado detalle de atado y colocación.

Las juntas de estanqueidad en juntas de dilatación deben de poder absorber los movimientos previstos, incluso en condiciones sísmicas (esta situación es la más restrictiva en el caso de depósitos cilíndricos con apoyo libre).

Adicionalmente a las bandas de estanqueidad interiores tipo "water-stop" en el hormigón armado, se diseñara un sistema de sellado superficial de las juntas mediante aplicación de masillas viscoelásticas y alta adherencia protegidas por una banda exterior que solape ambos lados de la junta.

Para las juntas de dilatación se exigirá una impermeabilización con flexibilidad tal que permita un movimiento igual al ancho de la junta, como puede ser un laminado epoxi-fibra suficientemente elástico, una banda elástica adherida con masilla epoxi u otro sistema que asegure y mantenga la estanqueidad del depósito en condiciones de apertura de la junta.

Para el resto de juntas se admitirá un sistema menos flexible pero capaz de soportar la apertura de microfisuras manteniendo la estanqueidad, como por ejemplo un laminado epoxi-fibra flexible.

El sistema de sellado de juntas deberá quedar suficientemente definido en el proyecto, indicándose los materiales a emplear, su naturaleza, sus parámetros físicos, sus dimensiones y las condiciones especiales de puesta en obra.

Los sistemas de sellado que se proyecten deberán estar en todo caso sancionados por la práctica en la Mancomunidad de los Canales del Taibilla y cumplir la normativa para productos en contacto con el agua potable (RD 3/2023).

10.2.4. Medias cañas y espadines

Se debe de prever en el proyecto el tratamiento para el sellado de los espadines de encofrado de muros mediante un sistema sancionado por la experiencia y diseñado expresamente para tal fin. Se sellarán también exteriormente para evitar la formación de avisperos y aspectos estéticos.

Para la impermeabilización de las medias cañas (junta solera-muro) en depósitos circulares apoyados se exigirá una impermeabilización con flexibilidad tal que permita un movimiento resultante del análisis sísmico y mantenga la estanqueidad del depósito, que puede ser similar al indicado para juntas de dilatación.

Para el resto esquemas estructurales (muro empotrado o articulado y encuentros solera - pilar), se admitirá un sistema menos flexible pero capaz de soportar la apertura de microfisuras, similar al indicado para juntas de construcción.

10.3.INSTALACIONES

Se deben de prever las zanjas y conducciones suficientes en la urbanización y entradas a casetas, depósito y arquetas, tanto para las proyectadas como dejar en reserva para futuras de todas las instalaciones.

En la cubierta, o por encima del depósito, no se realizará instalación o actividad que pueda afectar a la calidad del agua. No deberá proyectarse vegetación en la cubierta del depósito.

10.3.1. Instalaciones eléctricas

En general los depósitos deben disponer de acometida eléctrica. La instalación deberá cumplir las condiciones del Reglamento Electrotécnico de baja tensión y de la ITC-BT-30 (Instalaciones en locales de características especiales) para locales mojados.

Las instalaciones eléctricas a instalar son:

- Alumbrado exterior
- Alumbrado interior y de emergencia en arquetas y casetas
- Tomas de corriente
- Cuadros de distribución, maniobra y/o automatización
- Instalación de cloración
- Instrumentación
- Motorización de válvulas

- Sistema de alarma
- Videovigilancia
- Telemando y telecontrol

El diseño de las instalaciones eléctricas deberá estar cumplir los estándares actualizados de la MCT, que el proyectista debe de solicitar al Director del Proyecto.

Se dispondrán de canalizaciones suficientes para todo el cableado, casetas, depósito, puerta de entrada, alumbrado,...

10.3.2. Cuadros eléctricos

Se dispondrá un cuadro de distribución (que incluye el alumbrado y otros servicios) y un cuadro independiente para la maniobra y/o automatización. La alimentación general al cuadro de control saldrá del cuadro de distribución y no al revés, para garantizar lo máximo posible la continuidad del servicio del cuadro de automatización (Control Centralizado en su caso).

La motorización de las válvulas y el resto de elementos de control han de estar en un único cuadro de control.

El diseño de las instalaciones eléctricas deberá estar cumplir los estándares actualizados de la MCT, que el proyectista debe de solicitar al Director del Proyecto.

Los cuadros eléctricos se alojarán siempre en un nivel superior a la cámara de válvulas, y preferentemente en un espacio ideado para tal fin, de dimensiones mínimas interiores de 2,4 x 2,5 m y altura mínima 2,4 m, en el cual podrán también alojarse los autómatas programables y equipos de transmisión de datos, y que podrá ser contiguo a la sala húmeda de la caseta de rectoración, pero en todo caso separado físicamente por un tabique y con acceso independiente desde el exterior.

La sala de cuadros eléctricos dispondrá de puerta de doble hoja de 1,3 m de ancho por 2,1 m de alto abriendo hacia afuera, con al menos dos rejillas laterales de 80 x 20 cm, tragaluz de ladrillo de vidrio de 80 x 40 cm, solera de hormigón fratasado, poceta de drenaje de 40 x 40 x 20 cm y acera perimetral de hormigón fratasado de 50 cm de ancho.

10.3.3. Sistemas de rectoración

Los depósitos incluirán un sistema no manual de desinfección del agua de consumo. Queda prohibida la desinfección manual del agua de consumo en los depósitos, salvo situaciones de emergencia sanitaria.

Los espacios necesarios para la instalación de los sistemas de rectoración consistirán en una caseta debe tener unas medidas mínimas de 5 x 3 metros, siendo recomendable 6 x 3 metros. La altura será de entre 2,5 y 3 metros. Irá sobre una solera de hormigón armado de espesor mínimo de 30 cm, y dimensiones de, al menos, un metro mayor que las de la caseta.

La caseta tendrá dos habitáculos diferenciados, uno será la zona seca y el otro la zona húmeda, cada uno con su puerta independiente al exterior y con la ventilación adecuada. Cada uno de estos habitáculos contendrá una serie de elementos que vienen detallados en el Anejo nº5 del presente documento.

Todos los depósitos deberán contar con un panel de calidad, que permita la medición en continuo de diversos parámetros de calidad del agua, tomando muestras constantemente. Normalmente se mide el cloro libre y la turbidez, pero también se pueden medir otros parámetros como la temperatura, el pH, y la conductividad. Se deberá estudiar en cada caso las medidas más adecuadas para vigilar la calidad del agua que se espera que pase por ese depósito.

La medición del parámetro del cloro es fundamental en la distribución de agua potable. El cloro libre, dosificado previamente en la planta de tratamiento, o en el mismo depósito, tiene un rango de concentración predefinido. Si está por debajo, puede no estar desinfectando correctamente el agua, y si está por encima, puede producir subproductos no deseables para el consumo humano.

Se preverán canalizaciones hidráulicas y eléctricas hacia la caseta de reclusión. Disponiendo un mínimo de 2 ubicaciones en las tuberías de salida, para hacer los picajes de la bomba tomamuestras y del retorno.

En todo caso, el diseño de las instalaciones de reclusión deberá cumplir los estándares actualizados de la MCT, que el proyectista debe de solicitar al Director del Proyecto. Se adjunta como Anejo nº5 del presente documento la última versión de la que se dispone a fecha de actualización de la presente guía.

10.3.4. Telemando y telecontrol

En todos los proyectos de nuevos depósitos se deberá prever la instalación de mecanismos de telemando y telecontrol, siendo compatible con el sistema del control centralizado de la MCT.

El diseño de telemando y telecontrol deberá estar cumplir los estándares actualizados de la MCT, que el proyectista debe de solicitar al Director del Proyecto.

Se deberá de disponer de una plataforma para la revisión y el mantenimiento de los elementos a introducir en las cámaras. Bien ampliando descansillos en la escalera de acceso, o en registros de acceso específicos. Con todas las medidas de seguridad necesarias.

10.3.5. Placas solares

Cuando no sea posible la acometida eléctrica al depósito (zonas LIC, depósito pequeño, distancias de acometidas >10-15 km etc...) se realizará una instalación de placas solares para suministro de electricidad a:

- Alumbrado exterior mediante balizas
- Alumbrado interior y de emergencia en 24 V
- Equipos de cloración
- Sistema de alarma
- Videovigilancia

En cualquier caso se realizará un prediseño de instalación de placas solares para asegurar su posibilidad de implantación.

11. DISEÑO ESTRUCTURAL

11.1. MATERIALES

Los productos que estén en contacto con el agua cumplirán los requisitos especificados en el RD 3/2023 y desarrollado en el apartado de esta guía correspondiente al pliego (Aptdo 12.3.9.).

11.1.1. Hormigón armado

En general se utilizará el HA-30/F/20/XD2 y para la estructura de cubierta HA-30/F/12/XD2 así como en los 30 primeros centímetros de los arranques de los muros.

El cemento a utilizar para un ambiente XD2 (corrosión por cloruros), en correspondencia con vida útil de 100 años y recubrimiento de 5cm según CEstr, se escogerá entre los siguientes: CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%.

El cemento se escogerá con característica adicional de bajo calor de hidratación si se quiere hormigonar en tiempo caluroso y los áridos a utilizar en el hormigón armado serán de tipo calizo, todo para evitar la fisuración por retracción inicial del hormigón al enfriarse. Recomendándose el cemento tipo CEMIII/A.

En terrenos con clases específicas de exposición al ataque químico y donde se asegure que no hay contacto entre hormigón y terreno puede omitirse la clase específica de esta exposición.

En general se adoptará consistencia fluida y baja relación agua/cemento para ayudar a conseguir un hormigón de baja permeabilidad y mayores garantías de puesta en obra.

Dado que el ámbito de la MCT está en su mayor parte dentro de una zona de alta sismicidad, el acero pasivo a emplear será el denominado B-500SD.

11.1.2. Hormigón pretensado

Su uso se limita a la estructura de cubierta, concretamente en placas alveolares prefabricadas.

11.2. VIDA ÚTIL

La vida útil de la estructura se fijará en 100 años.

11.3. RECUBRIMIENTO

El recubrimiento nominal de las armaduras será de 5 cm.

Se podrá justificar otro recubrimiento mediante la comprobación del estado límite de durabilidad según el anejo nº 12 del CEstr.

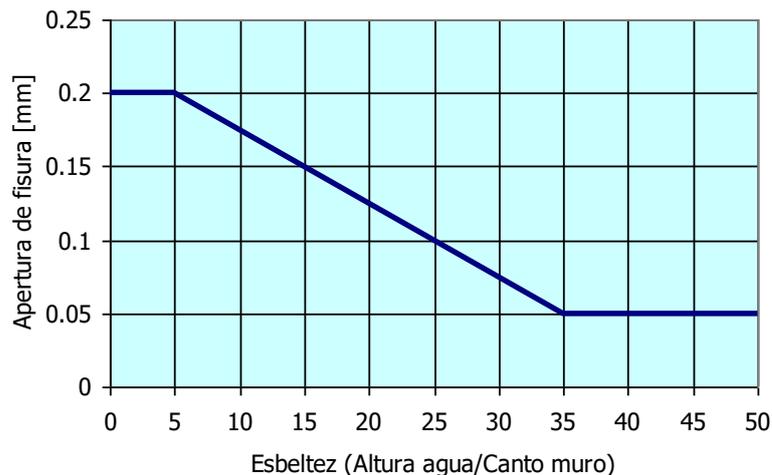
11.4. LIMITE DE ABERTURA DE FISURA

Los depósitos se diseñarán con una clase de estanquidad 1 según EN 1992-3 que corresponde a un requisito de "fuga limitada a una pequeña cantidad. Siendo aceptables algunas manchas o zonas húmedas".

Para la comprobación a fisuración:

- Se limitará la abertura de fisura a 0,2 mm en el caso de fisuras no pasantes (como es el caso de sección solicitada a flexión si la fibra comprimida es mayor que el valor mínimo de 50mm o 1/5 del canto) o cuando se prevea una impermeabilización interior. Para elementos que no estén en contacto con el ambiente de cloro, se podrá limitar a valores mayores de acuerdo con el ambiente exterior.
- Para el resto de los casos, se limitará la abertura de fisura a 0,2 mm para esbeltez de muro (altura de agua/espesor) menores o iguales que 5, a 0,05 mm para esbeltez de muro mayor o igual que 35 y se interpolará en casos intermedios para fisuras pasantes (fisuración por contracción térmica inicial y a tracción).

Límites de apertura de fisura pasante



Se puede rebajar el límite máximo de apertura de fisura, en el caso de comprobación a flexión con fibras traccionadas en el exterior del depósito en el que no hay ambiente de cloro.

Para elementos que además de flexión estén sometidos a tracción es obligado al cálculo a flexotracción en la abertura de fisura.

11.5. CONTROL DE EJECUCIÓN

Se declarará un nivel de control de ejecución normal para depósitos de hormigón armado, en el caso de depósitos singulares se aumentará a intenso.

11.6. ESQUEMA ESTRUCTURAL

El esquema estructural ha de estar en consonancia con los detalles estructurales de los nudos.

Independientemente de la complejidad del modelo estructural, se debe de realizar siempre una comprobación a mano, asimilando el muro del depósito a una viga en depósitos rectangulares y a un anillo en el caso de depósitos circulares (o utilizando tablas de placas).

Se realizará un estudio de la conveniencia de diseño de cimentación mediante losa o cimentación de zapatas y solera, para cuantificar el coste del material frente a la facilidad de ejecución. Se deberá de “jugar” con de separación de pilares (considerando la modulación del ancho de las placas alveolares) para obtener una losa esbelta que cumpla a punzonamiento.

En general se prefiere la cimentación mediante losa de espesor constante, y necesariamente en el caso de terrenos blandos ó heterogéneos.

Para terrenos duros se puede realizar la cimentación por zapatas independientes y losa de menor espesor, sin embargo obliga a disponer gran cantidad de elementos de impermeabilización (water-stop, impermeabilización de juntas constructivas,...) en cada encuentro con cambio brusco de rigidez.

11.6.1. Depósitos rectangulares

El esquema estructural de los depósitos rectangulares será Empotrado-Libre (muro en ménsula), se debe de justificar el comportamiento sísmico de la solución y el efecto de la contracción térmica inicial en la tensión de las armaduras horizontales.

Se prestará especial atención a la deformación por empuje del agua de la coronación del muro ya que ha de ser compatible con el detalle de apoyo de la cubierta y considerando deformaciones por temperatura.

11.6.2. Depósitos circulares

El esquema estructural de los muros en depósitos circulares será articulado-libre o empotrado-libre y solamente en casos debidamente justificados podrá ser apoyado-libre. En cualquier caso se debe de justificar el comportamiento sísmico de la solución y el efecto de la contracción térmica inicial en la tensión de las armaduras.

La solución mediante el esquema estructural **articulado-libre** se resolverá mediante armadura pasante en el centro de la junta entre la cimentación y el muro acompañado de apoyos elastoméricos que permitan giro en el arranque. La solución **empotrado-libre** es la típica de muros en ménsula.

La solución **apoyado-libre** se resuelve normalmente con apoyos elastoméricos entre el anillo que forma el paramento vertical y la solera, En esta tipología se debe asegurar la compatibilidad de los desplazamientos relativos muro-cimentación con la elongación de las bandas de estanqueidad frente al sismo. Caben tres soluciones estructurales; la primera sería disponer externamente un tacón perimetral que limite los movimientos relativos muro-losa; y la segunda es solucionar el nudo del arranque como articulado-libre pero aislando la armadura del hormigón en la zona de la junta mediante un tubo funda, de tal forma que permita cierto desplazamiento horizontal; y la tercera hacer la estructura parcialmente enterrada hasta aproximadamente la mitad de la altura de agua. No

obstante, ésta última debe ser descartada ya que, salvo justificación por parte del proyectista, se prefiere la tipología de depósitos en superficie por razones de explotación.

En los anejos 3 y 4 se incluyen sendos estudios de la respuesta frente al sismo de las soluciones anteriores.

11.6.3. Estructura de cubierta

En general se irá a la opción de cimentación mediante losa, la ejecución mediante zapatas solamente se realizará en condiciones de terrenos muy buenos (rocas y no expansivas) y muy homogéneos.

Los pilares serán de hormigón armado que sustenta la cubierta mediante vigas in-situ de hormigón armado y el forjado se realizará mediante alveoplasca de canto mínimo 20+5 cm.

En general se prefiere, realizarlos con capiteles y vigas prefabricadas no pretensadas, con una crujía de lado menor múltiple al ancho comercial de la placa alveolar (1,2m) más el ancho de la viga en 2ª fase.

11.7. DISEÑO SÍSMICO

A efectos de la normativa sobre acciones sísmicas, los depósitos deben ser considerados construcciones de importancia especial.

Se ha de indicar expresamente en un apartado del anejo de cálculo la estrategia seguida en la estructura para soportar un sismo y los mecanismos resistentes que se producen.

11.8. CALCULO ESTRUCTURAL

11.8.1. Hipótesis de cálculo

Se considerarán las siguientes hipótesis de cálculo para los muros:

Nº	HIPÓTESIS DE CÁLCULO	ELEMENTOS	NIVEL DE LLENADO
1	DEPÓSITO LLENO SIN EMPUJE DE TIERRAS	Muros perimetrales	Normal de explotación
2	DEPÓSITO LLENO CON EMPUJE DE TIERRAS	Muros perimetrales	Normal de explotación
3	DEPÓSITO VACÍO CON EMPUJE DE TIERRAS	Muros perimetrales	Normal de explotación
4	DOS VASOS LLENOS	Muros divisorios	Normal de explotación
5	UN VASO LLENO Y OTRO VACÍO	Muros divisorios	Normal de explotación
6	SISMO	Todos los muros	Normal de explotación
7	PRUEBA DE LLENADO	Todos los muros	Máximo de alivio
8	NIVEL FREÁTICO EN SUPERFICIE	Todos los muros	Normal de explotación

Adicionalmente se deberá comprobar el efecto de la retracción y las variaciones térmicas, las acciones indirectas son muy importantes en proyectos de depósitos por lo que deben de estar evaluadas en el proyecto y contempladas en el cálculo.

Para cada situación de proyecto se comprobarán los estados límites. Se comprobarán en los muros el coeficiente de seguridad frente al vuelco, deslizamiento y tensión sobre el terreno. No se realizará comprobaciones a deslizamiento en los casos en que esté impedido. No se tendrá en cuenta la colaboración del empuje pasivo.

Con alturas de tierra que supongan esfuerzos inferiores a la cuantía mínima se pueden omitir la hipótesis de empuje de tierras para las comprobaciones de secciones.

Para la estructura de cubierta se utilizarán las hipótesis y combinaciones normales de una edificación.

11.8.2. Acciones

- Cargas permanentes: Peso propio de elementos estructurales, peso de elementos no estructurales, asientos diferenciales en cimentación efectos reológicos (retracción), empuje del terreno (en reposo) y nivel freático.
- Cargas variables: Ambientales (viento, nieve y temperatura), sobrecarga de uso, empuje hidrostático, tráfico en trasdós.
- Cargas accidentales: Sismo, empuje hidrostático con el depósito aliviando.

11.8.3. Coeficientes de seguridad

Para situaciones persistentes o transitorias la acción variable del agua, en estado límites últimos para comprobaciones de secciones, se considerará un coeficiente parcial de seguridad de 1,2 (no suele ser condicionante ya que el cálculo restrictivo es a fisuración), ya que se conoce con certeza la carga por empuje del agua. La comprobación a ELU se hará con nivel de llenado hasta salida natural del agua (ventanas). Para los cálculos de estados límites el coeficiente de simultaneidad ψ de la carga del agua será siempre igual a la unidad.

11.8.4. Cálculo sísmico

Salvo justificación por parte del proyectista, se prefiere que la cubierta se diseñe estructuralmente independiente de la cámara. En este caso, puede independizarse el cálculo de la cubierta (NCSE-02) del de los muros de contención del líquido que se tratará a continuación.

El cálculo sísmico se deberá realizar mediante formulación recogida en el Eurocódigo 8 parte 4 o ACI 350.3-20, con formulación que considere la interacción volumen de agua-depósito considerando masa impulsiva y convectiva.

Se debe de realizar un análisis sísmico en estado límite último y de servicio. Se debe de considerar la estructura de la cámara sin ductilidad en ELU ($\mu=1$) y con un factor de 1,5 en ELS ($\mu=1,5$). Se debe de considerar en el espectro de respuesta una última rama para períodos altos (T_c) como el descrito en el Eurocódigo 8 o en la NCSP-07. El amortiguamiento estructural se limita al 5% el ELU y a 2% en ELS, el amortiguamiento del líquido es del orden de un 0,5%.

En muros divisorios se suman el efecto de la componente impulsiva y convectiva de cada cámara.

11.8.5. Modelo estructural de la cámara

- Modelos planos: son muy adecuados para elementos con geometría en la que se pueda despreciar el efecto placa.
- Modelo de placas: son adecuados para elementos con geometría en el que el efecto placa es significativo, como son los módulos de esquina en depósitos.
- Modelo matricial: para resolución de estructuras lineales y emparrillados

- Modelo de elementos finitos: son muy adecuados para cualquier tipo de estructuras

Los modelos avanzados de cálculo deben de ir chequeados en orden de magnitud con modelos simples de comprobación a mano mediante prontuarios.

11.9. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

11.9.1. Armado

La distribución de armado a lo largo de la estructura debe de hacerse mediante un cambio suave, ya que cambios bruscos equivalen a una entalla en la sección que favorece la fisuración.

Siempre que sea posible se procurará que los solapes entre barras tengan un decalaje de dos veces la longitud de solape para evitar fisuras y en cada zona solapar el 33%, y en todo caso menos del 50%.

11.9.2. Cuantías mínimas

Se dispondrán las cuantías mínimas dictadas por el CEstr, el EC2 parte 3 de depósitos y por el apartado de control de fisuración en fase de construcción de esta guía.

11.9.3. Espesores mínimos

El espesor mínimo absoluto de los elementos constructivos será de 30 cm.

Se dispondrá un espesor tal que la sección resista a esfuerzo cortante sin necesidad de disponer cercos, excepto en refuerzos puntuales frente a punzonamiento. La comprobación a cortante en aristas de muros no se realizará a un canto útil de la arista, sino al esfuerzo resultante en la arista.

11.9.4. Forjado de cubierta

La cubierta se realizará mediante placas alveolares con canto mínimo de 20 cm y capa de compresión de 5 cm. Las placas deberán ser adecuadas para un ambiente XD2 y los ELU, de manera que en el ELS de fisuración no se produzca descompresión de la fibra inferior. Además se deberá justificar el ELS de deformaciones mediante canto mínimo según CEstr o justificación de que la flecha total es inferior a $L/250$ y $L/500 + 1$ cm, y $L/400$ para la flecha activa.

Para prevenir los esfuerzos concentrados en los bordes de vigas y muros, las placas se apoyarán en la estructura mediante bandas EPDM de 10 mm de espesor.

11.9.5. Remate de cubiertas

Existen tres posibles soluciones para el remate del perímetro de la cubierta:

- Imposta ejecutada "in situ". Si se elige esta opción y cuando se hormigona en dos fases, se deberán separar ambas fases de hormigonado mediante un berenjeno en el encofrado exterior que disimule la junta de trabajo. La imposta "in situ" es la solución preferente ya que evita interferencias con la escalera de acceso.

- Imposta prefabricada, en principio solamente válida en depósitos rectangulares. Se propone un modelo prefabricado habitual en el mercado, debiéndose prestar atención al sistema de anclaje a la estructura.

- Forjado volado con zuncho perimetral, normalmente utilizado en depósitos circulares. El zuncho de hormigón recoge los de extremos de las placas alveolares que se irán recortando "in situ". Se utilizará esta solución para espesores de muro menores de 40 cm salvo estudio específico del apoyo de la placa alveolar a montar.

Debido a que no deben de obtener un gran espesor para contener la impermeabilización, deberán tener una altura mínima siendo suficiente con 5cm para rematar la impermeabilización.

Para la evacuación del agua de lluvia de la cubierta se preverán bajantes en número suficiente a lo largo del perímetro, (como número gordo será suficiente una sección de $1\text{cm}^2/\text{m}^2$ de cubierta). Estas canaletas deberán ser en todo caso de piedra artificial, prefabricadas de hormigón o aluminio, no permitiéndose el empleo de materiales plásticos.

11.9.6. Detalles constructivos

Se debe de prestar especial atención al detalle del arranque de los muros y los detalles de las juntas.

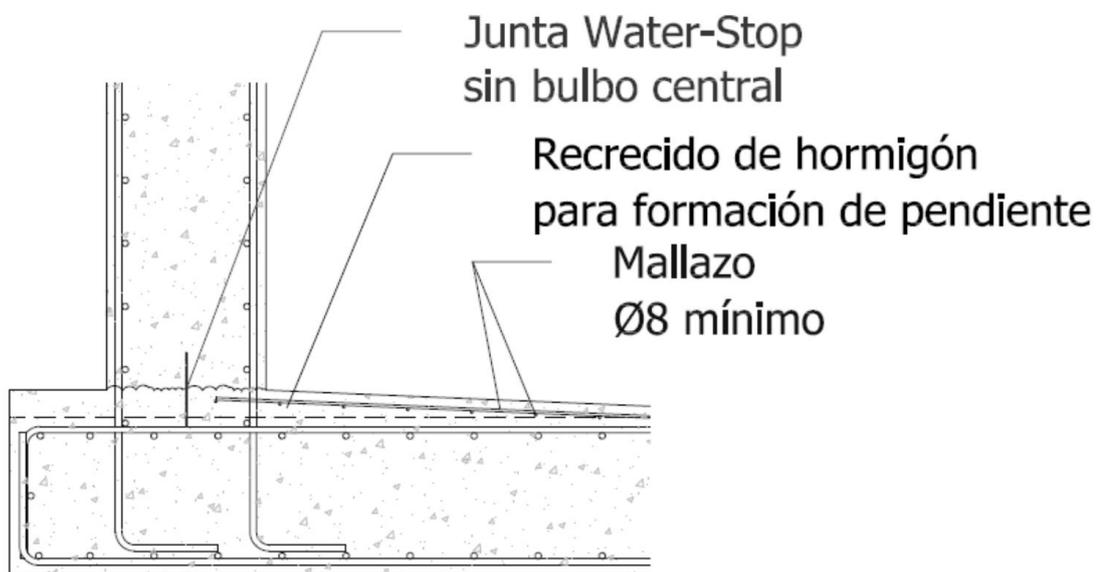
Se dispondrán preferentemente bandas de estanqueidad tipo water-stop de doble ala en las juntas de retracción y trabajo y con bulbo central en las de dilatación. Para la solución de los nudos de arranque de muros se dará preferencia a la formación de pendientes mediante sobreespesor en el recubrimiento en el caso de depósitos pequeños.

Para los otros casos, en que la pendiente se realiza mediante el replanteo de la estructura sin dotar de sobreespesor al recubrimiento, existen soluciones de juntas especiales que no interrumpan la armadura con la cimentación, como las combinadas tipo KAB ó FB-125. Para pasamuros utilizar doble vuelta de perfil hidroexpansivo de sección mínima 2x2cm.

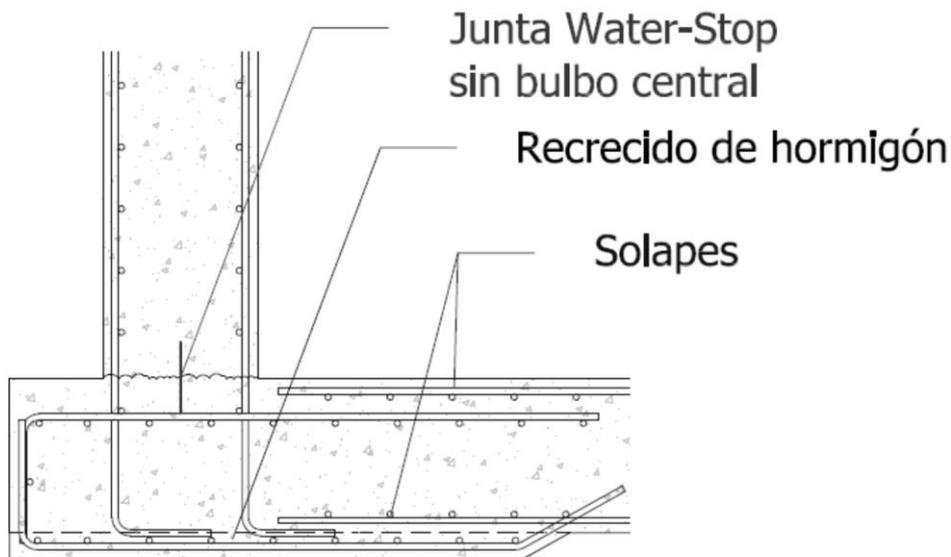
En todo caso se prefiere el empleo de sistemas sancionados por la experiencia, como son las bandas water-stop doble ala, prestando especial atención a la soldadura, la sujeción de la banda durante el hormigonado, y al diseño de la armadura en el entorno de la junta.

DETALLES DE ARRANQUE DE MURO:**Nudos empotrados:**

Nudo empotrado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad tipo KAB o similar.

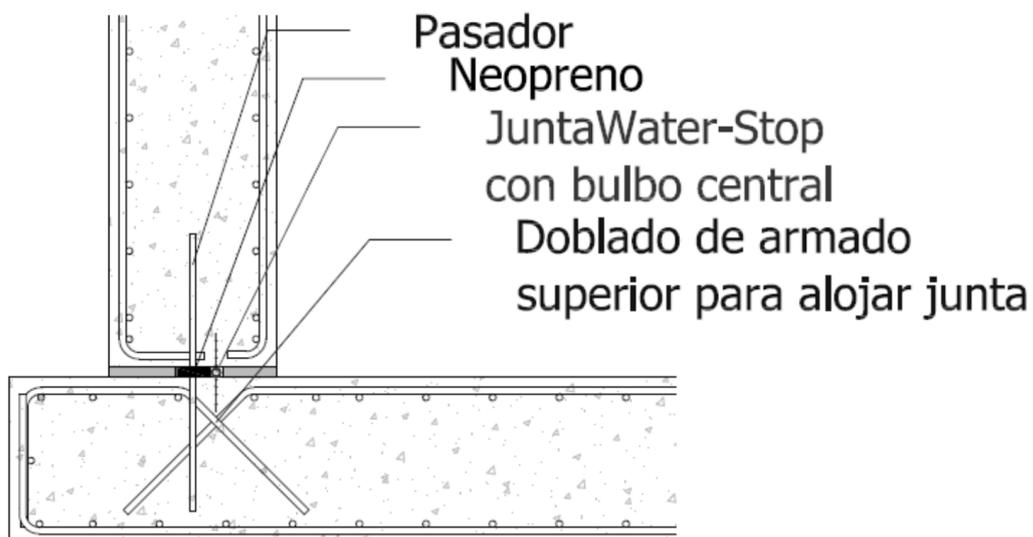


Nudo empotrado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad de doble ala, sin bulbo central. El espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa para formación de pendientes.

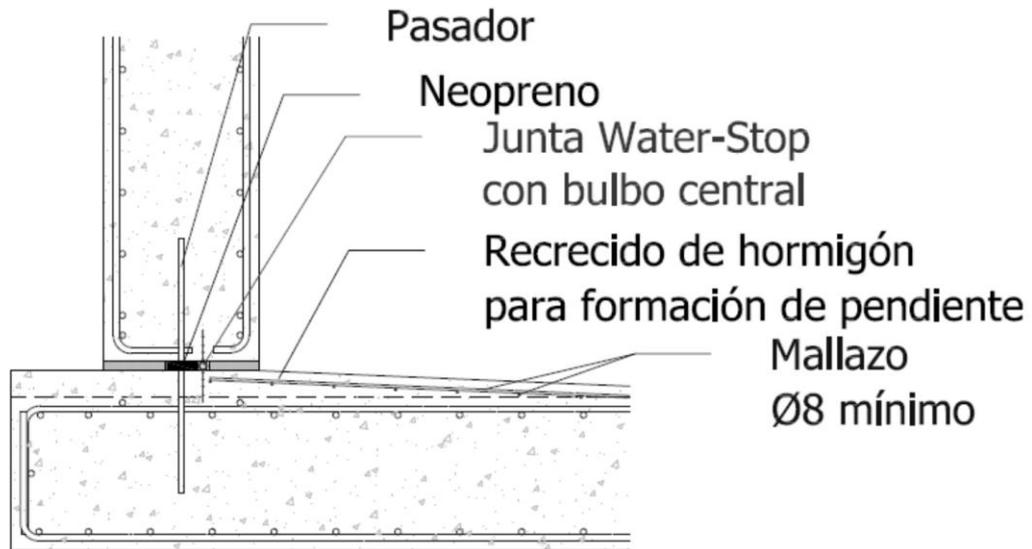


Nudo empotrado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad sin bulbo central, el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa mediante un rebaje en la cimentación. Se dispone zona de solapes de armado de losa.

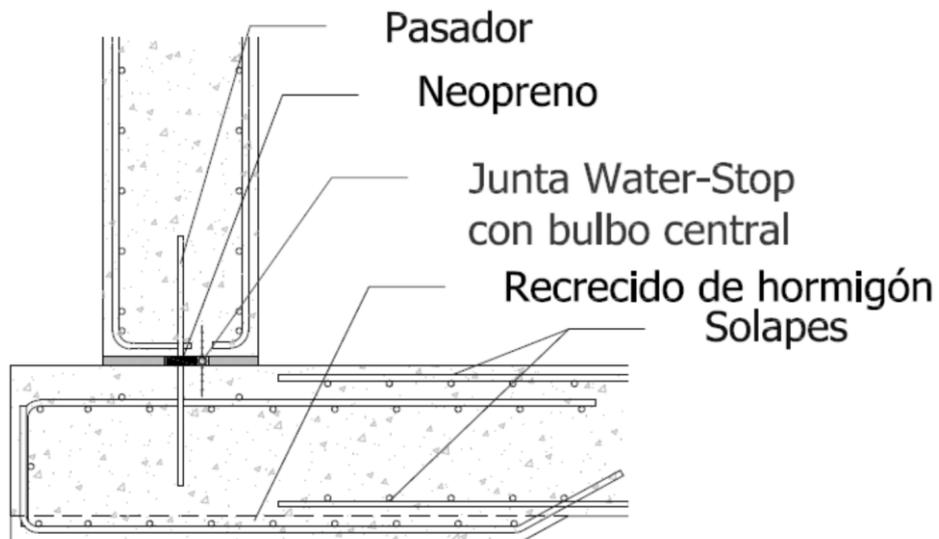
Nudos articulados:



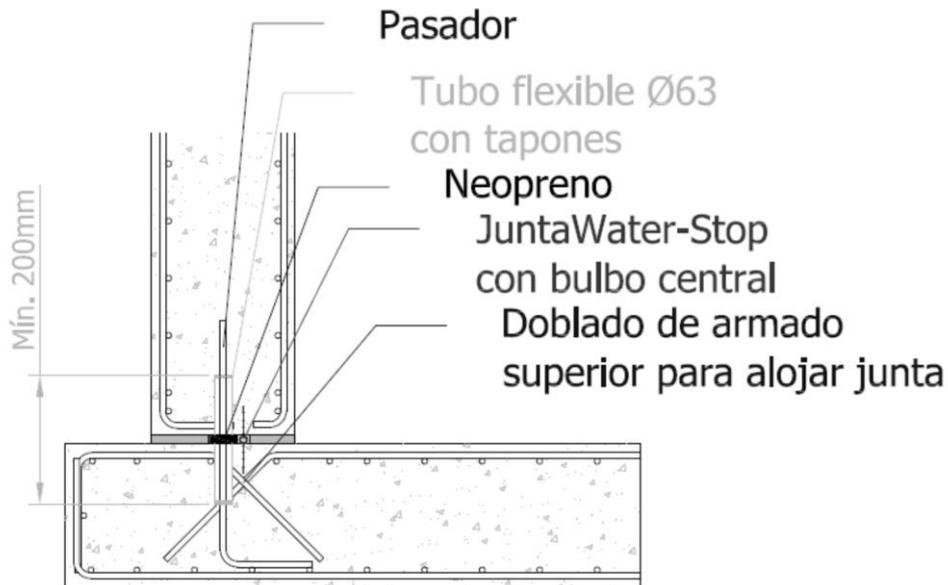
Nudo articulado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad con bulbo central, el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante doblado de armaduras. Se dispone de neopreno para compatibilizar el giro.



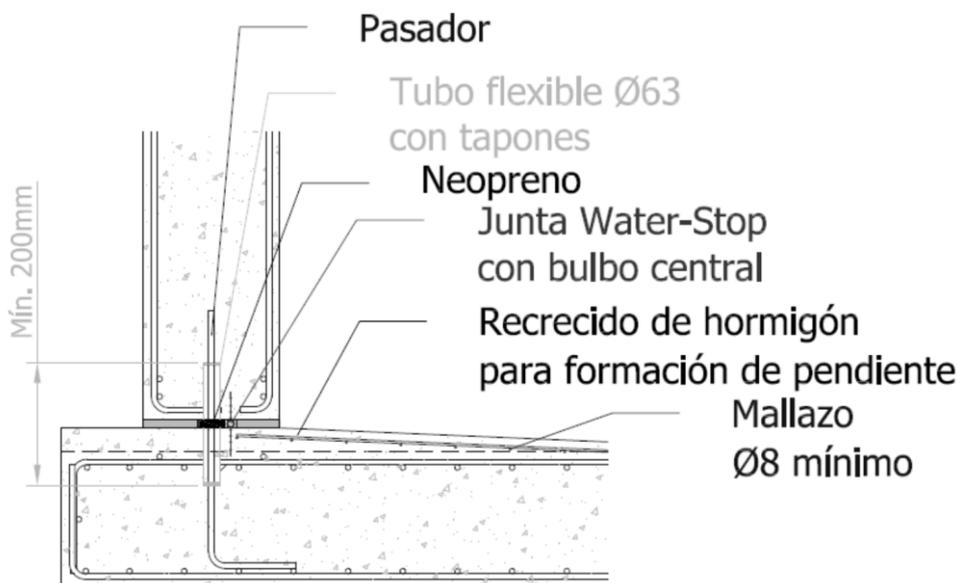
Nudo articulado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad de doble ala, con bulbo central. el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa para formación de pendientes. Se añade mallazo para control de fisuración de $\varnothing 8$ mm de diámetro mínimo. se dispone neopreno para compatibilizar el giro.



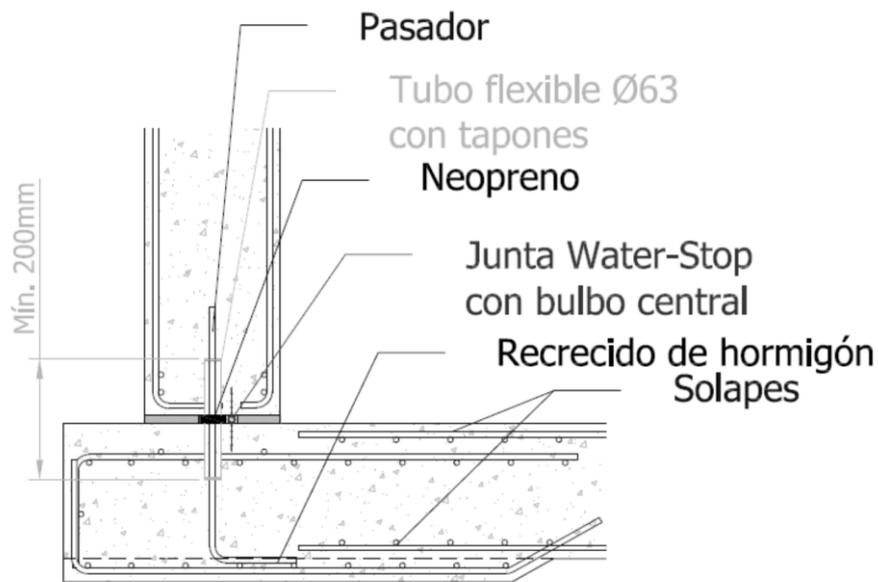
Nudo articulado con armadura pasante en junta de construcción en alzado y junta de estanqueidad con bulbo central, el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa mediante un rebaje en la cimentación. Se dispone zona de solapes de armado de losa. se dispone neopreno para compatibilizar el giro.

Nudos apoyados:


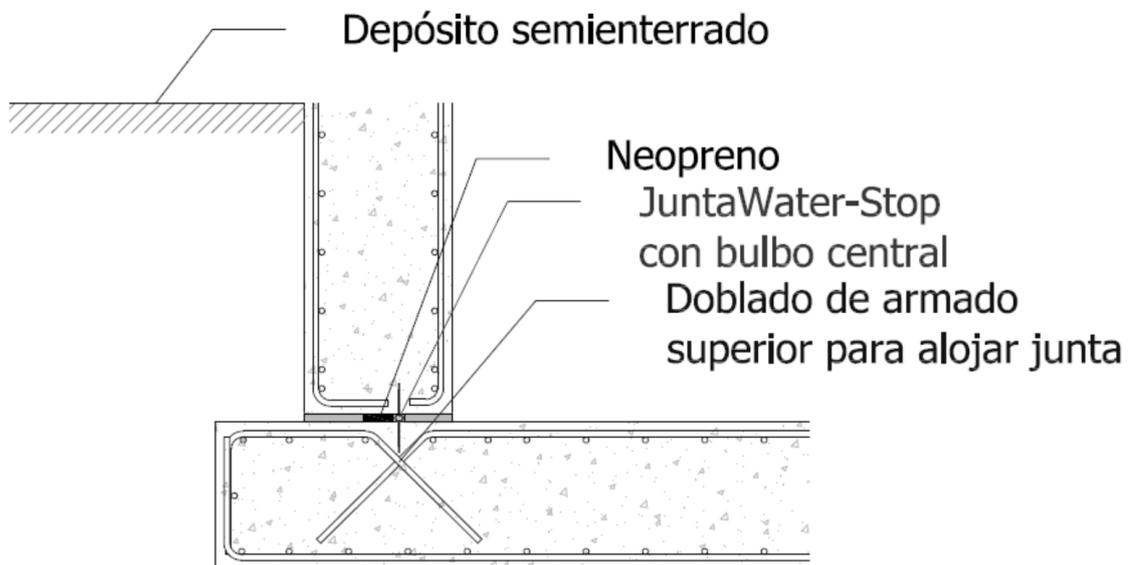
Nudo apoyado con armadura pasante en junta de construcción en alzado (función de tope sísmico) y junta de estanqueidad con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas), el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante doblado de armaduras. Se dispone de neopreno para compatibilizar el giro. Se dispone de tubo flexible hueco para compatibilizar desplazamientos horizontales.



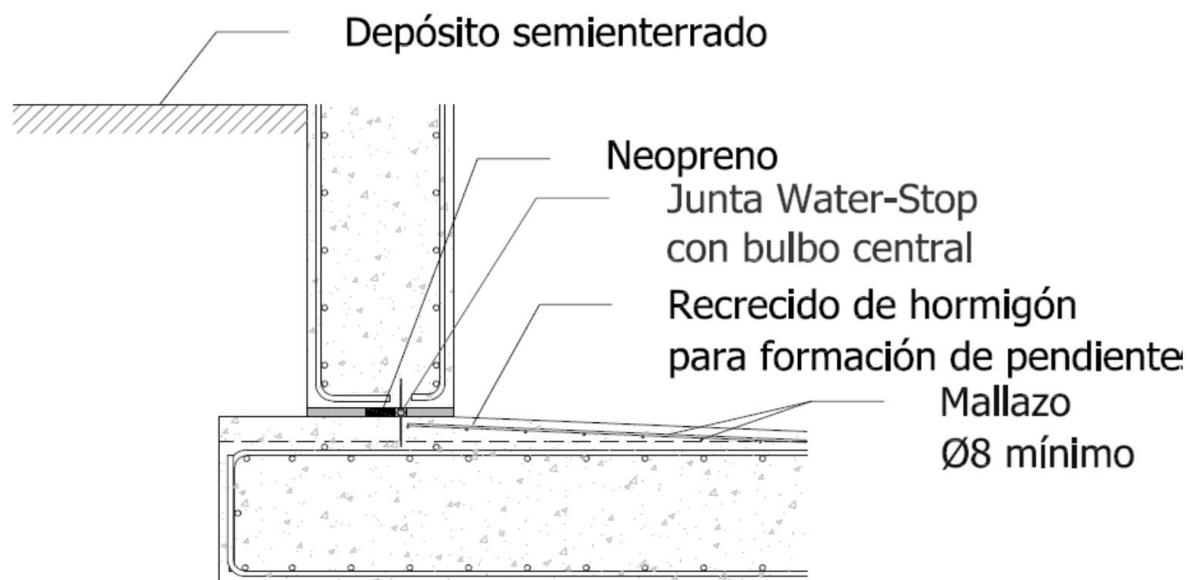
Nudo apoyado con armadura pasante en junta de construcción en alzado (función de tope sísmico) y junta de estanqueidad de doble ala con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas). El espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa para formación de pendientes. Se añade mallazo para control de fisuración de $\varnothing 8$ mm de diámetro mínimo. Se dispone neopreno para compatibilizar el giro. Se dispone de tubo flexible hueco para compatibilizar desplazamientos horizontales.



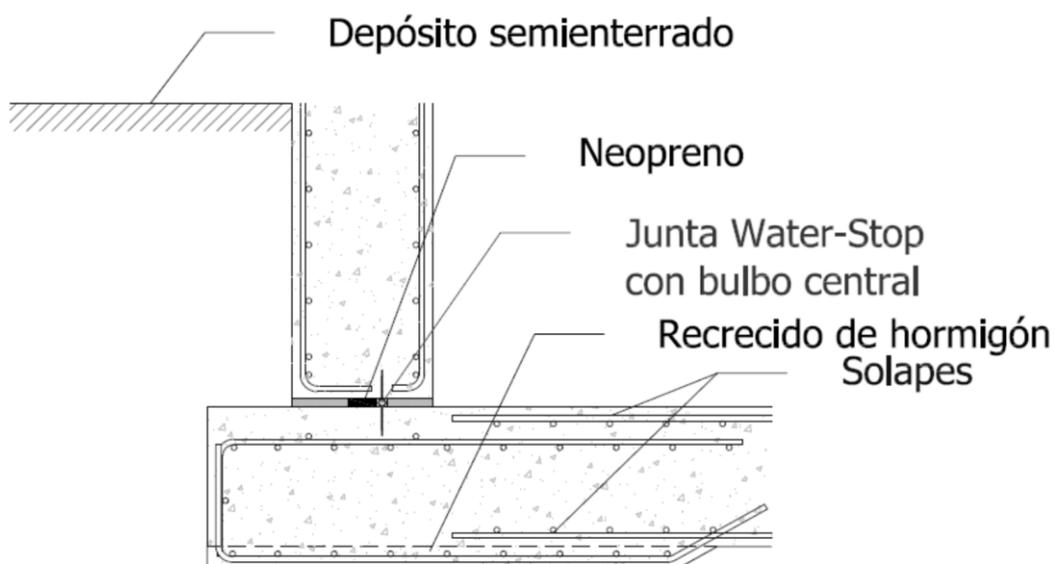
Nudo apoyado con armadura pasante en junta de construcción en alzado (función de tope sísmico) y junta de estanqueidad con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas), el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa mediante un rebaje en la cimentación. Se dispone zona de solapes de armado de losa. Se dispone neopreno para compatibilizar el giro. Se dispone de tubo flexible hueco para compatibilizar desplazamientos horizontales.



Nudo apoyado con relleno en trasdós (función de tope sísmico, a calcular la profundidad mínima) y junta de estanqueidad con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas), el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante doblado de armaduras. Se dispone de neopreno para compatibilizar giro y desplazamientos horizontales. Esta solución en general no será compatible con las preferencias por labores de mantenimiento de depósito superficial.



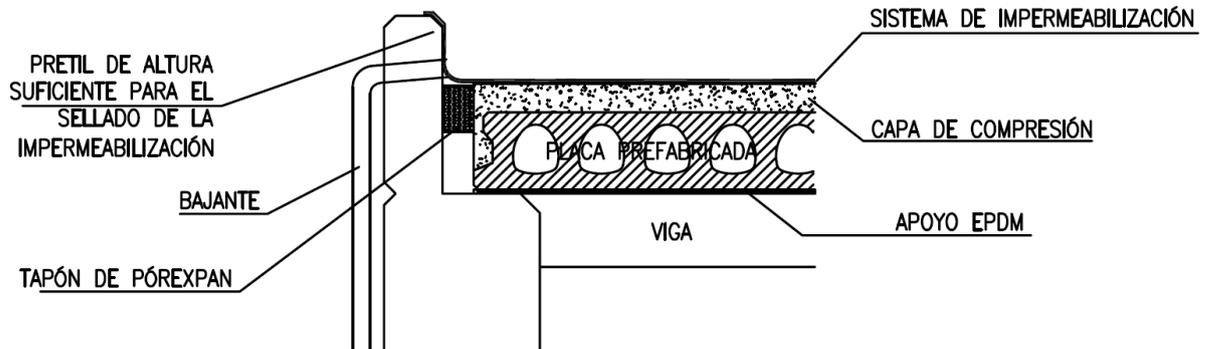
Nudo apoyado con relleno en trasdós (función de tope sísmico, a calcular la profundidad mínima) y junta de estanqueidad de doble ala con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas), el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa para formación de pendientes. Se añade mallazo para control de fisuración de $\varnothing 8$ mm de diámetro mínimo. Se dispone neopreno para compatibilizar giro y desplazamientos horizontales. Esta solución en general no será compatible con las preferencias por labores de mantenimiento de depósito superficial.



Nudo apoyado con relleno en trasdós (función de tope sísmico, a calcular la profundidad mínima) y junta de estanqueidad con bulbo central (selección de junta compatible con la deformación horizontal incluso en condiciones sísmicas), el espacio necesario para alojar la junta se consigue mediante sobreespesor de losa mediante un rebaje en la cimentación. Se dispone zona de solapes de armado de losa. se dispone neopreno para compatibilizar giro y desplazamientos horizontales. Esta solución en general no será compatible con las preferencias por labores de mantenimiento de depósito superficial.

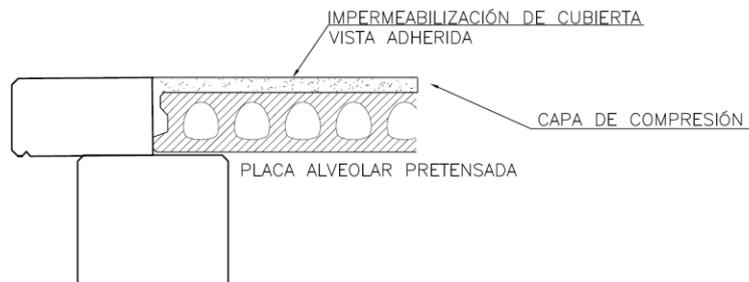
DETALLES DE REMATE DE CUBIERTA:

Detalle de imposta in situ:



Detalle de imposta in situ. La situación del apoyo elástico, y la separación entre placas alveolares e imposta se realizará mediante estudio de deformaciones en situaciones sísmicas. La evacuación de pluviales se materializará mediante bajante.

Detalle de voladizo in-situ:



Detalle de voladizo con zuncho perimetral. La situación del apoyo elastomérico se realizará mediante estudio de deformaciones en situaciones sísmicas.

11.10. JUNTAS

La distribución de juntas se realizará mediante el encaje dimensional adecuado al modelo estructural y mediante un estudio de fisuración en fase de construcción. Se han de indicar todas las juntas en planos.

De forma genérica y en la mayoría de los casos, para juntas espaciadas 11,25m alternando junta completa y parcial, para hormigón HA-30 con árido calizo será necesaria una cuantía geométrica mínima a repartir en cada cara del 3,6 ‰ respecto al área de la sección eficaz según la tabla de espesor siguiente.

11.10.1. Control de la fisuración en fase de construcción

Este apartado está referido a la fisuración por contracción térmica inicial debido a la coacción del cemento, y se utiliza para el cálculo de la armadura horizontal y distribución de juntas de alzado de muro.

Se deberá hacer un estudio de la fisuración en consonancia con la disposición de juntas y el armado horizontal para todos los elementos en contacto con el agua. Dicho estudio se realizará basado en la norma BS8007 y UNE EN 1992-3, y explicado la publicación "Watertight concrete construcción" y en los cursos de Intemac.

El proceso de cálculo se basa en las siguientes condiciones:

a) Condición de no plastificación de la armadura

$$\rho_{\min} = \frac{f_{ct}^j}{f_{yk}}$$

Siendo:

ρ , la cuantía geométrica, referida al espesor de la losa según la tabla siguiente.

MUROS	ESPESOR EFECTIVO (mm)	LOSAS SOBRE EL TERRENO	ESPESOR REAL (mm)	ESPESOR EFECTIVO (mm) (ZONA SOMBREADA EXCLUSIVAMENTE)
	h		h	h/2
	500		300 < h ≤ 500	$h_1 = \frac{h}{2}$ $h_2 = 100$
			h > 500	$h_1 = 250$ $h_2 = 100$

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN A TRACCIÓN DIRECTA A EDADES TEMPRANAS (T ≈ 3 días)	
HORMIGÓN	f_{ct}^j (N/mm ²)
HA 25	1,6
HA 30	1,8

b) Leyes de formación de fisuras

$$\rho = \frac{f_{ct}^j}{\tau_b} \cdot \frac{\phi}{2W_{máx}} \cdot \varepsilon_c \not\leq \rho_{mín}$$

$$\varepsilon_c = \frac{\alpha}{2}(T_1 + T_2)$$

$$S_{máx} = \frac{W_{máx}}{\varepsilon_c}$$

En definitiva la formulación permite conocido el ancho de fisura ($W_{máx}$), el diámetro a emplear y el valor de la deformación del hormigón ε_c , calcular el la cuantía geométrica ρ y comprobar que es superior a $\rho_{mín}$ y permite conocer la separación máxima entre fisuras ($S_{máx}$), debido a las contracciones térmicas. Es claro que en los cuatro o cinco días que dura el fenómeno de la contracción térmica inicial han ocurrido acortamientos debidos a la retracción, pero estos son, comparativamente despreciables.

Siendo:

TENSIONES DE ADHERENCIA EN HORMIGONES JÓVENES (T ≈ 2 días) PARA ALAMBRES Y BARRAS CORRUGADAS	
HORMIGÓN	τ_b (N/mm ²)
HA 25	2,4
HA 30	2,8

TIPO DE ÁRIDO UTILIZADO EN EL HORMIGÓN	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA
	α
Cálcico	$6 \cdot 10^{-6}$
Granítico	$8 \cdot 10^{-6}$
Cuarcítico	$12 \cdot 10^{-6}$

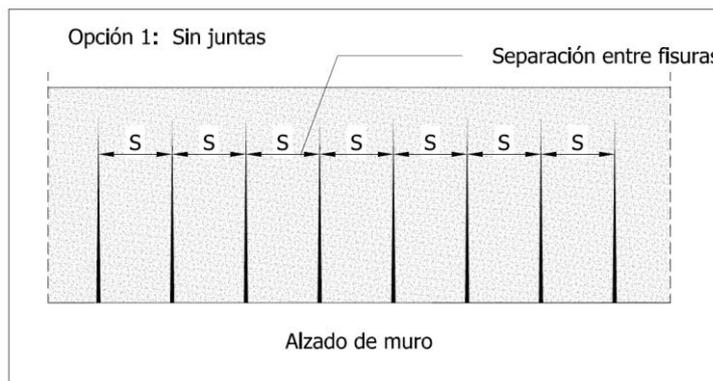
Los valores de T_1 indican la variación de temperatura en la contracción térmica inicial al fraguar el hormigón en los primeros días, y pueden seleccionarse de la tabla siguiente (se aconseja no tomar valores de T_1 inferiores a 30° C y que si el contenido de cemento excede los 340 kg/m³, si el espesor de la pared excede los 400 mm o si se emplea cemento de endurecimiento rápido o encofrado de madera, los valores deben incrementarse).

Espesor de la sección (mm)	Encofrado								
	Metálico			Tablero de madera de 18 mm			Losa sobre el terreno		
	Contenido del cemento (kg/m ³)								
	290	360	400	290	360	400	290	360	400
	T_1								
Hasta 300	10	13	15	19	26	31	13	18	21
500	17	23	27	27	36	43	21	29	34
700	24	33	39	32	43	49			
1000	32	43	49	37	48	56			

T_2 la variación estacional de temperatura.

La estrategia para el control de fisuración puede seguir varios caminos:

Se desarrollará un ejemplo suponiendo: una pared de depósito de 50cm de espesor con árido calizo y hormigón HA-30 con 325 kg/m³ de cemento. La armadura horizontal es de diámetro Ø16mm en cada cara de acero B500S. Se admite $W_{máx} = 0,15$ mm. Con encofrado metálico. $T_2 = 30^\circ$.



- Opción 1:** Se hormigona continuamente sin juntas de ningún tipo. A mayor diámetro de barra se requerirá mayor cuantía. Se considera el parámetro de variación estacional de temperatura T_2 . En este caso se necesitará altas cuantías de acero. Para el ejemplo, sin considerar los esfuerzos de otras acciones, se puede armar horizontalmente con 8Ø16/metro en cada cara, produciéndose fisuras de 0,15mm de abertura máxima a una separación máxima de 83 cm. En la siguiente hoja de cálculo se muestra el proceso.

Control de la fisuración del depósito en la etapa de construcción
 Curso INTEMAC 2007-2008 C-1 "Depósitos, tanques y balsas" Sesión S-5

f_{ct}^j	1.80	N/mm ²
f_{yk}	500	N/mm ²
ρ_{min}	3.60	‰
A'_c	5 000	cm ²
$A_{s, min}$	18.00	cm ²
τ_b	2.80	N/mm ²
ϕ	16	mm
$W_{máx}$	0.15	mm
α	6.00E-06	
T_1	30.00	°C
T_2	30.00	°C
ε_c	1.80E-04	
$S_{máx}$	833	mm
$S_{mín}$	417	mm
ρ	6.17	‰
A_s	30.86	cm ²

$$A_s f_{yk} \geq A'_c f_{ct}^j$$

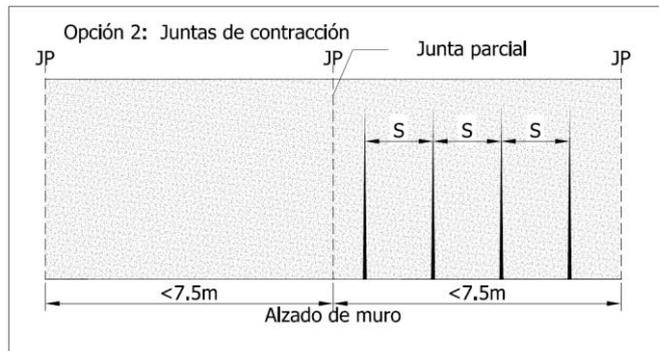
$$\rho_{min} = \frac{f_{ct}^j}{f_{yk}}$$

$$\rho = \frac{f_{ct}^j}{\tau_b} \cdot \frac{\phi}{2W_{máx}} \cdot \varepsilon_c \leq \rho_{min}$$

$$\varepsilon_c = \frac{\alpha}{2} (T_1 + T_2)$$

$$S_{máx} = \frac{W_{máx}}{\varepsilon_c}$$

$$S_{mín} = \frac{S_{máx}}{2}$$



- Opción 2:** Se hormigona de manera semicontinua, solamente con juntas de contracción (armadura pasante pero con inducción de fisuras) dejándolas abiertas 4 días y a separación no superior a 7,5 m. Para este caso puede considerarse $T_2 = 0$. Con lo que se puede armar horizontalmente con 5Ø16/metro en cada cara, impuesto por la cuantía mínima.

Control de la fisuración del depósito en la etapa de construcción
 Curso INTEMAC 2007-2008 C-1 "Depósitos, tanques y balsas" Sesión S-5

f_{ct}^j	1.80	N/mm ²
f_{yk}	500	N/mm ²
ρ_{min}	3.60	‰
A'_c	5 000	cm ²
$A_{s,min}$	18.00	cm ²
τ_b	2.80	N/mm ²
ϕ	16	mm
$W_{m\acute{a}x}$	0.15	mm
α	6.00E-06	
T_1	30.00	°C
T_2	-	°C
ϵ_c	9.00E-05	
$S_{m\acute{a}x}$	1 667	mm
$S_{m\acute{i}n}$	833	mm
ρ	3.09	‰
A_s	18.00	cm ²

$$A_s f_{yk} \geq A'_c f_{ct}^j$$

$$\rho_{min} = \frac{f_{ct}^j}{f_{yk}}$$

$$\rho = \frac{f_{ct}^j}{\tau_b} \cdot \frac{\phi}{2W_{m\acute{a}x}} \cdot \epsilon_c \leq \rho_{min}$$

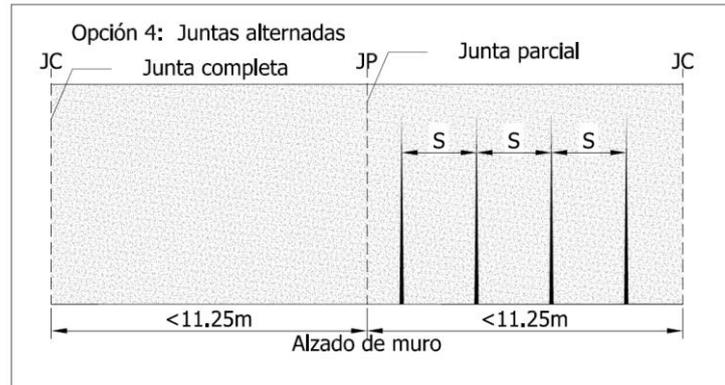
$$\epsilon_c = \frac{\alpha}{2} (T_1 + T_2)$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{W_{m\acute{a}x}}{\epsilon_c}$$

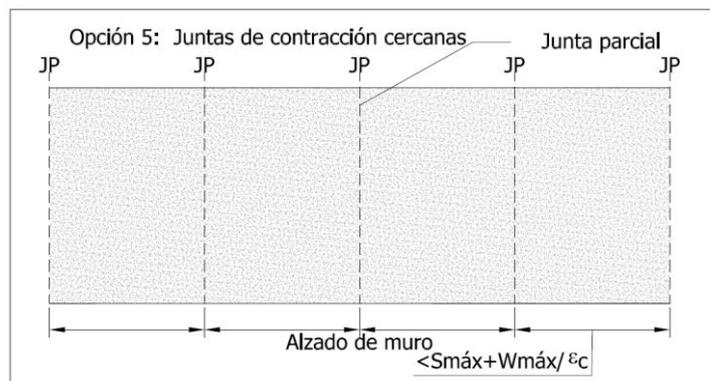
$$S_{m\acute{i}n} = \frac{S_{m\acute{a}x}}{2}$$



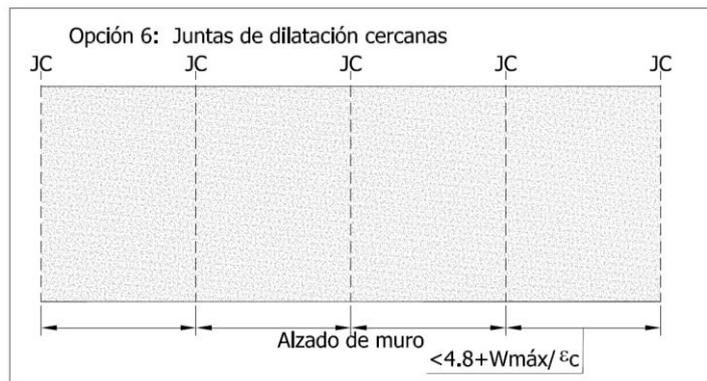
- Opción 3:** Se hormigona de manera semicontinua, solamente con juntas de dilatación (armadura interrumpida) y a separación no superior a 15 m. Para este caso, igual que en el anterior puede considerarse $T_2 = 0$. Con lo que la necesidad de armado horizontal es igual que en el caso anterior.



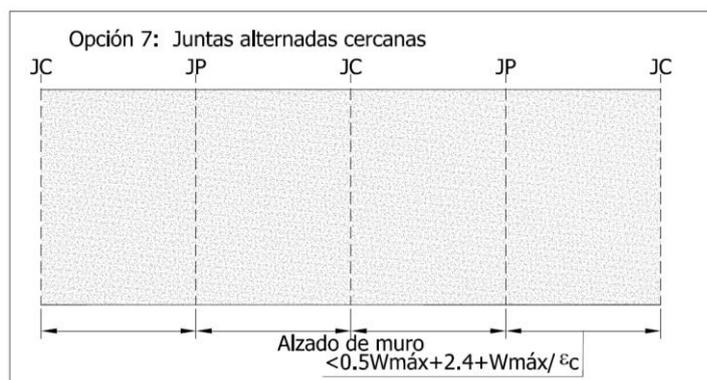
- Opción 4:** Se hormigona de manera semicontinua, alternando con juntas de dilatación y de contracción a separación no superior a 11.25 m. Para este caso, igual que en el anterior puede considerarse $T_2 = 0$. Con lo que la necesidad de armado horizontal es igual que en el caso anterior.



- Opción 5:** Se hormigona con muchas juntas, solamente con juntas de contracción a separación no superior a $S_{\text{máx}} + W_{\text{máx}} / \epsilon_c$. Para este caso se deben de poner cada 3,3m. Con lo que la necesidad de armado mínimo se reduce a $2/3 \cdot \rho_{\text{min}}$ o el establecido por el CEstr, con lo que se puede armar horizontalmente con $5\emptyset 16/\text{metro}$ en cada cara. En este caso no se producirá fisuración apreciable.



- Opción 6:** Se hormigona con muchas juntas, solamente con juntas de dilatación a separación no superior a $4.8 + W_{m\acute{a}x} / \epsilon_c$. Para este caso se deben cada 6,5m. Con lo que la necesidad de armado mínimo es igual que en el caso anterior. En este caso no se producirá fisuración apreciable.



- Opción 7:** Se hormigona con muchas juntas, alternando con juntas de dilatación y de contracción a separación no superior a $0.5 \cdot S_{m\acute{a}x} + 2.4 + W_{m\acute{a}x} / \epsilon_c$. Para este caso se deben separar las juntas cada 4,9m. Con lo que la necesidad de armado mínimo es igual que en el caso anterior. En este caso no se producirá fisuración apreciable.

De forma orientativa y en los apartados siguientes, se recomiendan unas distancias para la realización del predimensionado, que posteriormente deben de comprobarse mediante cálculo denominado "de fisuración en fase de construcción" descrito en este apartado.

11.10.2. Juntas constructivas

Se deben de disponer en las secciones menos solicitadas en esfuerzo cortante o en coincidencia con otras juntas.

11.10.3. Juntas de retracción

Soleras

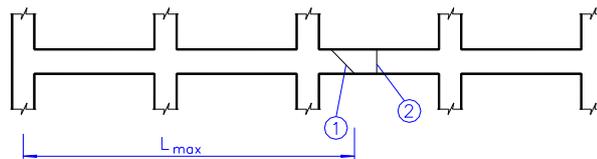
Se colocarán juntas de retracción en solera formando retículas máximas de 10 x 10 m, o de 25 a 30 veces su espesor, usando el más restrictivo.

En forjados, losas, dinteles de entramados

TIPO DE CLIMA	ÉPOCA DEL AÑO	
	CALUROSA ($T_{media} \geq 18^{\circ}C$)	FRÍA ($T_{media} < 18^{\circ}C$)
SECO ($HR \leq 60\%$)	16 m	20 m
HÚMEDO ($HR > 60\%$)	20 m	24 m

Notas:

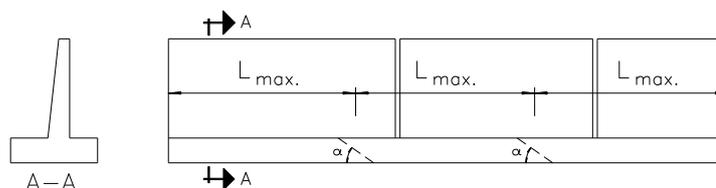
- Reducir un 15 % si los pilares tienen rigideces importantes
- Aumentar un 25 % si los pilares son muy flexibles o el dintel descansa sobre aparatos de apoyo que facilitan el acortamiento



Indicación de separaciones máximas de juntas y sitios preferentes de ubicación (① momento flector muy pequeño, ② cortante muy pequeño)

En cimiento de muros.

TIPO DE CLIMA	ÉPOCA DEL AÑO	
	CALUROSA ($T_{media} \geq 18^{\circ}C$)	FRÍA ($T_{media} < 18^{\circ}C$)
SECO ($HR \leq 60\%$)	16 m	20 m
HÚMEDO ($HR > 60\%$)	20 m	24 m



Nota:

- Si el cimiento va a estar mucho tiempo al descubierto las distancias exteriores deben reducirse a 2/3

- Puede aplicarse a los casos de vigas de cimentación, zapatas corridas y losas de cimentación

En alzado de muros

TIPO DE DEPÓSITO	DISTANCIA ENTRE JUNTAS DE CONTRACCIÓN
Enterrados.	7,5 m
Apoyados, poco expuestos	7,5 m
Apoyados, muy expuestos	5-7 m

11.10.4. Juntas de dilatación

Se procurará una correspondencia de juntas de dilatación en cubierta con la de alzados de muros y de cimentación, de tal forma que puedan independizarse las subestructuras.

Se deben estudiar su disposición en muros en cambios de altura de pared y disponerlos en cambios de tipo de suelo o nivel de cimentación, extendiéndose en este caso la junta a la cimentación. No deben colocarse en aristas de entronques con otros muros.

Las juntas de dilatación se dispondrán para tener en cuenta, o no, las acciones térmicas por cambios de temperatura en el ambiente.

En general la tendencia era a que la distancia entre de juntas de dilatación en muros no exceda de 25-30 metros y en cubierta cada 30-40 metros. Las nuevas tendencias indican la conveniencia de minimizar las juntas de dilatación en las cámaras. En muros expuestos sin juntas de dilatación de 80 metros se ha constatado buen comportamiento, si bien esto no indica el descuido de las juntas de retracción que deben respetarse estrictamente según lo expuesto en apartados anteriores. También la tendencia a minimizar las juntas de dilatación es debido a que en el caso de producirse una patología en estas juntas los caudales de fugas son mayores.

12. DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

12.1. MEMORIA Y ANEJOS

El proyecto estructural se reflejará en la documentación con contenido mínimo según el Capítulo 2 del CTE DB SE y el apartado 4.2.2 del CEstr.

Se debe de declarar las situaciones de dimensionamiento, niveles de llenado, grado de permeabilidad asumido, comportamiento sísmico, etc.

El anejo de cálculo debe de reflejar todas las comprobaciones realizadas y reflejar los resultados paso a paso para facilitar la comprobación sin un recalcu estructural.

El anejo del estudio geotécnico debe de realizarse de acuerdo con el *Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico. Parte 1 Reglas generales* y para la categoría 2. Debe de aparecer un apartado específico en el que se evalúe los asientos del terreno y en particular a la posibilidad de asientos diferenciales, y que es la causa más perjudicial en patologías de depósitos.

Deberá realizarse un apartado de la justificación del seguimiento de esta guía.

12.2. PLANOS

Como mínimo tendrá los siguientes planos:

- Índice de planos
- Situación y emplazamiento
- Plano conjunto de las obras
- Depósito de Regulación: Planta general, planta de excavación, secciones, planta de cimentación, muros, planta de cubierta, estructura de cubierta, accesos, detalles, arquetas de entrada y caseta de salida (con definición geométrica, secciones, equipos, estructura y detalles), tuberías drenantes (definición geométrica y detalles)
- Urbanización: Planta y detalles
- Conducciones: De entrada, salida y colector aliviadero y desagüe, con planos de planta, perfil, arquetas, obra de entrega y detalles
- Instalaciones eléctricas: Planta, zanjas, detalles y esquemas unificares
- Compatibilidad con urbanismo
- Planos del Estudio geológico y geotécnico: planta y perfiles geológicos
- Planos de Expropiaciones
- Adecuación ambiental

12.3. PLIEGO

12.3.1. Aspectos generales

Deberá contener los aspectos específicos de:

- Materiales
- Control
- Tolerancias
- Movimientos de tierras
- Impermeabilización
- Proceso constructivo
- Plazos de desencofrado
- Materiales en contacto con agua de consumo humano
- Limpieza y desinfección

En el pliego de depósitos deberán de incorporarse los siguientes puntos indicados como artículos.

12.3.2. Artículo de hormigones

Cumplirá las prescripciones generales del CEstr.

El cemento a utilizar para un ambiente XD2 en la realización de hormigón armado se escogerán entre los siguientes: CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%. Y con característica adicional de bajo calor de hidratación.

El cemento se escogerá con característica adicional de bajo calor de hidratación si se quiere hormigonar en tiempo caluroso y los áridos a utilizar en el hormigón armado serán de tipo calizo, con el fin de evitar la fisuración por retracción inicial del hormigón en fase de ejecución.

El cemento se escogerá con característica adicional de bajo calor de hidratación si se quiere hormigonar en tiempo caluroso y los áridos a utilizar en el hormigón armado serán de tipo calizo, todo para evitar la fisuración por retracción inicial del hormigón al enfriarse. Recomendándose el cemento tipo CEMIII/A.

En zonas en contacto con bandas de estanquidad se utilizará árido del 12, por ejemplo en los 30cm primeros del alzado de los muros.

12.3.3. Artículo de permeabilidad del hormigón

Adicionalmente a los controles habituales de docilidad y resistencia del hormigón, será preceptivo, antes de aprobarse la fórmula de trabajo, la realización los ensayos de penetración de agua bajo presión, según el Art. 57.3.3, 57.4.3 y 57.5.7 del Cestr. Y norma de ensayo UNE-EN 123900-8. Se debe exigir como resultados de dichos ensayos una profundidad máxima de 50 mm y media de 30 mm.

12.3.4. Artículo de ejecución de obras de hormigón armado

Las obras de hormigón estructural se realizarán de acuerdo con el Capítulo 11 del Cestr.

Vertido:

Aspectos generales

En cuanto al tiempo disponible para la colocación, El Cestr exige en el apartado 51.4.1 que el tiempo transcurrido desde que se añade el agua al cemento hasta finalizar la colocación sea inferior a una hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un fraguado rápido del hormigón, el tiempo límite deberá de ser una hora. No deben colocarse en obra masas que acusen principio de fraguado, segregación o desecación.

Operaciones previas

Se dispondrá de una capa de 10 cm de hormigón de limpieza, que proporciona una buena plataforma de trabajo y evita la contaminación del hormigón de cimentación por el suelo, evitando que el hormigón cubra las zanjas de los drenes

Las barras y elementos embebidos deben mantenerse en su posición con separadores adecuados y atados para evitar desplazamientos durante el hormigonado. El apartado 43.4.2 del Cestr indica que los separadores deberán ser de plástico rígido, o de mortero u hormigón de características similares al que se va a colocar y ser al menos tan impermeables como el hormigón. Cualquiera que sea el sistema utilizado debe asegurarse que los dispositivos no permiten que las barras se muevan de su posición. Además, no deben manchar la cara vista por lo que hay que prestar especial atención a la disposición de alambres de atado.

Antes de proceder a su hormigonado, se debe ejecutar una limpieza y humectación de los encofrados.

Se deberán retirar todos los alambres de atar en la zona de recubrimiento para evitar manchas de óxido.

Secuencia del vertido:

La secuencia de vertido en general evitará el mayor número de vertidos entre paños anteriormente ejecutados.

Se debe de realizar un tiempo de espera para que se desarrolle toda la contracción inicial térmica del elemento entre 3 y 5 días (dependiendo del hormigón y las condiciones meteorológicas) entre juntas de construcción, es decir con armado pasante.

En especial en muros entre juntas se evitará realizar paños alternados, la forma de proceder es realizar una puesta esperar y proceder a ejecutar el contiguo, ya con el tiempo suficiente transcurrido se puede ejecutar el contiguo opuesto, y así sucesivamente. El número de paños de cierre máximos por vaso se limita a dos (2) excepto medidas adicionales y con aprobación expresa del Director de la Obra.

Entre juntas de dilatación pueden realizarse vertidos sin tiempos de espera ya que están independizados.

Realización del vertido:

El requisito básico en el vertido del hormigón es que se preserve su calidad y uniformidad evitando que segregue. Además, el vertido debe realizarse con cuidado para evitar movimientos de las armaduras, las vainas del pretensado o el atado de los encofrados.

- Para minimizar la segregación, es preferible que el hormigón se vierta en vertical con descarga centrada mejor que en ángulo o con descarga lateral cuando sea posible.
- El hormigón no debe encontrar restricciones hasta el punto de colocación en el encofrado. La corriente de hormigón no debe separarse cayendo libremente sobre barras, espaciadores, mallas u otros medios embebidos. Si los encofrados están suficientemente despejados se puede hacer una descarga directa, en caso contrario habrá que conducirlo hasta el fondo, tanto si la descarga se realiza desde cuba o mediante bombeo.
- El hormigón debe depositarse cerca o en su posición final en los encofrados. Se puede originar segregación si se obliga al hormigón a moverse lateralmente en el encofrado. Los vibradores nunca deben utilizarse para realizar esta operación, ni tampoco debe ser empujado con palas o rastrillos para moverlo grandes distancias (el PG-3 señala que no debe avanzar más de 1 m por este procedimiento).
- Secuencia de vertido:
 - En losas, es conveniente que el avance del frente de hormigonado abarque todo el espesor.
 - En vigas, se debe hormigonar avanzando desde el extremo, abarcando toda la altura y evitando que en el frente se produzcan segregaciones por escurrir la lechada.
 - En muros la caída libre máxima admisible será de 1 m. La velocidad de hormigonado no debe ser superior a 2 m/h para permitir el asentamiento plástico del hormigón. Asimismo, es aconsejable el revibrado de la capa superficial antes de finalizar el fraguado, para compensar el asentamiento plástico bajo la armadura horizontal. Cuidar el vibrado cerca de juntas de estanquidad. Debe prestarse especial cuidado para que las juntas entre tongadas se vibren bien. Las tongadas deben tener un espesor en función de la potencia del equipo de vibración pero siempre inferior a la longitud del vibrador, y en general inferior a 50 cm. Debe colocarse de forma continua para asegurar que cada tongada quedará perfectamente unida a la anterior, y evitar la formación de capas horizontales de lechada. La posición de descarga de la bomba ha de cambiar su posición cada 2m en cada tongada con el fin de evitar que el hormigón discurra horizontalmente.
 - En pilares además de las prescripciones del apartado anterior. Debe dejarse transcurrir al menos 2 horas antes de ejecutar el elemento horizontal apoyado en el pilar.
- Verter sobre hormigón ya colocado.
- No verter el hormigón de engrase de bombeo.

Control del vertido:

Previamente al hormigonado, debe hacerse una inspección detallada de la superficie del terreno, encofrados, la disposición de juntas de construcción, drenajes y cualquier otro elemento embebido.

Debe tenerse cuidado en asegurar que todas las armaduras son del diámetro y longitud exigidos, están colocadas en la posición correcta, disponen de separadores y están empalmadas de acuerdo a los planos.

No se efectuará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad de la Dirección Facultativa, una vez que se hayan revisado las armaduras ya colocadas en su posición definitiva.

El hormigonado de cada elemento se realizará de acuerdo con un plan previamente establecido en el que deberán tenerse en cuenta las deformaciones previsibles de encofrados y cimbras.

Compactación:

En muros de recinto se utilizará la combinación de vibrado interno y vibrado en encofrados.

El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta hasta la superficie y deje de salir aire.

Vibración interna:

- El hormigón debe colocarse en tongadas inferiores a 50 cm, no debiendo ser el espesor de la tongada superior a la altura del vibrador. Igualmente, en muros o pilares cada capa no debe exceder los 50 cm de espesor.
- Los vibradores internos deben ser introducidos verticalmente en el hormigón
- La distancia entre los puntos de introducción del vibrador debe ser del orden de 1.5 veces el radio de acción del mismo, al objeto de garantizar que no quedan zonas sin compactar (generalmente, entre 50 y 75 cm). Una regla de buena práctica establece que la separación entre puntos de inserción de un vibrador puede calcularse como una magnitud comprendida entre 8 y 10 veces el diámetro del mismo.
- Su extracción de la masa de hormigón debe hacerse de forma que se cierre el hueco ocupado por el vibrador.
- Los vibradores no deberían emplearse para empujar horizontalmente el hormigón pues se corre el riesgo de segregación.
- Los puntos altos que hayan quedado como consecuencia del vertido del hormigón pueden nivelarse introduciendo repetidamente el vibrador desde el punto más elevado hacia el exterior.
- En el caso de la primera tongada, el vibrador deberá quedar separado del fondo al menos unos 5 cm. En el resto de las tongadas, deberá introducirse el vibrador de forma que queden cosidas las diferentes capas, para lo que se introducirá en la tongada inferior unos 15 cm.
- En el caso de losas de poco espesor, puede colocarse el vibrador en una posición tan horizontal como sea necesaria, al objeto de que quede totalmente rodeado de hormigón.
- En el caso de elementos de espesor suficiente para hormigonar en varias tongadas, debe asegurarse que cada una de ellas se vierte mientras la anterior presenta todavía un estado plástico, de forma que se permite introducir el vibrador para coser las capas y evita la aparición de juntas frías.

Vibración junto a bandas de estanqueidad:

Se realizará un vibrado especialmente cuidadoso junto a las bandas de estanqueidad, no acercando el vibrador a menos de 10cm de la banda.

Terminación:

La terminación de la superficie de la cimentación en el arranque de muros será rugosa eliminando la lechada superficial.

La superficie se tratará mediante fratasadora mecánica (al menos dos pasadas de helicóptero). Para realizar un fratasado continuo de la solera implica que la solera y zapatas del depósito se hormigonen todo en una fase, o hacer la solera y las zapatas con pendiente en segunda fase, todo con las consecuencias de aumento de armado en solera y juntas de construcción horizontales en las pendientes de la cara superior de las zapatas. La otra opción es ir realizando un fratasado por cada puesta de obra. Por lo que al inicio de la obra se deberá de decidir al método constructivo a realizar que deberá aprobar el director de Obra.

Curado:

Se debe de instalar un sistema de curado automatizado y en ningún momento presentar superficies secas durante su proceso.

Curado inicial:

El curado inicial se aplicará inmediatamente después de que desaparezca el brillo del agua de exudación. Se realizará mediante nebulizado, reductores de la evaporación o modificando el ambiente mediante sombras, pantalla de viento o recintos.

Curado intermedio:

Se aplica cuando la superficie del hormigón se ha acabado, antes de haber alcanzado el fraguado final. El curado puede consistir en mantener los mismos métodos del curado inicial u otros métodos, por ejemplo compuestos de curado con aspersores o arpilleras húmedas, que no dañen la superficie ya que aún es vulnerable.

Curado final:

El método a emplear, con el fin de garantizar una mejor estanquidad, será mediante inundación o aspersión, controlado con programadores, de tal forma que se asegure una saturación incluso en fines de semana durante 7 días como mínimo.

En el artículo 52.5 del Cestr relativo al curado del hormigón, establece una formulación para el cálculo del tiempo mínimo de curado que se debe de respetar.

Se deben dejar las superficies encofradas, pero soltando algunos anclajes para separar las superficies, hasta el final del curado y hacer correr el agua en su interior. El hormigón ha de estar siempre humedecido durante el proceso de curado.

El método a emplear en la curación de la cámara del depósito será mediante inundación.

Control:

Adicionalmente a los controles preceptivos en el Cestr, en los depósitos, se debe de llevar un control estricto en los separadores, para asegurar que la ferralla no se descoloque por vertido o por pandeo de las barras verticales que soportan toda la parrilla, deben de estar con una separación como marca la norma y con suficiente resistencia. Para asegurar un correcto recubrimiento se llevará un control del recubrimiento mediante "pachómetros" o detectores de armado de todos los alzados interiores de los muros de las cámaras.

12.3.5. Artículo de bandas de estanqueidad

La banda de estanqueidad debe de sujetarse a la armadura durante el hormigonado mediante dispositivos diseñados para tal según su ficha de características técnicas. Debe de realizarse una comprobación de sujeción y uniones de la banda previamente al hormigonado.

Las bandas de estanqueidad deben de tener una elongación admisible igual o superior que la considerada en el anejo de cálculo, incluso frente al sismo. Además debe de ser adecuada para las presiones de máxima altura de agua hasta salida natural de agua.

Las juntas de estanqueidad para juntas de retracción y de trabajo serán convencionales de doble ala, mientras que para las de dilatación serán con fuelle central. El material a emplear para juntas 63áter-stop será PVC plastificado virgen. La sustitución por otro tipo debe de contar con la aprobación de la Dirección de Obra. La unión entre bandas en cruces y "T" deberá hacerse por personal cualificado y por un sistema aprobado por el fabricante.

La separación entre las armaduras y las bandas de estanquidad serán superiores a 5cm.

Se evitarán todas las soldaduras posibles que permitan la longitud de los rollos de las juntas 63áter-stop.

12.3.6. Artículo de impermeabilización de cubierta

El sistema de impermeabilización de cubierta deberá estar en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT) o certificado análogo.

12.3.7. Artículo de control de movimientos y fisuración

Previo a la impermeabilización y llenado, se realizará un levantamiento de fisuras, que se materializará en un informe en el que se representarán todas las fisuras en plano indicando localización, fecha de hormigonado, fecha de detección, apertura de fisura y orientación, se realizará un reportaje fotográfico y un análisis de la afección estructural y de estanqueidad.

Tras la realización de la prueba de estanquidad se realizará otro levantamiento de todas las fisuras del depósito para que quede constancia de las que corresponden a la fase de construcción y llenado del depósito.

Se realizará un informe con la metodología utilizada, resultados y aceptación de la estructura o soluciones propuestas.

12.3.8. Artículo de pruebas de estanqueidad para depósitos

Se deberá verificar la estanqueidad de las paredes, solera y cubierta del depósito como ensayo de recepción. Para evitar el desperdicio de agua en las cámaras y demás instalaciones deberán reunir las condiciones de limpieza y desinfección que aseguren la calidad del agua almacenada durante la prueba, de manera que pueda ser utilizada una vez terminada la misma.

Para los ensayos de estanqueidad, y ante la no existencia de normativa española, se seguirán las especificaciones indicadas en la norma inglesa BS 8.007, de común aceptación para este tipo de ensayos, y recogidas en la Guía Técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable (CEDEX 2009), que se exponen seguidamente.

Antes de la finalización de la construcción del depósito se deberá:

- Asegurar que los dispositivos adecuados de evacuación de agua están disponibles y que funcionen correctamente
- Limpiar las superficies interiores
- Aislar y asegurar todas las conducciones de entrada y salida
- Llenar lentamente el compartimiento de agua hasta el nivel total de llenado
- Permitir un período de absorción adecuado, para conseguir la saturación de las superficies mojadas y en caso de ser necesario, llenar con agua al final de dicho período.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

- Medir y registrar el nivel de agua al inicio del ensayo mediante un punto de referencia fijo
- Observar y medir el caudal en el drenaje subterráneo
- Medir el nivel de agua a intervalos durante la ejecución del ensayo (mínimo cada 24 h)
- Hacer un seguimiento del estado de las superficies exteriores, incluyendo las paredes divisorias, para detectar pérdidas
- Al final del ensayo medir el nivel final de agua
- Calcular las pérdidas de agua
- Realizar un informe del ensayo

La velocidad de llenado no será superior a los 2 metros de lámina de agua cada 24 horas. Una vez llenado por primera vez se deberá restituir el líquido que por la absorción inicial de los paramentos se consume. Para poder distinguir las pérdidas debidas a la absorción inicial del hormigón y de las fisuras autosellantes del resto de las filtraciones existentes se deberá mantener lleno el depósito al menos durante 7 días, antes de comenzar a controlar el nivel. Durante ésta fase de estabilización se deberán registrar los caudales filtrados recogidos por la red de drenaje existente bajo la solera. Asimismo se verificará si las fisuras registradas durante la fase de llenado y la fase de estabilización se han sellado o si siguen provocando filtraciones.

Una vez terminada la fase de estabilización y absorción inicial se deberá mantener el depósito lleno sin aportación adicional de agua durante al menos 7 días, durante los cuales se registrará el nivel del depósito (a intervalos máximos de 24 horas) y las filtraciones recogidas por la red de drenaje.

El descenso de lámina de agua que se recoja durante esta segunda fase del ensayo no deberá ser mayor de:

- 1/500 de la capacidad total de la cámara estudiada
- 10 mm de descenso absoluto de la lámina de agua

Durante los 7 días en los que se esté realizando esta segunda fase del ensayo se deberán inspeccionar cuidadosamente todas las juntas, las eventuales fisuras y la red de drenaje para detectar cualquier fuga de agua.

Para poder ajustar lo máximo posible la cifra real de pérdidas por filtración se podrán restar las pérdidas de agua por evaporación. Dichas pérdidas se podrán calcular mediante fórmulas empíricas contrastadas o mediante la instalación de evaporímetros flotantes dentro del depósito.

En caso de detectar problemas de estanquidad durante la ejecución de la prueba, se deberá estudiar pormenorizadamente su origen, pudiendo ser alguno de los siguientes:

- Fisuración del hormigón en ausencia de juntas
- Rotura de juntas o fallos en la ejecución del sellado o durante su unión
- Problemas durante el hormigonado (discontinuidades, coqueas, disgregación de materiales, etc.)
- Fallo de la lámina de impermeabilización (cuando exista).
- Problemas puntuales en el sellado de los huecos de sujeción del encofrado
- Corrosión de armaduras
- Porosidad del hormigón
- Separación del revestimiento

En caso de no resultar favorable la prueba se deberán solucionar los problemas de estanquidad del depósito, debiéndose realizar una nueva prueba de estanquidad tras la ejecución de los trabajos de impermeabilización. En esta segunda prueba también se deberá realizar una primera fase de estabilización.

Todas las reparaciones de fisuras, juntas y demás elementos deberán realizarse desde la cara en contacto con el agua, el material en contacto con el agua de consumo humano empleado debe cumplir con lo estipulado en el RD3/2023.

Se realizará también, en el caso de no cumplir el ensayo, una estimación de las pérdidas de agua a través de las fisuras, ya que unas pérdidas generalizadas mayores, una vez descartadas las fugas por juntas o unión entre solera y muro, pueden indicar la existencia de familias de fisuras de mayor entidad que las previstas, lo que implicaría un fallo en la calidad de la construcción. Esta estimación se puede realizar mediante la fórmula específica presente en el Eurocódigo 2.

Asimismo se podrán aprovechar las pruebas de estanquidad para verificar también el correcto funcionamiento estructural del depósito, siempre que la Dirección de Obra lo estime oportuno. Para la detección de posibles defectos en soleras y paredes del depósito se podrán emplear la técnica de medida del impulso ultrasónico, la técnica del impacto-eco y la técnica del Georradar o GPR.

También se deberá realizar una prueba de estanquidad de la cubierta del depósito. La cubierta del depósito deberá ser impermeable para evitar la contaminación del agua del interior del depósito por la lluvia y los arrastres de suciedad y polvo acumulada en la misma.

Previamente a la realización del ensayo se deberá:

- Asegurar que el depósito está vacío de agua.
- En el caso de disponer de una cubierta plana se realizarán las provisiones temporales necesarias para sellar cualquier pérdida existente en la cubierta.
- Se realizarán los ajustes necesarios que permitan obtener la profundidad de agua requerida durante la prueba.

El procedimiento de ensayo será el siguiente:

- Mojar o inundar la cubierta
- Se mojará con agua por aspersión o inundación sobre el área completa
- Observar la parte inferior de la cubierta para detectar pérdidas
- Realizar un informe del ensayo

En las cubiertas en las que sea posible por su geometría la prueba se realizará inundando la misma con una lámina de agua de al menos 25 mm durante al menos 24 horas, con el fin de detectar filtraciones. En el caso de que la geometría de la cubierta impida su inundación la prueba se realizará regando por aspersión la cubierta durante al menos 6 horas.

En el caso de que aparezcan filtraciones, goteras o manchas de humedad en la cara inferior de la cubierta o en el contacto de ésta con los muros perimetrales, tanto durante el ensayo como inmediatamente después (esperar 12 horas tras el ensayo), se deberá proponer una solución de impermeabilización de la cubierta y una vez realizada esta reparación se deberá repetir el pertinente ensayo de estanquidad en las zonas afectadas detectadas en el ensayo anterior.

12.3.9. Artículo de limpieza y desinfección

El contratista asumirá su responsabilidad en cuanto a entregar el nuevo depósito construido limpio y desinfectado cuando así se exija en el proyecto.

Todos los trabajos a realizar se harán con la Supervisión del personal de la MCT y dando cumplimiento al R.D. 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

Antes de acometer los trabajos de limpieza y desinfección se deberá de poner en conocimiento de la Dirección de Obra y del servicio de explotación de la MCT, los cuales pondrán a disposición del contratista la documentación propia existente con los procedimientos de limpieza y desinfección de depósitos (SGIA-Procedimientos PR-GEN-01). Estos protocolos son de obligado cumplimiento y en última instancia prevalecerán respecto a lo dictado en el presente Pliego.

El personal que realice las operaciones deberá tener formación sobre los productos utilizados e instrucciones de seguridad e higiene relacionadas, y dispondrá de la cualificación prevista en el artículo 48 del RD 3/2023 referente a la formación del personal de las tareas de abastecimiento.

Materiales:

El desinfectante a emplear será bien hipoclorito sódico en concentración de 150 g/l a añadir en ml, bien hipoclorito cálcico (65%) a añadir en gramos.

Ejecución:

Los depósitos se deben de limpiar y desinfectar con biocidas autorizados. El procedimiento operativo para poner en servicio nuevos depósitos constará de las siguientes fases: limpieza y desinfección, aclarado con agua, llenado y puesta en servicio.

a) Preparativos, revisiones e inspecciones previas a la limpieza

Los depósitos dispondrán de un acceso fácil y seguro tanto al interior del depósito como a la cubierta, que debe cumplir con la legislación de riesgos laborales.

Se revisará visualmente todo el recinto exterior del depósito, prestando especialmente atención a:

- Respiraderos, ventanas y elementos de cierre.
- Vallas y cerramientos exteriores.
- Entorno y aspecto general.
- Estado del acceso.

De igual modo, se revisará visualmente el estado de la obra civil, escaleras y cubierta, prestando especial atención a las manchas de óxido en las vigas y otros elementos estructurales.

También se revisará todo el recinto interior de la cámara de llaves, fijándose en si cualquiera de los elementos que la componen presentara alguna posible anomalía. Se procederá a comprobar el correcto funcionamiento de los componentes hidráulicos e instrumentación.

Revisión previa del estado de las válvulas de seccionamiento, de los desagües, así como todo tipo de rejillas, respiraderos, aberturas etc.

b) Requisitos generales

En todos los casos, se tendrán en cuenta las siguientes precauciones:

1. El personal deberá estar formado en los aspectos higiénico-sanitarios y de seguridad y salud laboral, cumpliendo con las normas relativas a los manipuladores de alimentos, así como en las medidas de seguridad y salud laboral que sean de aplicación en cada instalación.
2. Disponer de los utensilios adecuados y equipos de protección personales (cepillos, rastrillos, botas lavadas, reactivos desinfectantes, equipos de agua a presión, máscaras con protección facial, etc.).
3. Desinfectar correctamente los utensilios, por ejemplo, sumergiéndolos en un recipiente con agua con más de 20 mg/l de cloro libre durante 30 minutos, antes de su uso y durante el mismo si fuera preciso.
4. Para la limpieza y desinfección de depósitos se utilizarán camiones cisterna en los que los equipos que entren en contacto con el depósito (mangas, equipos de presión, etc.) sean de uso exclusivo para la limpieza de depósitos de agua potable y estén limpios y desinfectados.

5. La cisterna que contiene el agua de aclarado del depósito también tiene que ser de uso exclusivo para agua potable o debe de haberse desinfectado antes de utilizarla (debe tener el correspondiente certificado limpieza y desinfección).
6. El agua de aclarado tiene que ser apta para el consumo.
7. Los productos utilizados en el lavado, la desincrustación y la desinfección del depósito deberán cumplir con la legislación vigente, ya sea de agua de consumo o alimentaria (ver apartado k)).
8. Prever la iluminación y ventilación de acuerdo a las normas de seguridad vigentes para locales confinados y húmedos.
9. Valorar las posibles repercusiones de la actuación en el suministro y avisar a la Autoridad Municipal y a la población cuando por causa de la limpieza se puedan producir cortes.
10. Cuando se utilicen desincrustantes ácidos, prever su neutralización antes del vaciado; así mismo, disponer de neutralizante suficiente (tiosulfato sódico, bisulfito sódico, sulfito sódico o agua oxigenada) para eliminar el cloro residual después de la desinfección del depósito con hipoclorito.
11. Cuando se planteen dudas sobre la aplicación del neutralizante, consultar al proveedor habitual del producto o a un especialista.
12. Verificar la conducción y destinos del agua de vaciado para evitar daños materiales (afección a terrenos colindantes, edificios, red de alcantarillado...).

c) Vaciado del depósito

Antes de realizar la limpieza y desinfección del nuevo depósito se deberá realizar la prueba de estanqueidad del mismo, por lo que será necesario llenar el depósito. Una vez terminada la prueba y corroborada la estanqueidad se deberá vaciar el depósito para proceder a la limpieza, desinfección y puesta en servicio. El procedimiento a seguir para el vaciado del depósito será el siguiente:

- 1) Verificar el destino del agua de vaciado para evitar daños materiales y medioambientales (afectación a terrenos colindantes, edificios, red de alcantarillado...).
- 2) Evitar que entren sedimentos (arrastres de lodos que hayan sedimentado en el fondo) o aire en la conducción de salida a la red.
- 3) Previo al vaciado se procederá a abrir la rejilla de la salida del desagüe, con el fin de eliminar restos de calcificaciones y purgar el tramo desde el desagüe del vaso a la salida al exterior.

Iniciar el vaciado teniendo en cuenta el caudal de desagüe, de modo que la operación de limpieza tenga las menores repercusiones posibles sobre la zona de descarga del agua. Es importante cerrar la válvula de salida a la red durante la limpieza ya que el olvido de esta operación puede permitir la salida de agua contaminada o de sedimentos a la tubería de salida ya desinfectada.

d) Limpieza del vaso

El procedimiento a seguir para la limpieza del vaso del depósito será el siguiente:

- 1) La limpieza deberá tener una función de desincrustación y desinfección, seguida de un aclarado con agua.
- 2) En general, el método de limpieza consistirá en, una vez vaciado el depósito, proceder a la eliminación de todos los restos de sedimentos e incrustaciones de las paredes y la solera por

rastrillado y barrido. A continuación, se realizará una limpieza con agua a presión hasta la observación de aguas limpias.

3) Cuando se utilicen productos de limpieza a partir de ácidos orgánicos y minerales para eliminar las incrustaciones, algas y sedimentos de toda naturaleza, deberán neutralizarse previamente al vaciado.

4) Se deberá empezar por la parte superior de la instalación e ir acercándose al desagüe.

5) Se debe realizar una inspección detallada sobre todas las estructuras, ventilaciones y dispositivos de acondicionamiento. Antes de proceder a la desinfección, se realizarán las obras de reparación y mantenimiento necesarias; en especial, se revisarán las rejillas y aberturas que existan en el depósito y se realizará una inspección detallada por un técnico sobre todas las estructuras, ventilaciones y dispositivos de acondicionamiento. Se cumplimentará el registro RE-PR-GEN-01-01 "Registro de inspección previa limpieza depósito".

e) Desinfección del depósito

De manera orientativa, se presentan 3 modalidades de desinfección, siempre utilizando en las disoluciones agua de consumo humano y verificando que el pH se encuentra comprendido entre 7-8 unidades de pH:

Opción 1

- Pulverizar la superficie del depósito en contacto con el agua con una disolución hiperclorada (concentración aproximada de 20-30 mg/l de cloro residual libre). Dejar un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.
- Como alternativa, se puede utilizar una solución clorada al 4-5 mg/l en el depósito durante un tiempo de contacto de 12 horas.
- Podrán utilizarse de igual modo cualquier otra sustancia bactericida autorizada para este fin.

Opción 2

- Llenar el depósito con agua potable hiperclorada (concentración aproximada de 10 mg/l de cloro residual libre).
- Dejar un tiempo de contacto mínimo de 6 horas.

Opción 3

- Vaciar el depósito parcialmente hasta que quede aproximadamente el 5 % del volumen máximo. Añadir desinfectante hasta formar una disolución de 25 mg/L de cloro residual libre y mantenerla en el depósito un período no inferior a 6 horas.
- Añadir agua hasta alcanzar el volumen máximo dejando actuar durante 24 h.

Las opciones 2 y 3 se utilizarán únicamente en caso de depósitos de volúmenes pequeños y se priorizará la opción 1 para garantizar el ahorro de agua de consumo.

En el Apartado k) se detalla un "Procedimiento orientativo de cálculo para adicionar hipoclorito sódico y cálcico en desinfecciones de depósitos" de modo que, conocido el volumen de agua a desinfectar, se

calcula el volumen de hipoclorito necesario para llegar a la concentración deseada y finalmente añadir el hipoclorito de forma que se homogenice de la mejor manera posible con la masa de agua. Se incluyen las tablas donde se detallan las cantidades de desinfectante a utilizar.

f) Aclarado

Tras la desinfección, se procederá al aclarado del interior del depósito con agua de consumo humano, eliminando completamente los restos de los productos aplicados en las operaciones anteriores.

Se abre el desagüe de fondo, comprobando que el agua de vertido a cauce público o a red de recogida de aguas no contiene más de 1 p.p.m. de cloro libre; hasta el total vaciado del agua empleada en la operación anterior. En el caso de comprobar que el agua de vertido tuviese una concentración de cloro libre superior a 1 p.p.m. se neutralizara con agua potable y en caso necesario se utilizarían los productos químicos apropiados. Se verificará que el pH se encuentre entre 7 y 8 unidades de pH.

Se instalará de nuevo la rejilla de la salida del desagüe de fondo al exterior.

h) Llenado y puesta en servicio tras la limpieza y desinfección

Tras el vaciado del agua de aclarado del depósito, se procederá a su llenado con agua de consumo humano clorada manteniendo la válvula de salida a la red cerrada.

Cuando el nivel del agua en el depósito haya alcanzado la altura suficiente, se procederá a la reposición del suministro abriendo la válvula lentamente.

Previa puesta en marcha se tomará una muestra para el análisis de:

- Clostridium perfringens, incluidas esporas, (Anexo II RD 3/2023),
- Cloro residual libre, pH y turbidez

Se podrá poner en servicio el depósito a la espera del resultado de Clostridium perfringens siempre que las determinaciones "in situ" realizadas cumplan con los valores paramétricos.

Transcurridos 15 días desde la limpieza se tomará una muestra de Legionella spp.

Se deberá asegurar la correcta cloración del agua en la puesta en servicio del depósito, ya sea mediante mediciones in situ o mediante analizadores en continuo. Los resultados de estos controles deberán quedar debidamente registrados en registros del sistema de calidad o, en el caso de los analizadores en continuo, en los sistemas de información correspondientes. Si los valores de cloro residual no se mantienen próximos a los habituales, se deberá investigar y corregir el problema, interrumpiendo el suministro si es necesario.

g) Medio ambiente

Todos los vertidos procedentes de cualquier limpieza y desinfección deberán cumplir la legislación medioambiental vigente, especialmente en lo que se refiere a los límites máximos permitidos para vertidos a cauce público o alcantarillado conectado a sistema de saneamiento público, en función de la ubicación de cada instalación.

h) Registros

Deberá dejarse registro de la limpieza/desinfección, así como de la inspección realizada, registrando los siguientes datos:

- Empresa y personal que ejecuta la limpieza.
- Fecha de realización de las tareas.
- Descripción de la limpieza (o procedimiento utilizado)
- Duración de la misma.
- Estado del depósito antes de la limpieza: suciedad, presencia de elementos extraños, situación de la infraestructura y valvulería, etc.
- Resultados obtenidos en los análisis de cloro y pH.
- Productos utilizados y lotes.
- Dosis y tiempo de actuación.
- Reparaciones, etc.
- Visto bueno del responsable técnico

Los datos quedarán documentados en los correspondientes registros, RE-SGIA-01-02 "Certificado de limpieza y desinfección de depósitos".

Se deberá poner en conocimiento de la autoridad sanitaria, y a los gestores aguas abajo, que se va a efectuar una limpieza del depósito. Se cargará el certificado de limpieza y desinfección junto con la ficha de seguridad del producto utilizado en la desinfección en SINAC.

i) Procedimiento orientativo de cálculo para adicionar hipoclorito sódico y cálcico en desinfecciones de depósitos

En primer lugar, debe procederse a calcular el volumen de agua a desinfectar, después calcular el volumen de hipoclorito necesario para llegar a la concentración deseada y finalmente añadir el hipoclorito de forma que se homogenice de la mejor manera posible con la masa de agua.

I. Cálculo del volumen de agua.

Aplicar las siguientes fórmulas atendiendo a la geometría

l) Si la base es rectangular: $V = A \times L \times H$.

Siendo V = volumen en m^3 , A = ancho en m , L = largo en m y H = altura en m

b) Si la base es cilíndrica: $V = \pi \times R^2 \times H$

Siendo V = volumen en m^3 , R = radio (o diámetro/2) en m , $\pi = 3,1416$ y H = altura en m

2. Calcular los ml. De hipoclorito de sodio necesarios para conseguir la concentración C mg/l de cloro libre deseada: $v = [(V \times C) / S] \times 1.000$

Siendo

v = volumen de hipoclorito que hay que añadir, en ml



V = volumen a desinfectar en m³

C = concentración final de cloro libre deseada en mg/l (equivalente al ppm)

S = concentración del hipoclorito sódico en g/l.

Habitualmente para agua de consumo se adquiere hipoclorito sódico de una concentración de 150 g/l de cloro o formas diluidas de este de 80 o 40 g/l de cloro.

3. Calcular los g de hipoclorito de calcio necesarios para conseguir la concentración C mg/l de cloro libre deseada: $m = [(V \times C) / S]$

Siendo

m = masa de hipoclorito de calcio que hay que añadir, en g

V = volumen a desinfectar en m³

C = concentración final de cloro libre deseada en mg/l (equivalente al ppm)

S = concentración del hipoclorito cálcico en %.

A continuación, se adjunta una Tabla donde se detallan las cantidades de desinfectante a utilizar.

DOSIS DE HIPOCLORITO PARA ALCANZAR 25 PPM DE CLORO ACTIVO EN EL AGUA PARA <u>PULVERIZAR LAS PAREDES DEL DEPÓSITO</u>		
VOLUMEN DISOLUCIÓN A PREPARAR (L)	HIPOCLORITO SÓDICO AL 12% (P/P) Y 150 G/L (APROX.) MILILITROS	HIPOCLORITO CÁLCICO AL 65% (SÓLIDO) GRAMOS
10	1,7	0,4
20	3,4	0,8
30	5,1	1,2
40	6,7	1,5
50	8,4	1,9
100	16,8	3,8
200	33,5	7,7
300	50,2	11,5
400	66,9	15,4
500	83,6	19,2
1000	166,9	38,5

DOSIS DE HIPOCLORITO PARA ALCANZAR 25 PPM DE CLORO ACTIVO EN EL 5% DEL AGUA DE UN DEPÓSITO

VOLUMEN DE AGUA A HIPERCLORAR (M3)	VOLUMEN DE AGUA A HIPERCLORAR (L)	HIPOCLORITO SÓDICO AL 12% (P/P) Y 150 G/L (APROX.) LITROS	HIPOCLORITO CÁLCICO AL 65% (SÓLIDO) GRAMOS
2	2000	0,3	76,9
5	5000	0,8	192,3
10	10000	1,7	384,6
20	20000	3,4	769,2
30	30000	5,1	1153,8
40	40000	6,7	1538,5
50	50000	8,4	1923,1,
100	100000	16,8	3846,2
150	150000	25,2	5769,2
200	200000	33,6	7692,3
400	400000	66,9	15384,6

Recomendaciones para el uso de sustancias para la limpieza de las superficies de los depósitos en contacto con el agua de consumo:

- Se priorizará la desincrustación mecánica frente al uso de sustancias desincrustantes.
- Entre los biocidas, se utilizarán prioritariamente aquellos evaluados como tipo de producto TP5...

Desde el 1 de septiembre de 2015, un producto biocida no se puede utilizar o comercializar en el mercado de la UE, a no ser que, tanto la sustancia como el proveedor de la misma, estén incluidos (autorizados) en la lista del artículo 95 para el TP al cual pertenece la sustancia activa.

<https://echa.europa.eu/es/information-on-chemicals/active-substance-suppliers>

La lista europea de sustancias activas biocidas de la ECHA contiene las sustancias aprobadas de conformidad con la Directiva 98/8/CE (Directiva sobre biocidas) y el Reglamento (UE) nº 528/2012 (Reglamento sobre biocidas), que la ECHA va actualizando constantemente, en función de las nuevas sustancias activas biocidas aprobadas:

<https://echa.europa.eu/es/information-on-chemicals/biocidal-active-substances>

En el caso de la utilización de biocidas TP4 que no estén incluidos en la lista, deberá garantizarse mediante ensayos de laboratorio su capacidad de desinfección.

Del resto de limpiadores, que están sometidos al Reglamento REACH, los abastecedores o usuarios finales deberán solicitar al fabricante o importador el número de registro de dicha sustancia y comprobar que el uso "limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo" esté contemplado en la sección 1 de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) del producto químico.

- Tras la limpieza o desinfección, siempre deberá existir un aclarado profundo y abundante con agua que cumpla el Real Decreto 3/2023 y sea apta para el consumo.
- Se debe verificar que se ha realizado un aclarado correcto que permita eliminar las sustancias de limpieza y que estas no se han transmitido al agua de consumo. Por ejemplo, para limpiadores a base de ácidos fosfóricos, se pueden determinar los fosfatos en el agua de llenado de depósito tras el aclarado.

12.3.10. Artículo de materiales en contacto con agua de consumo humano

Todos los materiales susceptibles de estar en contacto con agua para consumo humano deberán cumplir con el RD 3/2023 y en concreto en su artículo 44 (incluyendo la disposición adicional undécima de adaptaciones y disposición transitoria única).

Para lo cual, el proyecto y la obra ejecutada, se deberán someter a informes sanitarios vinculantes de inicio y puesta en servicio especificados en el RD 3/2023 y en el PVSRM (Programa de Vigilancia Sanitaria Región de Murcia), en su apartado INFRAESTRUCTURAS DESTINADAS A POTABILIZAR, ALMACENAR O CONDUCIR AGUA DE CONSUMO 1. PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS.

Para dar cumplimiento sanitario a la instalación, y de manera transitoria hasta que se aplique un criterio estatal, la MCT establece un procedimiento interno para la aceptación de este tipo de productos en contacto con el agua destinada a consumo humano, debiendo emitir el fabricante una declaración responsable para sus productos. El procedimiento interno para la aceptación de materiales está establecido en el documento "*REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA*", incluido en la presente guía como Anexo VI.

Requisitos internos de calidad sanitaria

Para la validación del material se procederá de acuerdo con el documento antes mencionado y, se seguirá una de las siguientes vías de actuación:

A) Productos que posean certificados expedidos por países que dispongan de NAS (Francia, Gran Bretaña, Holanda y Alemania).

- El fabricante aportará un certificado propio, firmado por un apoderado y con el sello de la empresa, donde se expresará de manera general, explícita y literal "que todos los materiales de los componentes de dicho producto/elemento son aptos para estar en contacto con el agua de consumo humano", justificándose dicha aptitud mediante la presentación de los correspondientes certificados: Certificado propio + Certificado aptitud (NAS)
- En el mismo documento se incluirá:
 - o Una relación de los materiales del producto susceptibles de estar en contacto con el agua de consumo humano, indicando para cada uno de ellos la referencia al certificado o certificados de aprobación emitidos por laboratorios oficiales, de manera que se correspondan unívocamente y sea fácil su identificación.

- o En caso de disponer de certificado de aprobación sanitaria para el producto en su conjunto, dichos materiales se identificarán también, referenciándose al certificado del producto.

B) Productos sin certificados expedidos por países con NAS PROPIO.

En el caso de que el proveedor no disponga de un certificado NAS:

- El fabricante aportará un certificado propio, firmado por un apoderado y con el sello de la empresa, donde se expresará de manera general, explícita y literal que “todos los materiales de los componentes de dicho producto/elemento son aptos para estar en contacto con el agua de consumo humano”, justificándose dicha aptitud mediante la presentación de los correspondientes certificados: Certificado propio + ensayo de migración
- Se incluirá un ensayo de migración con los requisitos:
 - o Todos los ensayos deberán ser realizados por laboratorios acreditados según Norma 17025 para dichos ensayos, debiendo realizarse los análisis según las normas EN en vigor.
 - o Los ensayos de migración deberán realizarse en condiciones representativas de la utilización real del material.
 - o El proveedor enviará la información del producto, así como el resultado de los ensayos realizados.
 - o La documentación enviada será validada por Calidad de Aguas de la MCT.

12.3.11. Artículo de grifos tomamuestras.

Los grifos tomamuestras deberán cumplir los siguientes requisitos:

- o Adecuado para la industria química, farmacéutica, industria, petroquímica, instalaciones hidráulicas y de aire comprimido
- o Fabricado en acero inox. CF8M. Norma AISI 316
- o Presión máxima de ejercicio: PN 16
- o Temperatura de servicio: -20°C a 150°C
- o Color: Acero cepillado
- o Tipo de mango: válvula de corte
- o Tipo de instalación: macho rosca 1/2". Un solo orificio
- Piezas especiales basculante grifo
- o Pieza especial en T hidráulica 1/2" conexión giratoria. Para bascular grifo hasta 15°. Para grifo de exterior. T1 rosca hembra media pulgada. T2 central rosca hembra 1/2". T3 ciega o taponada
- o Hembra roscada para grifos macho de 1/2" pulgada.
- o Material: Acero inoxidable o Cobre.
- Armarios estancos de intemperie.
- o Armario estanco de superficie con puerta ciega
- o Resistente al impacto IK10
- o Gris RAL 7035

- Fabricado en PP blanco o ABS
- Medidas: 700X500X245mm. Hueco puerta mínimo 580x380 mm
- Protección IP65
- GWT 650°C
- Llave de bloqueo
- Junta de estanquidad PUR para sellado de alta calidad
- Incluye desagüe de fondo incorporado y fontanería
- Con chapa inoxidable para protección de flameado
- Carteles PVC O metacrilato grabadas con inscripción.
- De 75 x 50 mm con inscripción grabada: "MCT Punto de Toma de Muestra", "Número SINAC: xxxx" "DP xxx". Siendo los valores de xxx diferentes para cada chapa. Los valores xxx se facilitarán a la empresa adjudicataria con el fin de que proceda al troquelado de las placas.

En los casos de instalación en interior de casetas se omitirán las características antivandalismo, y piezas basculantes y de armario.



ANEJO N° 1: FOTOS



CASETA EN CUBIERTA PARA ACCESO AL INTERIOR DE LAS CÁMARAS



ACCESO MEDIANTE TRAMPILLA CORREDERA PARA ACCESO AL INTERIOR DE LA CÁMARA



ESCALERA DE ACCESO A LA CUBIERTA CON BARANDILLA CON RODAPIÉS



CASETA DE SALIDA



TUBERÍA DEL ALIVIADERO (UNIFICADA A LA CASETA DE SALIDA)



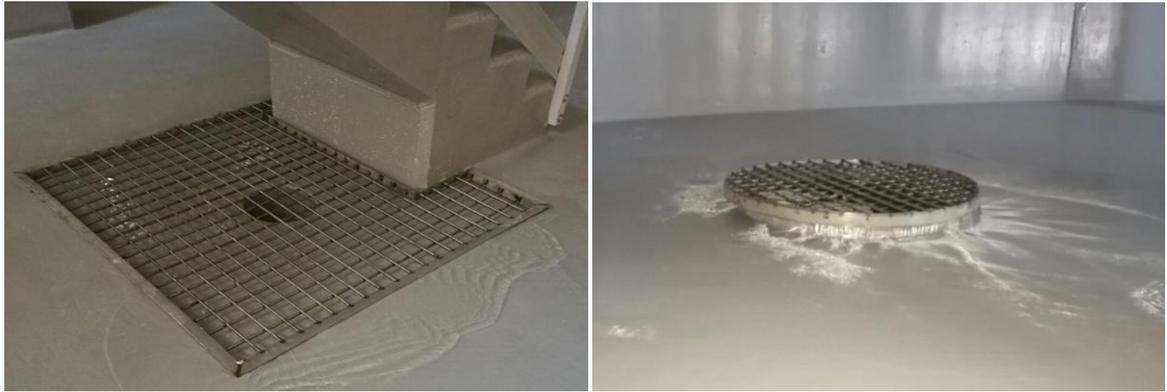
TOMA DE MUESTRAS EN TUBERÍA DE SALIDA (CON TUBO DE ADUCCIÓN)



DESAGÜES DE FONDO CON VALVULAS INDIVIDUALES POR CÁMARA Y OTRA COMÚN



SALIDAS Y DESAGÜES DE FONDO



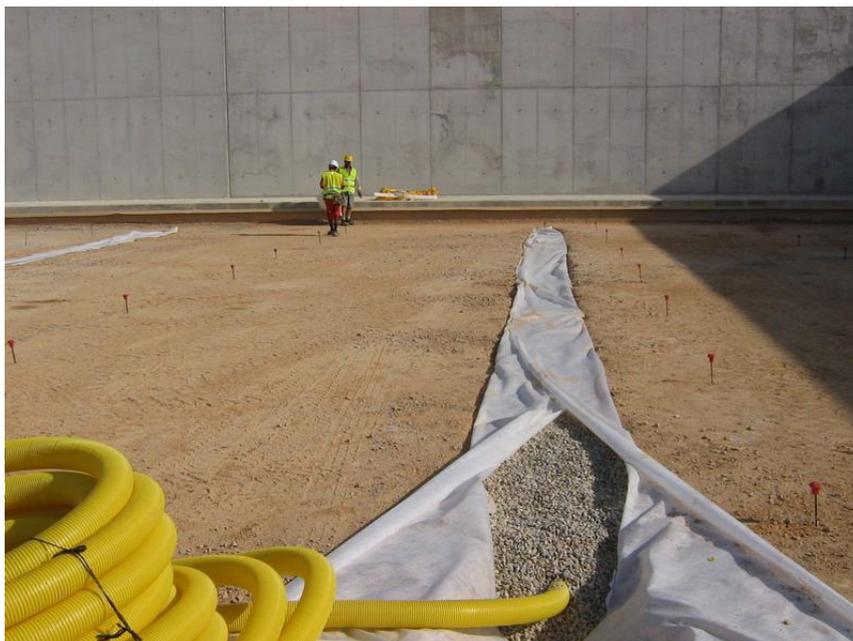
DETALLE DE REJILLA DE DESAGÜE DE FONDO Y EN SALIDA



TUBERÍA DE ENTRADA DE AGUA EN CASETA



TUBERÍA DE ENTRADA DE AGUA Y DETALLE DE ENTREGA INTERIOR



DRENAJE BAJO JUNTAS EN ZANJA CON GRAVA Y GEOTEXTIL



VALLA CON TUBO PERIMETRAL EN PREVISIÓN DE NECESIDAD DE CABLEADO



PUERTA CORREDERA



DISTRIBUCIÓN Y DETALLE DE CASETONES DE VENTILACIÓN ILUMINACIÓN Y REGISTRO (RESPIRADERO)



DETALLE DE CUBIERTA CON COPETES (RESPIRADERO)



VENTANA CON MOSQUIETRA



DETALLE DE PUERTAS CORREDERAS TELESCÓPICAS DESMONTABLES PARA ACCESO DE MAQUINARIA



ESCALERA Y ALIVIADERO Y DETALLE DE BARANDILLA DE PRFV CON RODAPIÉS



PRETIL IN SITU EN DEPÓSITO CIRCULAR CON CAJEO DE APOYO DE VIGAS Y VENTANAS



IMPERMEABILIZACIÓN INTERIOR DE MEDIAS CAÑAS, JUNTAS Y ESPADINES

ANEJO Nº 2: CUADRO PARA SELECCIÓN DE ANCHO DE ESPESOR DE MURO Y ARMADO EN MUROS MÉNSULA

En el caso de muro en ménsula, para distintos espesores y armados "razonables" se puede relacionar con la altura de agua máxima. De esta manera se optimizará el armado del arranque del muro.

En el cuadro siguiente se muestra a modo de ejemplo la justificación de altura, espesor y armado en el caso de muro en ménsula.

El cuadro sirve tanto como para fijar la altura de agua para un espesor y armado económico, y posteriormente fijar las dimensiones en planta para la capacidad necesaria del depósito. O también para comprobar la adecuada relación entre altura de agua, espesor de muro y armado en un proyecto de depósito.

CUADRO PARA SELECCIÓN DE ANCHO DE ESPESOR DE MURO Y ARMADO EN MUROS MÉNSULA POR FISURACIÓN				
Espesor e [cm]	Armado vertical interior As [Ø/cm]	Abertura de fisura W _{máx}	Momento servicio Ms [kN]	Altura de agua h [m]
30	Ø12/20	No fisura	57,76	3,26
30	Ø12/20+Ø16/20	0,17	62,01	3,34
30	Ø12/20+Ø20/20	0,16	78,73	3,61
35	Ø16/25	No fisura	76,24	3,58
35	Ø16/25+Ø20/25	0,17	90,70	3,79
35	Ø16/25+Ø25/25	0,17	114,95	4,10
40	Ø16/25	No fisura	95,56	3,86
40	Ø16/25+Ø20/25	0,18	106,62	4,00
40	Ø16/25+Ø25/25	0,17	135,47	4,33
45	Ø16/25	No fisura	115,80	4,11
45	Ø16/25+Ø20/25	0,18	116,02	4,11
45	Ø16/25+Ø25/25	0,17	154,39	4,52
50	Ø16/25	No fisura	136,60	4,34
50	Ø16/25+Ø25/25	0,18	176,31	4,73
55	Ø16/20	No fisura	158,13	4,56
55	Ø16/20+Ø20/20	0,18	184,83	4,80
55	Ø16/20+Ø25/20	0,18	244,80	5,28
60	Ø16/20	No fisura	179,00	4,75
60	Ø16/20+Ø20/20	0,18	202,00	4,95
60	Ø16/20+Ø25/20	0,18	267,64	5,44
65	Ø16/20	No fisura	209,81	5,01
65	Ø16/20+Ø20/20	0,18	234,61	5,20
65	Ø16/20+Ø25/20	0,18	293,77	5,61

Nota: se ha supuesto HA-30, B-500-S, r = 50 mm, separaciones 0,20-0,25 m, Ø máximo 25 mm, hasta espesor de 65 cm. e ha considerado que la zona comprimida en la sección no garantiza que la fisura no sea pasante a efectos de limitación de apertura de fisura. Aunque no fisure analíticamente la sección se ha de poner una cuantía mínima no contemplada para control de fisuración y siempre se recomienda disponer algún refuerzo en arranque.



**ANEJO N° 3: JUSTIFICACIÓN DE ESTABILIDAD EN DEPÓSITOS
CIRCULARES**



Justificación de Estabilidad en Depósitos Circulares

Febrero 2012

Versión 1.0



Justificación de Estabilidad en Depósitos Circulares

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
2. DEPÓSITO N° 1. CAPACIDAD 5000M3	1
3. DEPÓSITO N°2 CAPACIDAD 3000M3	4
4. DEPÓSITO N° 3 CAPACIDAD 2000M3	6
5. CONCLUSIÓN	9

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Se va a proceder a justificar mediante tres actuaciones diferentes la estabilidad de un depósito circular no empotrado en su base.

Para ello se ha contado con la formulación expuesta en la ACI 350.3-06, se ha realizado el cálculo de tres depósitos cuya capacidad y geometría se expone en la siguiente tabla:

Capacidad del Depósito (m3)	Altura de aguas (m)	Diámetro interior (m)
5000	5	36
3000	4.5	30
2000	4	26

Se analizan las masas de agua convectivas, impulsivas e inerciales del depósito, obteniendo un cortante basal. Este cortante basal, debe ser resistido por la fuerza de rozamiento del muro con la solera, y con tres sistemas de contención independientes: un tacón corrido, tierras de abrigo y pernos entre la solera y el muro.

El empuje pasivo se contará con la mitad de este, debido a que la junta de goma dispuesta entre solera y muro no dejará que se desarrolle por completo este empuje sin ser dañada. Se ha de garantizar que la junta dispuesta tenga por lo menos 4cm de recorrido antes de su rotura.

Se dispondrán neoprenos en la base del muro de tal forma que la tensión que se transmita esté en torno a 4N/mm². Con esta tensión, se puede estimar un coeficiente de rozamiento:

$$\mu = 0,1 + \frac{1.5 * .6}{\sigma_m} = .325$$

Se ha considerado un sismo con una aceleración básica de 0.16g, y un suelo con un coeficiente C=1.3, lo que nos da una aceleración de cálculo de 0.21g.

Pasaremos a detallar la justificación de cada depósito.

2. DEPÓSITO Nº 1. CAPACIDAD 5000M3

Datos de los materiales:			
Peso volumétrico del líquido	γ_c	kN/m ³	9.810
Peso específico del hormigón	γ_c	kN/m ³	24.525
Resistencia característica del hormigón	f'_c	N/mm ²	30
Resistencia del acero	f_y	N/mm ²	500
Módulo de elasticidad del Hormigón	E_c	N/mm ²	28,577
Geometría del depósito			
Diámetro interior	D	m	36.000

Altura de la pared	H_w	m	6.100
Altura del líquido	H_L	m	5.000
Espesor uniforme de la pared	t_w	m	0.400
Peso de la cubierta	W_r	kN	0.000
Altura al c.g. de la cubierta	h_r	m	6.100
Espesor supuesto de la losa de fondo	h_f	m	0.400
Caracterización del Sismo			
Máxima aceleración para periodos cortos 0.2s			0.500
Máxima aceleración para periodo 1 s			0.280
Coefficiente F_a			1.200
Coefficiente F_v			1.500
Aceleración de diseño para periodo corto	S_{DS}	s/unidades	0.400
Aceleración de diseño para periodo 1 s	S_{D1}	s/unidades	0.280
Factor de importancia de la estructura	I	s/unidades	1.00
Factor de modificación de la respuesta	R_i	s/unidades	1.50
Factor de modificación de la respuesta	R_c	s/unidades	1
Cálculo de las componentes del peso			
Peso total del líquido almacenado	W_L	kN	49,926.819
Peso de las paredes del depósito	W_w	kN	6,843.056
Peso impulsivo del líquido almacenado	W_i	kN	8,007.191
Peso convectivo del líquido almacenado	W_c	kN	38,926.050
Peso de la cubierta del depósito	W_r	kN	0.000
Coefficiente de la masa efectiva	ϵ	s/unidades	0.430
Peso dinámico efectivo de la pared del dep.	W_e	kN	2,942.678
Suma de $W_w + W_r + W_i$	ΣW_t	kN	10,949.869
Altura sobre la base de la pared de su centro de gravedad	h_w	m	3.050
Centroide de las masas de la pared y la impulsiva	h	m	2.416
Rigidez a flex. de un ancho unit. de la pared	k	N/mm ²	32.404
aceleración de la gravedad	g	m/seg ²	9.810
Coefficiente de frecuencia,	C_w	s/unidades	0.120
Coefficiente de frecuencia para tanques tipo 2.1 y 2.2	C_l	s/unidades	0.179
Frecuencia natural circular de la masa impulsiva	ω_i	rad/seg	120.743
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. Impulsiva	T_i	seg	0.052
Coefficiente λ	λ	s/unidades	4.123
Frec. natural de la componente convectiva	ω_c	rad/seg	0.687
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. convectiva	T_c	seg	9.144
Coefficiente	T_s	s/unidades	0.700

Amplificación espectral	C_i	s/unidades	0.400
Amplificación espectral	C_c	s/unidades	0.011
Cálculo de las fuerzas laterales sísmicas			
Fuerza de inercia de la masa de la pared	P_w	kN	784.714
Fuerza de inercia de la masa de la cubierta	P_r	kN	0.000
Suma de las fuerzas de inercia	P_m	kN	784.714
Fuerza lateral impulsiva del líquido	P_i	kN	2,135.251
Fuerza lateral convectiva del líquido	P_c	kN	446.902
Cortante en la base, para el cálculo del cortante tangencial	V	kN	2,953.966
Puntos de aplicación de P_w, P_i y P_c			
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza impulsiva	h_i	m	1.875
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza convectiva	h_c	m	2.553
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_i	m	14.963
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_c	m	21.068
Estabilidad del Muro			
Coefficiente de rozamiento	μ	s/unidades	0.325
Coefficiente de seguridad	γ		1.100
Peso específico		kN/m ³	20.000
Ángulo de rozamiento interno		rad	0.524
Ángulo muro		rad	0.000
Ángulo roz. Terreno-muro		rad	0.349
Inclinación del terreno		rad	0.000
Coefficiente de aceleración vertical			0.100
coeficiente de aceleración horizontal			0.200
Ángulo de gravedad aparente		rad	0.219
Coef empuje dinámico activo			0.525
Coef empuje estático activo			0.343
Coef empuje estático pasivo			1.902
Empuje Estático		kN/m	26.150
Incremento E dinámico		kN/m	13.821
porcentaje de Empuje pasivo	%		0.500
Disposición de tacón			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	2,223.993
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	3,249.363
Fuerza restante	Frest	kN	1,025.370
Tacón	Ft	kN/m	28.482
Con Tierras			
Altura tierras	ht	m	2.760
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	4,392.891
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	4,392.891

Disposición de pernos			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	2,021.812
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	2,953.966
Fuerza restante	Frest	kN	1,025.370
Ø redondo	Ø	mm	12.000
número de redondos	n	ud	40.000
reparto de redondos (1Ø cada...)	d	m	2.827

3. DEPÓSITO Nº2 CAPACIDAD 3000M3

Datos de los materiales:			
Peso volumétrico del líquido	γ_c	kN/m ³	9.810
Peso específico del hormigón	γ_c	kN/m ³	24.525
Resistencia característica del hormigón	f'_c	N/mm ²	30
Resistencia del acero	f_y	N/mm ²	500
Módulo de elasticidad del Hormigón	E_c	N/mm ²	28,577
Geometría del depósito			
Diámetro interior	D	m	30.000
Altura de la pared	H_w	m	5.600
Altura del líquido	H_L	m	4.500
Espesor uniforme de la pared	t_w	m	0.400
Peso de la cubierta	W_r	kN	0.000
Altura al c.g. de la cubierta	h_r	m	5.600
Espesor supuesto de la losa de fondo	h_f	m	0.400
Caracterización del Sismo			
Máxima aceleración para periodos cortos 0.2s			0.500
Máxima aceleración para periodo 1 s			0.280
Coefficiente F_a			1.200
Coefficiente F_v			1.500
Aceleración de diseño para periodo corto	S_{DS}	s/unidades	0.400
Aceleración de diseño para periodo 1 s	S_{D1}	s/unidades	0.280
Factor de importancia de la estructura	I	s/unidades	1.00
Factor de modificación de la respuesta	R_i	s/unidades	1.50
Factor de modificación de la respuesta	R_c	s/unidades	1
Cálculo de las componentes del peso			
Peso total del líquido almacenado	W_L	kN	31,204.262
Peso de las paredes del depósito	W_w	kN	5,246.631
Peso impulsivo del líquido almacenado	W_i	kN	5,404.791
Peso convectivo del líquido almacenado	W_c	kN	24,019.806

Peso de la cubierta del depósito	W_r	kN	0.000
Coeficiente de la masa efectiva	ϵ	s/unidades	0.420
Peso dinámico efectivo de la pared del dep.	W_e	kN	2,204.168
Suma de $W_w + W_r + W_i$	ΣW_t	kN	7,608.959
Altura sobre la base de la pared de su centro de gravedad	h_w	m	2.800
Centroide de las masas de la pared y la impulsiva	h	m	2.235
Rigidez a flex. de un ancho unit. de la pared	k	N/mm ²	40.927
aceleración de la gravedad	g	m/seg ²	9.810
Coeficiente de frecuencia,	C_w	s/unidades	0.122
Coeficiente de frecuencia para tanques tipo 2.1 y 2.2	C_i	s/unidades	0.199
Frecuencia natural circular de la masa impulsiva	ω_i	rad/seg	149.249
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. Impulsiva	T_i	seg	0.042
Coeficiente λ	λ	s/unidades	4.257
Frec. natural de la componente convectiva	ω_c	rad/seg	0.777
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. convectiva	T_c	seg	8.084
Coeficiente	T_s	s/unidades	0.700
Amplificación espectral	C_i	s/unidades	0.400
Amplificación espectral	C_c	s/unidades	0.015
Cálculo de las fuerzas laterales sísmicas			
Fuerza de inercia de la masa de la pared	P_w	kN	587.778
Fuerza de inercia de la masa de la cubierta	P_r	kN	0.000
Suma de las fuerzas de inercia	P_m	kN	587.778
Fuerza lateral impulsiva del líquido	P_i	kN	1,441.278
Fuerza lateral convectiva del líquido	P_c	kN	352.854
Cortante en la base, para el cálculo del cortante tangencial	V	kN	2,059.508
Puntos de aplicación de P_w, P_i y P_c			
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza impulsiva	h_i	m	1.688
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza convectiva	h_c	m	2.305
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_i	m	12.428
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_c	m	16.490
Estabilidad del Muro			
Coeficiente de rozamiento	μ	s/unidades	0.325
Coeficiente de seguridad	γ		1.100
Peso específico		kN/m ³	20.000
Ángulo de rozamiento interno		rad	0.524
Ángulo muro		rad	0.000

Ángulo roz. Terreno-muro		rad	0.349
Inclinación del terreno		rad	0.000
Coefficiente de aceleración vertical			0.100
coeficiente de aceleración horizontal			0.200
Ángulo de gravedad aparente		rad	0.219
Coef empuje dinámico activo			0.525
Coef empuje estático activo			0.343
Coef empuje estático pasivo			1.902
Empuje Estático		kN/m	17.147
Incremento E dinámico		kN/m	9.063
porcentaje de Empuje pasivo	%		0.500
Disposición de tacón			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	1,705.155
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	2,265.459
Fuerza restante	Frest	kN	560.304
Tacón	Ft	kN/m	18.677
Con Tierras			
Altura tierras	ht	m	2.235
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	2,845.795
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	2,845.795
Disposición de pernos			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	1,550.141
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	2,059.508
Fuerza restante	Frest	kN	560.304
Ø redondo	Ø	mm	12.000
número de redondos	n	ud	22.000
reparto de redondos (1Ø cada...)	d	m	4.284

4. DEPÓSITO N° 3 CAPACIDAD 2000M3

Datos de los materiales:			
Peso volumétrico del líquido	γ_c	kN/m ³	9.810
Peso específico del hormigón	γ_c	kN/m ³	24.525
Resistencia característica del hormigón	f'_c	N/mm ²	30
Resistencia del acero	f_y	N/mm ²	500
Módulo de elasticidad del Hormigón	E_c	N/mm ²	28,577
Geometría del depósito			
Diámetro interior	D	m	24.000
Altura de la pared	H_w	m	5.100
Altura del líquido	H_L	m	4.000
Espesor uniforme de la pared	t_w	m	0.400
Peso de la cubierta	W_r	kN	0.000
Altura al c.g. de la cubierta	h_r	m	5.100

Espesor supuesto de la losa de fondo	h_f	m	0.400
Caracterización del Sismo			
Máxima aceleración para periodos cortos 0.2s			0.500
Máxima aceleración para periodo 1 s			0.280
Coefficiente F_a			1.200
Coefficiente F_v			1.500
Aceleración de diseño para periodo corto	S_{DS}	s/unidades	0.400
Aceleración de diseño para periodo 1 s	S_{D1}	s/unidades	0.280
Factor de importancia de la estructura	I	s/unidades	1.00
Factor de modificación de la respuesta	R_i	s/unidades	1.50
Factor de modificación de la respuesta	R_c	s/unidades	1
Cálculo de las componentes del peso			
Peso total del líquido almacenado	W_L	kN	17,751.758
Peso de las paredes del depósito	W_w	kN	3,835.119
Peso impulsivo del líquido almacenado	W_i	kN	3,416.218
Peso convectivo del líquido almacenado	W_c	kN	13,387.090
Peso de la cubierta del depósito	W_r	kN	0.000
Coefficiente de la masa efectiva	ϵ	s/unidades	0.420
Peso dinámico efectivo de la pared del dep.	W_e	kN	1,609.983
Suma de $W_w + W_r + W_i$	ΣW_t	kN	5,026.201
Altura sobre la base de la pared de su centro de gravedad	h_w	m	2.550
Centroide de las masas de la pared y la impulsiva	h	m	2.055
Rigidez a flex. de un ancho unit. de la pared	k	N/mm ²	52.661
aceleración de la gravedad	g	m/seg ²	9.810
Coefficiente de frecuencia,	C_w	s/unidades	0.124
Coefficiente de frecuencia para tanques tipo 2.1 y 2.2	C_i	s/unidades	0.227
Frecuencia natural circular de la masa impulsiva	ω_i	rad/seg	191.932
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. Impulsiva	T_i	seg	0.033
Coefficiente λ	λ	s/unidades	4.442
Frec. natural de la componente convectiva	ω_c	rad/seg	0.907
Periodo natural de oscilación del dep.+ la comp. convectiva	T_c	seg	6.930
Coefficiente	T_s	s/unidades	0.700
Amplificación espectral	C_i	s/unidades	0.400
Amplificación espectral	C_c	s/unidades	0.020
Cálculo de las fuerzas laterales sísmicas			

Fuerza de inercia de la masa de la pared	P_w	kN	429.329
Fuerza de inercia de la masa de la cubierta	P_r	kN	0.000
Suma de las fuerzas de inercia	P_m	kN	429.329
Fuerza lateral impulsiva del líquido	P_i	kN	910.991
Fuerza lateral convectiva del líquido	P_c	kN	267.589
Cortante en la base, para el cálculo del cortante tangencial	V	kN	1,366.771
Puntos de aplicación de P_w, P_i y P_c			
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza impulsiva	h_i	m	1.500
Altura sobre la base de la pared, al c.g. de la fza convectiva	h_c	m	2.060
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_i	m	9.893
Altura sobre la base, incluyendo la presión en la base	h'_c	m	12.155
Estabilidad del Muro			
Coefficiente de rozamiento	μ	s/unidades	0.325
Coefficiente de seguridad	γ		1.100
Peso específico		kN/m ³	20.000
Ángulo de rozamiento interno		rad	0.524
Ángulo muro		rad	0.000
Ángulo roz. Terreno-muro		rad	0.349
Inclinación del terreno		rad	0.000
Coefficiente de aceleración vertical			0.100
coeficiente de aceleración horizontal			0.200
Ángulo de gravedad aparente		rad	0.219
Coef empuje dinámico activo			0.525
Coef empuje estático activo			0.343
Coef empuje estático pasivo			1.902
Empuje Estático		kN/m	9.833
Incremento E dinámico		kN/m	5.197
porcentaje de Empuje pasivo	%		0.500
Disposición de tacón			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	1,246.414
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	1,503.448
Fuerza restante	Frest	kN	257.034
Tacón	Ft	kN/m	10.710
Con Tierras			
Altura tierras	ht	m	1.692
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	1,727.473
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	1,727.473
Disposición de pernos			
Fuerza estabilizadora	Fest	kN	1,133.103
Fuerza desestabilizadora	Fdest	kN	1,366.771
Fuerza restante	Frest	kN	257.034
Ø redondo	Ø	mm	8.000

número de redondos	n	ud	23.000
reparto de redondos (1Ø cada...)	d	m	3.278

5. CONCLUSIÓN

Las tres formas de contener el movimiento del depósito son viables, si bien el depósito se quiere exento de tierras la solución del tacón o de los pernos es la aconsejada.

La altura de tierras requerida, es aproximadamente el 50% de la altura de aguas, aunque en cada caso habrá que comprobarlo.

La fuerza que debe resistir el tacón no es excesivamente elevada, pero habría que dejar un neopreno corrido para evitar el golpeo hormigón-hormigón, y a una distancia de 2cm desde el paramento del depósito hasta el neopreno.

Los pernos se deberán enfundar para evitar la corrosión en la zona de contacto entre la solera y el muro. Dejando luego suficiente perno no enfundado para conseguir un buen anclaje. También sería conveniente zunchar cada perno en el muro para evitar agrietamientos por tracción.



**ANEJO N° 4: INFORME SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA EN
DEPÓSITOS NO ANCLADOS**



INFORME SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA EN DEPÓSITOS NO ANCLADOS

Fecha FEBRERO 2012

Versión 0

INATE, INGENIERIA DE AGUA Y TERRITORIO



ÍNDICE

MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	CÁLCULO	3
2.1.	ESFUERZO SISMICO	3
2.2.	COMPROBACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO.....	3
2.3.	MOVILIZACIÓN DEL EMPUJE PASIVO	4
2.4.	CÁLCULO DEL EMPUJE PASIVO.....	5
3.	CONCLUSIÓN	5

APÉNDICES

APÉNDICE Nº 1:	CÁLCULO FUERZA SISMICA. ACI350.3	6
----------------	--	---

1. INTRODUCCIÓN

Se pretende en este informe determinar la respuesta ante el sismo de los depósitos cilíndricos en los que los muros van simplemente apoyados en la cimentación mediante un neopreno y sin anclar.

Para comprobar la estanqueidad del depósito tras el sismo se ha de comprobar que, el movimiento que sufrirá el depósito frente a la acción horizontal sísmica, es compatible con la deformación de la junta water-stop que impermeabiliza la unión del muro con la cimentación.

Para comprobar la respuesta se ha optado por seguir un ejemplo de cálculo de un depósito de 5.000 m³ de diámetro 36 metros, altura de agua 5 metros, altura de muros 6 metros y espesor de 40 cm. Se ha supuesto que estructura de la cubierta es independiente de la estructura del vaso. El apoyo del muro se realiza mediante neoprenos de 150x100x10 mm cada metro bajo muro.

Se ha supuesto un sismo con aceleración de cálculo de 0,2·g y estructura de importancia especial.

2. CÁLCULO

2.1. ESFUERZO SISMICO

La fuerza sísmica equivalente estática al sismo viene determinada en la normativa ACI350.3 mediante el cortante basal total que resulta de 3.246 kN.

2.2. COMPROBACIÓN FRENTE AL DESLIZAMIENTO

Los esfuerzos horizontales deben de ser compensados mediante esfuerzos de rozamiento en neoprenos y el empuje pasivo movilizado compatible con la deformación admisible de las juntas water-stop.

El coeficiente de fricción entre elastómero y hormigón puede estimarse mediante la formulación:

$$\mu_e = 0,1 + \frac{1,5 \cdot K_f}{\sigma_m}$$

Por lo que para una tensión media sobre el neopreno de 4 N/mm² que obtenemos en nuestro caso se obtiene un coeficiente de fricción de 0,325.

En esta situación y considerando el depósito superficial el coeficiente de seguridad frente al deslizamiento sería de:

$$CSD = \frac{V \cdot \mu_e}{H} = \frac{6861 \cdot 0,325}{3246} = 0,68$$

El depósito no sería estable en estas condiciones.

Por lo que para obtener el coeficiente necesario de 1,1 necesitamos una "ayuda" del terreno mediante la movilización del empuje pasivo en 1341 kN.

2.3. MOVILIZACIÓN DEL EMPUJE PASIVO

Para la movilización del empuje pasivo el terreno se ha de deformar del orden de 10 a 30 veces más que el activo.

La ROM05.5 indica que para una traslación de 0,001 H se moviliza completamente el empuje activo, y que para terreno granular suelto el empuje pasivo se moviliza a partir de movimiento en cabeza de 0.06 H. Para rellenos puede tomarse el valor de 8cm para que comience a moverse completamente el empuje pasivo y para valores intermedios se puede interpolar entre el coeficiente del empuje activo y el desplazamiento necesario para su movilización y el coeficiente del empuje pasivo y el desplazamiento necesario para su movilización.

Para la movilización del empuje pasivo se fija en 8 cm de traslación y para el activo en 0,8 cm.

Valores propuestos para los desplazamientos límites activos y pasivos de una pantalla (Rodríguez Ortiz, 1995)

Tipo de suelo	δ_a (m)	δ_p (m)
Rellenos	0,008	0,080
Arena floja	0,001	0,030
Arena media	0,0007	0,015
Arena compacta	0,0005	0,006
Arcillas blandas y limos	0,012	0,050
Arcillas firmes	0,008	0,025
Arcillas duras	0,004	0,010
Margas y rocas blandas	---	0,002

Por otro lado se debe de seleccionar la junta adecuada para este movimiento, las juntas que admiten mayor deformación en el mercado resultan que admiten un movimiento de elongación de hasta 45 mm con alas de 500 mm y de 10 mm para juntas habituales de depósitos con alas de 240 mm. Por lo que es esencial utilizar juntas buenas en el caso de depósitos del tipo que nos ocupa.

2.4. CÁLCULO DEL EMPUJE PASIVO

En el caso que rellenemos de tierras y con el cálculo del empuje utilizando las fórmulas de Mononobe-Okabe, para el caso más desfavorable resulta:

TEORÍA PSEUDOESTÁTICA PARA EL CÁLCULO DE EMPUJES SOBRE MUROS

Anejo nº 6 NCSP-07

k_h	0.20	g	Coficiente sísmico horizontal	$\theta = \arctg \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$
k_v	-	0.10	g	Coficiente sísmico vertical
θ	0.22	rad	Desviación del ángulo de la gravedad	$k_h = \frac{a_c}{g} \quad k_v = \pm \frac{k_h}{2}$
ϕ	30	°	Ángulo de rozamiento interno del terreno	
K_{AD}	0.443			$K_{AD} = \frac{(1 \pm k_v) \cos^2 (\phi - \beta - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos (\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi - i - \theta)}{\cos (\delta + \beta + \theta) \cos (i - \beta)}} \right]^2}$
K_{PD}	2.326			$K_{PD} = \frac{(1 \pm k_v) \cos^2 (\phi + \beta - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos (\delta - \beta + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i - \theta)}{\cos (\delta - \beta + \theta) \cos (i - \beta)}} \right]^2}$

Por lo que el empuje pasivo si se movilizara completamente resultaría su coeficiente de 2,326.

Si utilizásemos juntas water-stop de las que permiten máxima elongación de 4,5 cm, de 50 cm de ala con apertura de junta de 2 cm necesaria, permitiría un movimiento de 4 cm transversal y se movilizaría el 50 % del empuje pasivo. Obteniéndose un coeficiente opuesto al movimiento de $2,326 \times 0,5 - 0,443 = 0,73$

Si por el contrario se utiliza water-stop "convencionales" permitiría un movimiento que movilizaría un 12,5 % del empuje pasivo.

El empuje, en el caso de juntas, digamos "buenas", que se opone al terreno resultaría:

$$E = 0,73 \frac{20}{2} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R \cdot H^2$$

Siendo H la altura de tierras en trasdós

Por lo que la altura mínima de tierras necesaria en trasdós será de 2,5 metros.

3. CONCLUSIÓN

Para que un depósito circular no anclado garantizase la estanqueidad frente al sismo, es suficiente diseñarlo con juntas de características especiales de elongación (compuesto especial, de 50 cm de ancho y apertura de junta de 2 cm) y un relleno en trasdós mínimo de 2,5 metros.



INFORME SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA EN DEPÓSITOS NO ANCLADOS

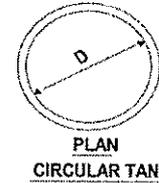
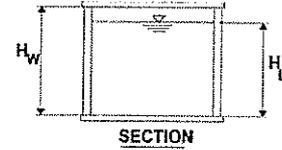
APÉNDICE Nº 1: CÁLCULO FUERZA SISMICA. ACI350.3

DEPÓSITO CIRCULAR. MÉTODO DE ACI 350

DATOS

H_w	6.00	m	/
H_L	5.00	m	/
D	36.00	m	/
t_w	400	mm	/
Q	-	kN/m	

Espesor del muro
Carga de cubierta sobre muro



CÁLCULO DE MASA DE MURO Y CUBIERTA

9.6.2—Circular tanks

$$c = \left[0.0151 \left(\frac{D}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left(\frac{D}{H_L} \right) + 1.024 \right] \leq 1.0 \quad (9-45)$$

W_w	6 861	kN
W_r	-	kN
D/H_L	7.20	
ϵ	0.430	
W_e	2 950	kN

Masa muros
Masa cubierta
Coef. de masa efectiva
Masa efectiva

CALCULO DE MASA EFECTIVA IMULSIVA Y CONVECTIVA

9.3.1—Equivalent weights of accelerating liquid (Fig. 9.3.1 [on p. 48])

W_i/W_L	0.160
W_c/W_L	0.780

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh \left[0.866 \left(\frac{D}{H_L} \right) \right]}{0.866 \left(\frac{D}{H_L} \right)} \quad (9-15)$$

W_L	50 894	kN
W_i	8 162	kN
W_c	39 680	kN

Masa total del agua
Masa impulsiva del agua
Masa convectiva del agua

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.230 \left(\frac{D}{H_L} \right) \tanh \left[3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \right] \quad (9-16)$$

9.3.2—Heights to centers of gravity (EBP [Fig. 9.3.2; on p. 49])

9.3.3—Heights to center of gravity (IBP [Fig. 9.3.3; on p. 50])

For tanks with $\frac{D}{H_L} < 1.333$

For tanks with $\frac{D}{H_L} < 0.75$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375 \left(\frac{D}{H_L} \right) \quad (9-17)$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = 0.45 \quad (9-20)$$

For tanks with $\frac{D}{H_L} \geq 1.333$

For tanks with $\frac{D}{H_L} \geq 0.75$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375 \quad (9-18)$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866 \left(\frac{D}{H_L} \right)}{2 \tanh \left[0.866 \left(\frac{D}{H_L} \right) \right]} - \frac{1}{8} \quad (9-21)$$

For all tanks

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh \left[3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \right] - 1}{3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \sinh \left[3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \right]} \quad (9-19)$$

$$\frac{h_c'}{H_L} = 1 - \frac{\cosh \left[3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \right] - 2.01}{3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \sinh \left[3.68 \left(\frac{H_L}{D} \right) \right]} \quad (9-22)$$

Efecto de presión de solera

Excluida (EBP) Incluida (IBP)

h_i/H_L	0.375
h_c/H_L	0.511

h_i	1.88	m
h_c	2.55	m

Altura al centro de gravedad de la fuerza lateral impulsiva
Altura al centro de gravedad de la fuerza lateral convectiva

CALCULO DE LOS PERIODOS NATURALES DE VIBRACION

9.3.4—Dynamic properties

For tank Type 2.3

T_i : For tank Types 2.1 and 2.2:

$$\omega_i = C_i \frac{12}{H_L^4} \sqrt{E_c \frac{g}{\gamma_c}} \quad (9-23)$$

$[\omega_i = C_i \frac{1}{H_L^4} \sqrt{10^3 E_c \frac{g}{\gamma_c}}$ in the SI system]

$$C_i = C_w \sqrt{\frac{t_w}{12r}} \quad (9-24)$$

$[C_w$ from Fig. 9.3.4(a), on p. 51]

$[C_i = C_w \sqrt{\frac{t_w}{10r}}$ in the SI system]

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \quad (9-25)$$

T_c :

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{D}} \quad (9-28)$$

where

$$\lambda = \sqrt{3.68g \tanh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]} \quad (9-29)$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sqrt{D} \quad (9-30)$$

$\left[\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)$ from Fig. 9.3.4(b), on p. 52]

$$T_i = \sqrt{\frac{8\pi(W_w + W_c + W_f)}{g D k_s}} \quad (9-26)$$

but shall not exceed 1.25 seconds.

$$k_s = 144 \left[\left(\frac{A_s E_s \cos^2 \alpha}{L_c S_c} \right) + \left(\frac{2 G_p W_p L_p}{t_p S_p} \right) \right] \quad (9-27)$$

$$k_a = 10^3 \left[\left(\frac{A_s E_s \cos^2 \alpha}{L_c S_c} \right) + \left(\frac{2 G_p W_p L_p}{t_p S_p} \right) \right] \quad [\text{in the SI system}]$$

Fig. 9.3.4(a)—Coefficient C_w for circular tanks.

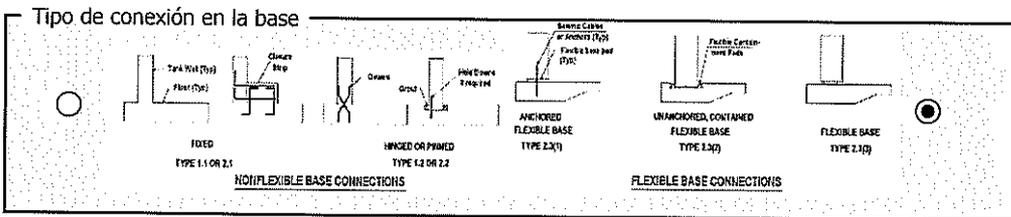
For $D/H_L > 0.667$

$$C_w = 9.375 \times 10^{-2} + 0.2039 \left(\frac{H_L}{D}\right) - 0.1034 \left(\frac{H_L}{D}\right)^2 - 0.1253 \left(\frac{H_L}{D}\right)^3 + 0.1267 \left(\frac{H_L}{D}\right)^4 - 3.186 \times 10^{-2} \left(\frac{H_L}{D}\right)^5$$

T_v : For circular tanks

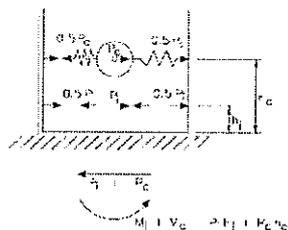
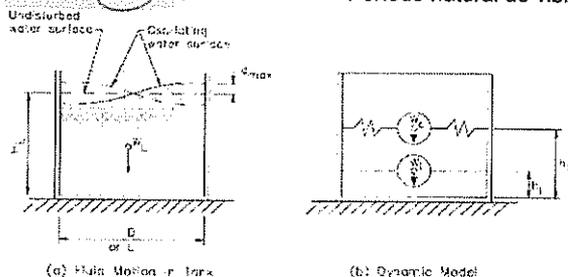
$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{Y_L D H_L^2}{24 g t_w E_c}} \quad (9-31)$$

$[T_v = 2\pi \sqrt{\frac{Y_L D H_L^2}{2 g t_w E_c}}$ in the SI system]



γ_c	25.00	kN/m ³	Densidad del hormigón
E_c	28 577	N/mm ²	Módulo de elasticidad del hormigón
C_w	0.120		Coefficientes de frecuencia natural
C_i	0.179		
ω_i	10.49	rad/s	Frecuencia del modo impulsivo de vibración
A_s	-	mm ²	Área sec. Trans. del cable basal, hebras o refuerzo conven.
E_s	210 000	N/mm ²	Mód. de elastic. de: cables, hebras o refuerzos convencionales
α	90	°	Ángulo del cable basal (o hebra) con la horizontal
L_c	700	mm	Largo efectivo de cable basal o hebra
S_c	500	mm	Espacio entre centros de bases de vuelta de cables
G_p	1	N/mm ²	Módulo de corte de placas maestras elastoméricas
W_p	150	mm	Ancho de paneles maestros elastoméricos
L_p	100	mm	Largo de una placa maestra elastomérica
t_p	10	mm	Espesor de paneles maestros elastoméricos
S_p	1 007	mm	Espacio entre centros de paneles maestros elastoméricos

k_a	2 979	N/mm ²	Constante de elasticidad del sistema de muro del estanque
T_i	0.60	s	Período del modo impulsivo de vibración
λ	4.122		
ω_c	0.69	rad/s	Frecuencia del modo convectivo de vibración
T_c	9.15	s	Período del modo convectivo de vibración
h_w	3.00	m	Altura al centro de gravedad del muro
h_r	6.00	m	Altura al centro de gravedad de la cubierta
γ_L	25.00	kN/m ³	Densidad del líquido
T_v	0.09	s	Período natural de vibración vertical del líquido



CALCULO DE LAS CARGAS DINAMICAS

$S_a(T_i)$	4.26	Coefficientes de respuesta sísmica impulsiva
$S_a(T_c)$	0.10	Coefficientes de respuesta sísmica convectiva
$S_a(T_v)$	3.44	Coefficientes de respuesta sísmica vertical
a_i	0.43	g Aceleración relativa impulsiva
a_c	0.01	g Aceleración relativa convectiva
a_t	0.35	g Aceleración relativa vertical

R_{wi}	1.50
R_{wc}	1.00

Table 4.1.1(b)—Response modification factor R

Type of structure	R_i		R_c
	On or above grade	Buried	
Anchored, flexible-base tanks	3.25 [†]	3.25 [†]	1.0
Fixed or hinged-base tanks	2.0	3.0	1.0
Unanchored, contained or uncontained tanks [‡]	1.5	2.0	1.0
Pedestal-mounted tanks	2.0	—	1.0

[†]Buried tank is defined as a tank whose maximum water surface at rest is at or below ground level. For partially buried tanks, the R_i value may be linearly interpolated between that shown for tanks on grade and for buried tanks.
[‡] $R_i = 3.25$ is the maximum R_i value permitted to be used for any liquid-containing concrete structure.
[§]Unanchored, uncontained tanks shall not be built in locations where $S_{pg} > 0.75$.

P_w	855	kN	Fuerza dinámica del muro
P_r	-	kN	Fuerza dinámica de la cubierta
P_i	2 365	kN	Fuerza dinámica impulsiva
P_c	408	kN	Fuerza dinámica convectiva
V	3 246	kN	Fuerza cortante basal total
M_w	2 565	kN	Momento dinámico del muro
M_r	-	kN	Momento dinámica de la cubierta
M_i	4 435	kN	Momento dinámica impulsiva
M_c	1 041	kN	Momento dinámica convectiva
M_b	7 077	kN	Momento basal total

} SUMA 3.678

CALCULO DE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL

P_{wy}	71.25	kN/m	F.inercia lateral debido a W_w , por alto de muro de estanque
P_{wy}	1.26	kN/m ²	Presión uniforme dinámica del muro
$P_{i,y=H}$	59.13		F.inercia lateral por W_i , por alto de muro de estanque en H_i
θ	0.0000	°	Ángulo de la dirección sísmica con el punto
$P_{i,y=H}$	2.09	kN/m ²	Presión en superficie del líquido dinámica impulsiva
$P_{i,y=0}$	413.91		F.inercia lateral por W_i , por alto de muro de estanque en base
$P_{i,y=0}$	14.64	kN/m ²	Presión en solera del líquido dinámica impulsiva
$P_{c,y=H}$	43.36		F.inercia lateral por W_c , por alto de muro de estanque en H_i
$P_{c,y=H}$	1.36	kN/m ²	Presión en superficie del líquido dinámica convectiva
$P_{i,y=0}$	38.17		F.inercia lateral por W_c , por alto de muro de estanque en base
$P_{c,y=0}$	1.20	kN/m ²	Presión en solera del líquido dinámica convectiva
q	-	kN/m	Carga lineal dinámica de cubierta

NCSP-07 Art. 3.4 Aceleración sísmica de cálculo

Construcción de importancia
 Normal Especial

C 1.30 Coeficiente del terreno
 P_R 500 años Período de retorno

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

$$S = \begin{cases} \frac{C}{1,25} & \text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1g \\ \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) & \text{Para } 0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g \\ 1,0 & \text{Para } 0,4g \leq \rho \cdot a_b \end{cases}$$

γ_I 1.3 Factor de importancia
 γ_{II} 1.0 Facto modificador del periodo de retorno
 ρ 1.3 Coeficiente de riesgo
 a_b/g 0.15 Aceleración sísmica básica
 K 1.0 Coeficiente de contribución
 $\rho a_b/g$ 0.195
 S 1.027 Coeficiente de amplificación del terreno
 a_c/g 0.200 Aceleración sísmica de cálculo

Sismo
 Último Frecuente o de construcción

Último de cálculo $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 10 \\ T_B = K \cdot C / 2,5 \\ T_C = K \cdot (2 + C) \end{cases}$

Último frecuente de cálculo
 De construcción $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 20 \\ T_B = K \cdot C / 5 \\ T_C = K \cdot (1 + 0,5 \cdot C) \end{cases}$

T_A 0.13 s
 T_B 0.52 s
 T_C 3.30 s

Periodos característicos del espectro de respuesta

$$v = (5/\zeta)^{0,4} \geq 0,55$$

ζ 5.0 %
 v 1.00

Amortiguamiento
 Factor de amortiguamiento

T_i 0.60 s
 $S_a(T_i)$ 4.26

Periodo

$$S_a(T) = \begin{cases} \left[1 + \frac{T}{T_A} (2,5 \cdot v - 1) \right] \cdot a_c & \text{Si } 0 \leq T \leq T_A \\ 2,5 \cdot v \cdot a_c & \text{Si } T_A \leq T \leq T_B \\ 2,5 \cdot v \cdot \frac{T_B}{T} a_c & \text{Si } T_B \leq T \leq T_C \\ 2,5 \cdot v \cdot \frac{T_B T_C}{T^2} a_c & \text{Si } T > T_C \end{cases}$$

NCSP-07 Art. 3.4 Aceleración sísmica de cálculo

Construcción de importancia
 Normal Especial

C 1.30 Coeficiente del terreno
 P_R 500 años Período de retorno

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

$$S \begin{cases} \frac{C}{1,25} & \text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1g \\ \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) & \text{Para } 0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g \\ 1,0 & \text{Para } 0,4g \leq \rho \cdot a_b \end{cases}$$

γ_I 1.3 Factor de importancia
 γ_{II} 1.0 Facto modificador del periodo de retorno
 ρ 1.3 Coeficiente de riesgo
 a_b/g 0.15 Aceleración sísmica básica
 K 1.0 Coeficiente de contribución
 $\rho a_b/g$ 0.195
 S 1.027 Coeficiente de amplificación del terreno
 a_c/g 0.200 Aceleración sísmica de cálculo

Sismo
 Último Frecuente o de construcción

Último de cálculo $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 10 \\ T_B = K \cdot C / 2,5 \\ T_C = K \cdot (2 + C) \end{cases}$

Último frecuente de cálculo De construcción $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 20 \\ T_B = K \cdot C / 5 \\ T_C = K \cdot (1 + 0,5 \cdot C) \end{cases}$

T_A 0.13 s
 T_B 0.52 s
 T_C 3.30 s
 Períodos característicos del espectro de respuesta
 $v = (5/\zeta)^{0,4} \geq 0,55$

ζ 5.0 % Amortiguamiento
 v 1.00 Factor de amortiguamiento

T_c 9.15 s Período
 $S_a(T)$ 0.10

$$S_a(T) \begin{cases} \left[1 + \frac{T}{T_A} (2,5 \cdot v - 1) \right] \cdot a_c & \text{Si } 0 \leq T \leq T_A \\ 2,5 \cdot v \cdot a_c & \text{Si } T_A \leq T \leq T_B \\ 2,5 \cdot v \cdot \frac{T_B}{T} a_c & \text{Si } T_B \leq T \leq T_C \\ 2,5 \cdot v \cdot \frac{T_B T_C}{T^2} a_c & \text{Si } T > T_C \end{cases}$$

NCSP-07 Art. 3.4 Aceleración sísmica de cálculo

Construcción de importancia
 Normal Especial

C 1.30 Coeficiente del terreno
 P_R 500 años Período de retorno

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

$$S \begin{cases} \frac{C}{1,25} & \text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1g \\ \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) & \text{Para } 0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g \\ 1,0 & \text{Para } 0,4g \leq \rho \cdot a_b \end{cases}$$

γ_I 1.3 Factor de importancia
 γ_{II} 1.0 Facto modificador del periodo de retorno
 ρ 1.3 Coeficiente de riesgo
 a_b/g 0.15 Aceleración sísmica básica
 K 1.0 Coeficiente de contribución
 $\rho a_b/g$ 0.195
 S 1.027 Coeficiente de amplificación del terreno

a_c/g 0.200 Aceleración sísmica de cálculo

Sismo
 Último Frecuente o de construcción

Último de cálculo $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 10 \\ T_B = K \cdot C / 2,5 \\ T_C = K \cdot (2 + C) \end{cases}$

Último frecuente de cálculo De construcción $\begin{cases} T_A = K \cdot C / 20 \\ T_B = K \cdot C / 5 \\ T_C = K \cdot (1 + 0,5 \cdot C) \end{cases}$

T_A 0.13 s
 T_B 0.52 s
 T_C 3.30 s

Periodos característicos del espectro de respuesta

$$\nu = (5/\zeta)^{0,4} \geq 0,55$$

ζ 5.0 %
 ν 1.00

Amortiguamiento
 Factor de amortiguamiento

T_v 0.09 s

Periodo

$S_a(T)$ 4.91 $\times 10^4$

$$S_a(T) \begin{cases} \left[1 + \frac{T}{T_A} (2,5\nu - 1) \right] \cdot a_c & \text{Si } 0 \leq T \leq T_A \\ 2,5 \cdot \nu \cdot a_c & \text{Si } T_A \leq T \leq T_B \\ 2,5 \cdot \nu \cdot \frac{T_B}{T} a_c & \text{Si } T_B \leq T \leq T_C \\ 2,5 \cdot \nu \cdot \frac{T_B T_C}{T^2} a_c & \text{Si } T > T_C \end{cases}$$



ANEJO N° 5: ESTÁNDARES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASETAS DE CALIDAD EN DEPÓSITOS



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MANCOMUNIDAD
DE LOS CANALES
DEL TAIBILLA, O.A.

ESTÁNDARES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASSETAS DE CALIDAD EN LOS DEPÓSITOS E INSTALACIONES DE LA MANCOMUNIDAD DE LOS CANALES DEL TAIBILLA

Marzo de 2025

CORREO ELECTRÓNICO:
explotacion@mct.es

CALLE MAYOR 1
30201 CARTAGENA
TEL.: 968 320 014
FAX: 968 122 508



Elaborado y revisado por:

José Miguel Sánchez Cabezos

José Calderón Pérez



El objetivo de este documento es establecer unos estándares para la construcción de las casetas donde se ubican los equipos de medición de calidad de las aguas para abastecimiento a la población, y, en su caso, la cloración. Estas casetas suelen estar asociadas a los depósitos existentes en la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, aunque también pueden estarlo a algún tramo de los Canales, o a alguna instalación de desalación de agua del mar.

Se indican a continuación tanto la parte de obra civil, como las canalizaciones y otras relaciones con el depósito, canal o tubería, y los equipos que son necesarios.

DIMENSIONES Y ACABADO

La caseta debe tener unas medidas mínimas de 5 x 3 metros, siendo recomendable 6 x 3. La altura será de entre 2,5 y 3 metros. Irá sobre una solera de hormigón armado de espesor mínimo de 30 cm, y dimensiones de, al menos, un metro mayor que las de la caseta.

El acabado exterior de la caseta seguirá el estilo arquitectónico de las casetas y almenaras de la MCT en esa misma instalación. De no haber casetas o almenaras cerca, se seguirán los siguientes estándares en la pintura exterior. Serán blancas, con un zócalo o friso de color gris oscuro de un metro de altura desde el suelo. Las ventanas y puertas tendrán un reborde del mismo color de 20 centímetros de ancho. En la parte superior, el saliente del techo, estará pintado del mismo color gris. Los colores concretos serán los indicados en la Circular interna de Dirección nº 13 “Normativa de pinturas en las instalaciones de la MCT”:

EDIFICIOS: (Depósitos, Almenaras, Elevaciones, Almacenes, Naves, Talleres)

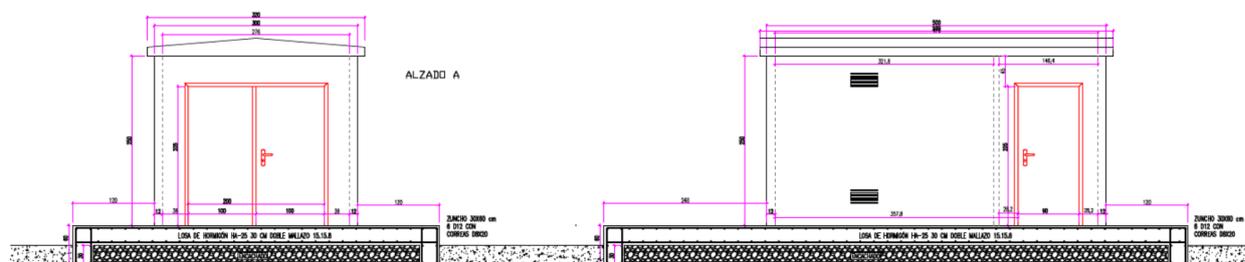
- Paramentos verticales y horizontales en interiores Pintura Plástica Mate Blanco Optimat Procolor 0100
- Paramentos verticales en exteriores Procolor Revestimiento Liso Procotex Liso Blanco. Se limpiará la fachada y se aplicará fijador antes de pintar.
- Cornisas, recercados, zócalos, etc Gris RAL 7012
- Puertas, ventanas, rejas Gris RAL 7001
- Barandillas, escaleras, solados metálicos Negro RAL 9005
- En depósitos que estén en zonas ajardinadas (p.ej. Tentegorra) las puertas, ventanas, rejas, barandillas, etc, serán en Verde RAL 6029
- Estructuras metálicas de edificios, zechas, vigas, etc Azul RAL 5017
- Puertas interiores hoja Azul RAL 5024 Marcos Azul RAL 5017
- Suelos pintados o con cementos coloreados, en edificios donde haya tuberías (cámaras de válvulas de depósitos, elevaciones) Azul RAL 5024

Las casetas deben cumplir todo lo establecido en la Instrucción técnica complementaria MIE APQ-3 «Almacenamiento de cloro» (Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.)

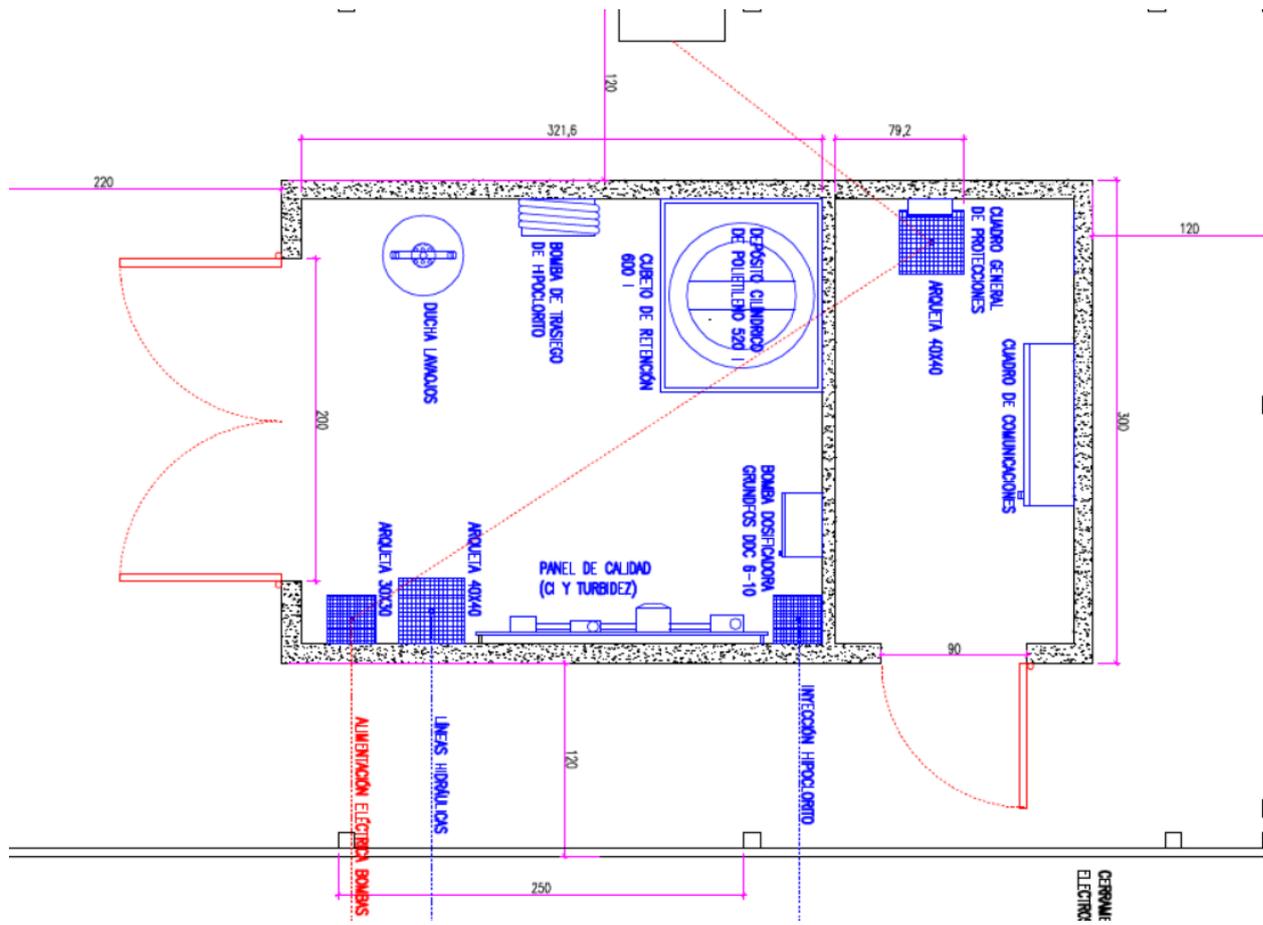
En cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales, estarán visibles los pictogramas de seguridad adecuados al hipoclorito de sodio. También deberá estar disponible la Ficha de datos de seguridad del producto.

La caseta tendrá dos habitáculos diferenciados, uno será la zona seca y el otro la zona húmeda, cada uno con su puerta independiente al exterior y con la ventilación adecuada. Cada uno de estos habitáculos contendrá los siguientes elementos:

- Zona Seca: Cuadro de distribución eléctrica, Control Centralizado (control bombas toma muestras, etc...) y otros sistemas adicionales, como el sistema de alarmas. La ventilación de esta zona consistirá en, al menos, dos rejillas de ventilación de unos 50 x 20 centímetros, una ubicada en la parte superior, y otra en la inferior, ambas con mosquitera o sistema similar.
- Zona Húmeda: Panel Calidad con medidores de cloro, turbidez, pH, conductividad, etc..., según las necesidades de la instalación. También incluirá el sistema de dosificación de hipoclorito de sodio (bombas dosificadoras de hipoclorito, cubetos de derrame) y ducha lavaojos de emergencia. Esta zona, debido al hipoclorito de sodio, debe estar suficientemente ventilada mediante rejillas tanto en la parte superior como en la inferior, que permitan la corriente de aire. El tamaño de estas rejillas será, al menos, de 60 x 30 centímetros y llevará una mosquitera o sistema similar.



1 Ejemplo de plano de caseta



2 Ejemplo de planta de plano de caseta



3 Ejemplo instalación caseta. Se observan las dos zonas.



4 Caseta finalizada



5 Acabado y pintado de casetas y almenaras MCT

UBICACIÓN

Dentro del recinto o terreno de la MCT, las casetas se deben ubicar en un lugar accesible a vehículos grandes (pequeñas cisternas suministradoras de hipoclorito de sodio). También debe quedar visible para las cámaras de seguridad y lo más protegida posible de actos vandálicos que puedan afectar a la calidad del agua de consumo humano.

Para elegir el lugar adecuado se deben prever las canalizaciones hidráulicas y eléctricas hacia la caseta de calidad, desde los distintos elementos de la instalación (depósito, entrada o salida de tuberías al depósito, alimentación eléctrica, etc).

REQUISITOS ELECTRICOS

Ambos habitáculos deben de estar interconectados con paso eléctrico, diferenciando fuerza / alumbrado y señales analógicas / comunicaciones.

Los interruptores interiores serán de color gris oscuro y los enchufes de color blanco, con el marco gris oscuro.



6 Interruptores y enchufes

El alumbrado será exterior e interior, preferentemente de tipo led.



7 Alumbrado exterior LED



8 Alumbrado interior LED

CANALIZACIONES Y RELACIÓN CON OTROS ELEMENTOS

Se harán dos picajes de 1" O 1 /2" con válvula de acero inoxidable en la tubería de salida del depósito para:

- Las bombas de toma de muestras hacia los equipos de calidad.
- La bomba grupo de presión para la ducha lavaojos y la toma de muestras de laboratorio.

Se realizarán las zanjias con tubo corrugado 110 mm (para el agua) y 90 mm (para elementos eléctricos), con cama de arena, hormigonado y señalizado, dejando tubos libres hacia donde estén ubicadas las bombas. Su instalación y arquetas preferiblemente en plástico, siguiendo la normativa de canalizaciones eléctricas e hidráulicas.

Para la instalación hidráulica de exterior se utilizará polietileno de 32mm, y la alimentación eléctrica de las bombas será en cable de 3*2.5 mm² y aislamiento de 1000v.

Las bombas se ubicarán en soportes de PRFV, en lugar de fácil acceso.



9 Bomba toma muestras

Desde la caseta de reclaración se realizarán canalizaciones hacia los puntos de reclaración del depósito, canal o tubería. En depósitos se estudiará si se hace la reclaración a la entrada de agua o a la salida del mismo. Las llaves para pasar la cloración a entrada o salida (by-pass) irán en armarios estancos.

Las canalizaciones soterradas irán con tubo corrugado de 50mm y con sus arquetas intermedias.

Las canalizaciones exteriores irán con tubo PVC rígido, accesorios y cajas. Su grosor mínimo será de 32mm.

En el interior de estas canalizaciones estará ubicado el tubo de teflón del hipoclorito, no siendo visible en ningún tramo de su recorrido.



10 Ejemplo de canalización

El retorno de las muestras analizadas se devolverá al depósito o tubería dependiendo de la instalación, y a criterio del responsable de la MCT.

En aquellos depósitos que se dosifique con hipoclorito de sodio, el sobrante del agua de las bombas toma muestras que no es analizada, es necesario retornarla al depósito de agua, junto con el hipoclorito para una mezcla más homogénea de este.

En algunos casos será necesario la instalación de un depósito con bomba sumergible, para aquellos equipos de calidad que no soporten la presión necesaria para devolverla al depósito de agua.

EQUIPOS EN ZONA SECA

Esta zona seca se utilizará para el cuadro de distribución general, cuadro del control centralizado (en su caso), sistemas de instalación de alarmas, etc...cualquier sistema que se instale debe seguir los criterios de la MCT así como la supervisión del responsable del departamento.

Se utilizarán tubos PVC blanco en diámetro 32 y 25 mm, con codos rígidos y grapado a la pared para la electrificación y las señales de calidad. Si es necesario se utilizarán cajas de superficie estancas con accesorios de conexión. Los interruptores y enchufes serán adecuados para zonas húmedas. La iluminación de los habitáculos será de pantallas tipo led.

Para la alimentación eléctrica se utilizará manguera de 3*1.5 mm² y aislamiento de 1000v. Para la señal de los transmisores de calidad, manguera 2 o 4 *1 mm² y aislamiento de 500v.

EQUIPOS EN LA ZONA HUMEDA

- EQUIPOS DE CALIDAD: Se instalarán los sensores y transmisores en un panel de PVC blanco de al menos 15 mm de espesor.
- -DEPOSITO HIPOCLORITO o JERRICANES: El volumen y la cantidad de los depósitos dependerá de las necesidades de cloración, que serán indicadas por personal responsable de la MCT. Según el consumo de la instalación se pondrán depósitos de plástico adecuado para hipoclorito de sodio y de boca ancha para su limpieza, preferiblemente no translúcidos para evitar la degradación del producto y con nivel de contenido grabado en una escala visible por fuera. Se instalará una pequeña instalación con válvulas de paso y una guillermina para cargar del hipoclorito de sodio desde las cisternas suministradoras (ver fotografías). En caso de que los consumos de hipoclorito no sean elevados, no se instalará depósito, ya que las bombas dosificadoras podrán bombear directamente de los jerricanes de hipoclorito de sodio suministrados.
- -CUBETO ANTIDERRAME: Ubicará el depósito o depósitos de hipoclorito, o los jerricanes, en su interior o encima, con una capacidad de recogida mayor que el

- volumen del depósito o del total de depósitos y de jerricanes de hipoclorito de sodio. Preferiblemente con 3 viguetas inferiores para soportar mayores pesos.
- BOMBAS DOSIFICADORAS: Se instalarán en armarios de PVC estancos.
 - LINEAS DE HIPOCLORITO: Se realizarán en teflón 4/6" o 6/8", recubierto de tubo eléctrico PVC de 20 o 25 mm en las líneas de aspiración e impulsión, y en zona visible.
 - DUCHA LAVAOJOS: Se instalará en el interior de las casetas. Su desagüe ira al exterior.
 - BOMBA TRASIEGO: Tipo YUNK, colocada en soporte de PRFV para evitar corrosión.
 - MESA AUXILIAR PLEGABLE de PVC espumado, abatible.
 - MANGUERA auxiliar para limpieza, baldeos y otros usos

La caseta estará prevista de entradas de agua por su solera en arquetas de plástico prefabricadas para las líneas de agua toma de muestras a los equipos de calidad, ducha lavaojos y retorno de muestras a depósito.

La instalación hidráulica estará en el interior de la caseta y las partes visibles serán de PVC rígido de presión PN16.

TOMA DE MUESTRAS PARA LABORATORIO

En el mismo picaje de la ducha lavaojos de emergencia se conectará una toma de muestras para el análisis de la calidad de agua por los laboratorios. Se instalará un armario prefabricado estandarizado por fuera de la caseta, accesible al personal de laboratorio. En su interior existirá grifo de acero inoxidable con boquilla para su desinfección.



11 Caseta para toma de muestras de laboratorio

PANEL DE CALIDAD

La bomba toma muestras se colocará a la salida del depósito, en un lugar accesible y donde el agua sea representativa de la que hay en el depósito o canal, y de calidad homogénea.

Los analizadores y elementos del panel de calidad se instalan sobre un panel de PVC blanco.

En el panel de calidad se instalará analizador de turbidez, analizador de cloro, pHmetro, y, opcionalmente, conductímetro. Habrá que prever un retorno (o un desagüe) del agua analizada al depósito o a la tubería o canal.

Los equipos que se instalen deben ser compatibles con los que ya hay instalados y con el resto de equipos y programas informáticos del control centralizado instalado en la MCT.



12 Panel de calidad

DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO

En cuanto a la dosificación de hipoclorito de sodio, hay casetas que a priori no la llevan, sin embargo, es posible que la necesiten en un futuro, por lo que hay que dejar el espacio preparado para instalar el depósito de hipoclorito de sodio y las bombas dosificadoras.

El almacenaje de hipoclorito de sodio se hará o bien directamente en los jerricanes de 20 o 25 litros que suministra el proveedor, o bien en depósitos de distinta capacidad. Esto dependerá de los consumos de hipoclorito de sodio que tenga la instalación.

El depósito o depósitos, así como los jerricanes se instalarán encima o dentro de una cubeta retenedora para retener posibles pérdidas o roturas. Habrá una bomba dosificadora por cada cámara del depósito de agua, y estarán ubicadas dentro de sus armarios de protección de PVC estancos. En cada caso se analizará por dónde se canaliza el tubing desde las bombas hasta las cámaras del depósito. Preferentemente se dosifica a la salida, aunque queda a criterio del personal responsable de la MCT.

Los depósitos de hipoclorito se rellenarán con camión cisterna a través de las guillerminas antes indicadas, o con jerricanes, por lo que habrá que prever que la cisterna o camión pueda llegar cerca de la caseta, y, además, dentro tendrá que haber un hueco para depositar al menos 12 jerricanes, encima de una cubeta retenedora.

En los depósitos, canales o tuberías que se dosifique hipoclorito, el sobrante del agua de las bombas toma muestras que no es analizada, es necesario retornarla al depósito o tubería de agua, junto con el hipoclorito para una mezcla más homogénea de este.

En algunos casos será necesario la instalación de un depósito con bomba sumergible, para aquellos equipos de calidad que no soporten la presión necesaria para devolverla al depósito de agua.



13 Bombas dosificadoras



14. Depósitos de hipoclorito de sodio y cubetos de retención

DUCHA LAVAOJOS DE EMERGENCIA

Cuando haya reclusión del depósito o canal se instalará, cumpliendo la normativa de riesgos laborales, una ducha lavaojos de emergencia, conectado a un picaje con grupo a presión.

La ducha lavaojos de emergencia estará ubicada dentro de la caseta. Debe haber una bomba con presostato que alimente esta ducha lavaojos. Esta bomba se alimentará de la misma agua del depósito.



15 Ducha lavaojos de emergencia

MESA AUXILIAR PLEGABLE

Se instalará una mesa plegable dentro de la caseta, en algún lugar de las paredes que no obstaculice el paso ni el acceso a ninguno del resto de elementos interiores. Esta mesa tendrá el objetivo de servir de soporte temporal de los fotómetros portátiles o cualquier otro equipo o herramienta que se necesite usar durante los trabajos que se realicen.

Los soportes serán de tablero de PVC espumado de tamaño 500x400 milímetros, y ancho mínimo de 16 milímetros. Iran sujetos a la pared con dos escuadras abatibles de material inoxidable. El conjunto debe soportar al menos 15 kg de peso.



16 Mesa auxiliar plegable

MANGUERA AUXILIAR

En la zona húmeda, en algún lugar de las paredes que no obstaculice el paso ni el acceso a ninguno del resto de elementos interiores, se instalará un portamangueras y una manguera de unos 5 metros, que servirá para el baldeo, limpieza y otros usos de mantenimiento. La manguera tendrá la conexión adecuada para poderse conectar a alguno de los grifos de la caseta, y una punta de manguera estándar.

EQUIPACIÓN A INSTALAR SEGÚN EL TIPO DE CASETA

Si sólo hay medición de los parámetros de calidad:

- -BOMBA TOMA MUESTRAS: Bomba tipo horizontal, multicelular de 0.5 CV.
- -MEDIDOR CLORO: Colorimétricos o amperímetros según instalación a elección de MCT.
- -MEDIDOR DE TURBIDEZ: Medición laser de bajo rango y alta precisión. Normativa ISO.
- -TRANSMISORES DE SEÑAL: Posibilidad de transmitir la señal en 4-20 mA o MOD_BUS.
- -OTROS PARAMETROS DE CALIDAD A CRITERIO DE LA MCT (conductividad, pH, etc...)
- ARMARIO DE CALIDAD Y TOMA MUESTRAS.
- MESA AUXILIAR PLEGLABLE
- MANGUERA

Si además hay dosificación de hipoclorito se instalarán, adicionalmente a lo indicando antes, los siguientes elementos:

- -BOMBA para DUCHA LAVAOJOS Y TOMA MUESTRAS: con un presostato de control.
- -BOMBAS DOSIFICADORAS: Analógicas tipo DDA o digitales a elección de la instalación y del responsable de la MCT. Siempre en armarios estancos, para evitar derrames. Con posibilidad de dosificación automática o manual. En depósitos de agua, se instalará una bomba por cada cámara, más una adicional de reserva.
- -DEPOSITOS HIPOCLORITO. Adecuados para su uso, de boca ancha para su limpieza.
- -CUBETOS DERRAME HIPOCLORITO: Ubicaran a los depósitos de hipoclorito o jerricanes en su interior.
- -DUCHA LAVAOJOS: Conexionada al grupo de presión, siempre que sea posible, en el interior de la caseta.
- -BOMBA TRASIEGO: Tipo YUNK, colocada en soporte de PRFV para evitar corrosión.²

En los casos en que se envíen las señales al control centralizado, o exista el telemando, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las protecciones de la bomba toma de muestras, la gestión de su marcha y paro.
- Las protecciones de las alimentaciones de los transmisores de equipos de calidad.
- La incorporación de las señales de medición, bien analógicamente o por protocolos de comunicaciones.
- Implementar en la HMI, el grafico y valores de calidad. Se debe poder configurar las alarmas de mínimo y máximo de los valores de calidad. Así como la gestión de la bomba toma muestras.

Si hay dosificación de hipoclorito de sodio se debe poder establecer la consigna de cloro para la dosificación en automático.

CARTELERÍA Y PICTOGRAMAS DE SEGURIDAD

En el interior de las casetas se instalarán todos los pictogramas de seguridad que establezca la normativa vigente. En concreto se instalará un panel sobre el hipoclorito de sodio, en las casetas en las que haya dosificación, así como la ficha de datos de seguridad. También se indicará un cartel junto a la ducha lavoajos. El responsable de Prevención de Riesgos Laborales deberá dar el visto bueno sobre la cartelería, pictogramas y cumplimiento de la normativa.



17 Pictogramas de seguridad y FDS



18 Pictogramas junto a la ducha de seguridad



ANEJO N° 6: REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA



SGIA - PROCEDIMIENTOS	
PR-GEN-03	
REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA	
Rev: 00 \${FECHA}	
Elaborado por: \${elaborador} \${fecha}	Firma
Comprobado por: \${comprobadores} \${fecha}	Firma
Aprobado por: \${aprobadores} \${fecha}	Firma

Control de cambios		
Fecha	Revisión	Modificaciones realizadas
	00	

1. OBJETO

El objeto de este procedimiento es especificar los requisitos técnico-sanitarios mínimos para los materiales utilizados desde captación, tratamiento y distribución en NUEVAS INSTALACIONES O EN REPARACIONES DE LAS EXISTENTES.

Quedan excluidos de los requerimientos para materiales: (art 43) Los productos químicos para tratamiento y los medios filtrantes deberán cumplir con las EN respectivas y Reach.

2. ALCANCE

Afecta a todos aquellos productos que se pretendan utilizar en instalaciones nuevas, o en caso de obras de reparación o reconstrucción, en instalaciones existentes desde la captación hasta la distribución del agua. Se excluyen de este alcance, los medios filtrantes y las sustancias de tratamiento del agua.

3. ÁREAS INVOLUCRADAS

Este procedimiento afecta a todas las áreas de MCT relacionadas con el proceso de agua potable (Explotación, plantas potabilizadoras, desaladoras, obras, calidad y laboratorio).



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

4. ANTECEDENTES

La Directiva Europea (UE) 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, se traspuso a nivel estatal en el RD 03/2023, cuyo artículo 44 hace referencia explícita a los requisitos que deberán cumplir los materiales en contacto con el agua de consumo: “no deberán empeorar la calidad del agua ni transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades perjudiciales para la salud, o que puedan perjudicar que el agua cumpla con los parámetros del Anexo I o suponer un riesgo para la salud de la población abastecida”.

Se han desarrollado varias disposiciones que regulan los procedimientos de evaluación, la «Declaración UE de conformidad» y el marcado europeo que deberán llevar estos productos. Este marcado europeo empezará a aplicar a partir del 31 de diciembre de 2026. Este nuevo marcado indicará, a nivel europeo, que el producto ha sido ensayado y ha demostrado que cumple los requisitos relativos a no empeorar la calidad del agua ni transmitir propiedades perjudiciales para la salud (requisitos higiénicos). En cambio, debe tenerse en cuenta que este marcado no cubre otros aspectos del producto (relativos por ejemplo a su funcionamiento, dimensiones o durabilidad) los cuales, según el caso, podrían regularse en otras reglamentaciones.

Cuando entre en vigor el nuevo marcado europeo, para poner dicho marcado a estos productos, el fabricante deberá contactar con uno de estos organismos notificados (que estén notificados expresamente para este tipo de productos) para que evalúe la conformidad de los productos en cuestión (por medios de los módulos que corresponda: examen UE de tipo, etc.), según establece el Reglamento Delegado (UE) 2024/370. Hasta el 31 de diciembre de 2026 no aparecerá ningún organismo para estas tareas.

Para dar cumplimiento a estos requisitos y de manera transitoria hasta que los actos de ejecución publicados por la Comisión Europea en enero 2024 no sean de aplicación a nivel estatal, se establece un procedimiento interno para la aceptación de este tipo de productos en contacto con el agua destinada a consumo humano que contemple, entre otros criterios, la disposición transitoria del RD 3/2023, debiendo emitir el fabricante una declaración responsable para sus productos.



REV.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

5. DESARROLLO

5.1 Pasos previos

Se solicitará la Información del producto (o por la Asistencia o en la elaboración de pliegos y contratos)

- Identificación del producto
- Composición cualitativa
- Sistema de fabricación
- Presentación
- Fichas técnicas de seguridad
- Tipología del producto:
 - Producto de componente único
 - Producto mezcla de componentes
 - Producto multicapa
 - Producto aplicado in situ

Criterios de aceptación sanitaria de productos

Los criterios de aceptación serán los estipulados en:

- RD 03/2023
- Requisitos internos de calidad SANITARIA (ANEXO)
- Listas positivas publicadas por la ECHA. Se **RECOMIENDA** verificar que los compuestos constituyentes del material del producto estén incluidos en la lista correspondiente, en función de la naturaleza del componente:
 - Lista positiva de sustancias orgánicas (PL): indica aquellas sustancias orgánicas aceptadas para la fabricación de los materiales finales utilizados en la fabricación de productos.
 - Lista de composiciones para materiales metálicos (CL): indica aquellas aleaciones y composiciones aceptadas para la fabricación de elementos metálicos y sus impurezas máximas.
 - Lista de composiciones aprobadas para materiales con base de cemento (ACL): indica los constituyentes orgánicos e inorgánicos aprobados para la fabricación de materiales finales en los que el cemento es el principal aglomerante.

5.2 Requisitos internos de calidad SANITARIA

Para la validación del material se procederá de acuerdo con una de las siguientes vías de actuación:

En enero de 2027 será de aplicación que los productos posean certificados oficiales por entidades verificadoras del cumplimiento de los requisitos de los materiales conforme a la normativa vigente.



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

5.2.1. Productos que posean certificados expedidos por países que dispongan de NAS (Francia, Gran Bretaña, Holanda y Alemania¹.)

- El fabricante aportará un **certificado propio**, firmado por un apoderado y con el sello de la empresa, donde se expresará de manera general, explícita y literal “que todos los materiales de los componentes de dicho producto/elemento son aptos para estar en contacto con el agua de consumo humano”, justificándose dicha aptitud mediante la presentación de los correspondientes certificados: Certificado propio + Certificado aptitud (NAS)
- En el mismo documento se incluirá:
 - Una **relación de los materiales** del producto susceptibles de estar en contacto con el agua de consumo humano, indicando para cada uno de ellos la referencia al certificado o certificados de aprobación emitidos por laboratorios oficiales, de manera que se correspondan unívocamente y sea fácil su identificación.
 - En caso de disponer de certificado de aprobación sanitaria para el producto en su conjunto, dichos materiales se identificarán también, referenciándose al certificado del producto.

Calidad y laboratorios, será la encargada de revisar y validar la documentación. Si ésta no cumple los requisitos exigidos, los motivos de rechazo serán comunicados al proveedor, el cual deberá proceder a su corrección. La Asistencia reclamará periódicamente la documentación pendiente a los proveedores.

Las entidades verificadoras del cumplimiento de estos requisitos establecidos están indicadas en la

TABLA 1	
País	Entidad verificadora
Francia	<ul style="list-style-type: none">• Centre de recherche, d'expertise et de contrôle des eaux de Paris (Crecep)• Institut Pasteur de Lille (IPL)• IPL Santé Environnement Durables Es• CARSO- Laboratoire Santé-Environnement-Hygiène de Lyon.• EUROFINs
Holanda	<ul style="list-style-type: none">• KIWA
Gran ³ Bretaña	<ul style="list-style-type: none">• DWI• WRAS (en caso de pequeñas superficies de contacto)
Alemania	<ul style="list-style-type: none">• DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches Cert. GmbH)• TZW

siguiente tabla 1:²

Todos los certificados deberán estar actualizados de acuerdo con la normativa vigente en cada país emisor. En cualquier caso, la caducidad de los certificados nunca será superior a **cinco años**.

¹ Se valorará la aceptación de certificados procedentes de otros países con sistema nacional de aprobación de materiales.

² Se podrá valorar la aceptación de certificados emitidos por entidades de otros países.

³ Gran Bretaña fuera de la UE



Diagrama de flujo del proceso

5.2.1. El proveedor dispone de certificados expedidos por países europeos con NAS propio:

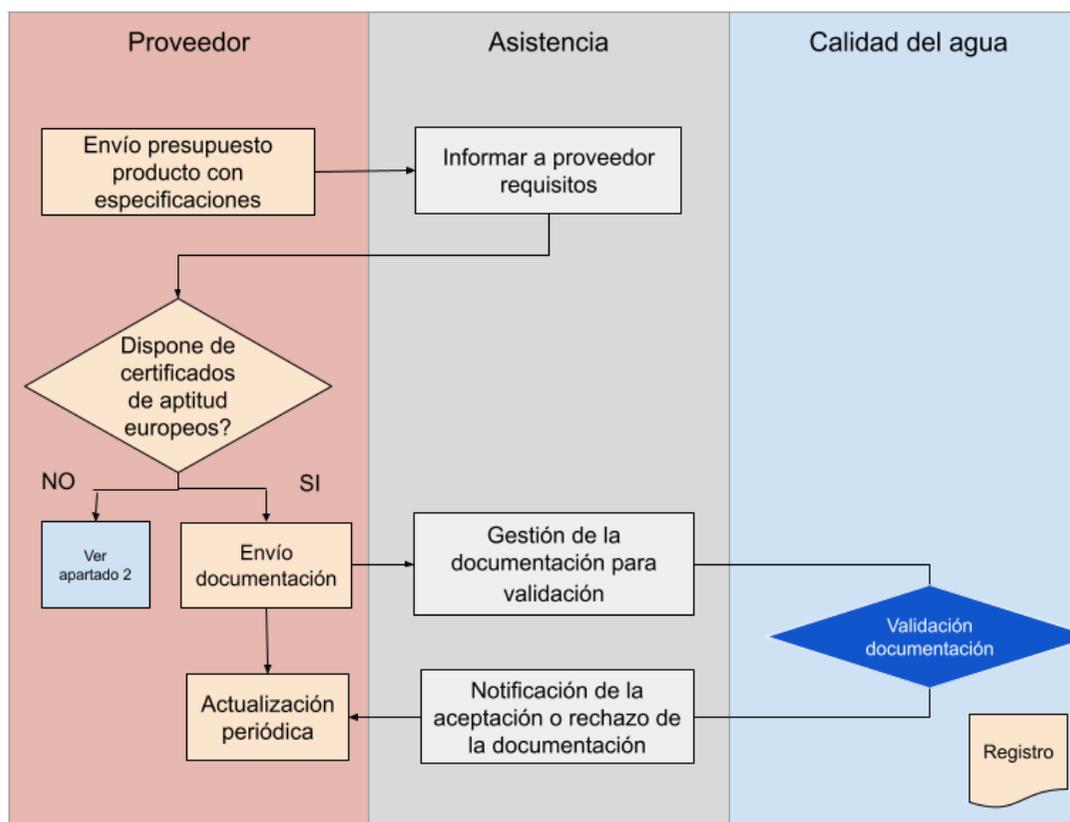


Diagrama 1



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
------------------------	--

5.2.2. Productos sin certificados expedidos por países con NAS PROPIO

En el caso de que el proveedor no disponga de un certificado NAS, se le informará:

- El fabricante aportará un **certificado propio**, firmado por un apoderado y con el sello de la empresa, donde se expresará de manera general, explícita y literal que “todos los materiales de los componentes de dicho producto/elemento son aptos para estar en contacto con el agua de consumo humano”, justificándose dicha aptitud mediante la presentación de los correspondientes certificados: Certificado propio + ensayo de migración
- Se incluirá un ensayo de migración con los requisitos:
 - Todos los ensayos deberán ser realizados por laboratorios acreditados según Norma 17025 para dichos ensayos, debiendo realizarse los análisis según las normas EN en vigor.
 - Los ensayos de migración deberán realizarse en condiciones representativas de la utilización real del material.
 - El proveedor enviará la información del producto, así como el resultado de los ensayos realizados.
 - La documentación enviada será validada por Calidad de Aguas

En general, se ensayará siguiendo, en la medida de lo posible, las condiciones reales de utilización. Así, en el caso de un producto multicapa, si existen barreras que impiden el contacto con el agua de las capas internas, no será necesario analizar cada una de ellas.

Los ensayos analíticos se llevarán a cabo de acuerdo con el criterio técnico del laboratorio, estableciéndose los criterios de la siguiente tabla como pauta general:

	ORGÁNICO	METÁLICO	CEMENTOS	CERÁMICO / ESMALTADO
ORGANOLÉPTICO				
OLOR	SI	-	SI	-
SABOR (A PARTIR DE DICIEMBRE 2026)				
COLOR	SI	-	SI	-
TURBIDEZ	SI	-	SI	-
GENERAL				
SUSTANCIAS ORGÁNICAS (GCMS)	SI	-	SI	-
CARBONO ORGÁNICO TOTAL (TOC)	SI	-	SI	-
CRECIMIENTO MICROBIOLÓGICO (PARTIR DE DES 2026)	SI	-	SI	-
RD 03/2023 (PARÁMETROS SEGÚN COMPOSICIÓN PRODUCTO)	SI	SI	SI	SI

Tabla 2



REV.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

Diagrama de flujo del proceso

5.2.2.–El proveedor NO dispone de certificados expedidos por países europeos con NAS propio:

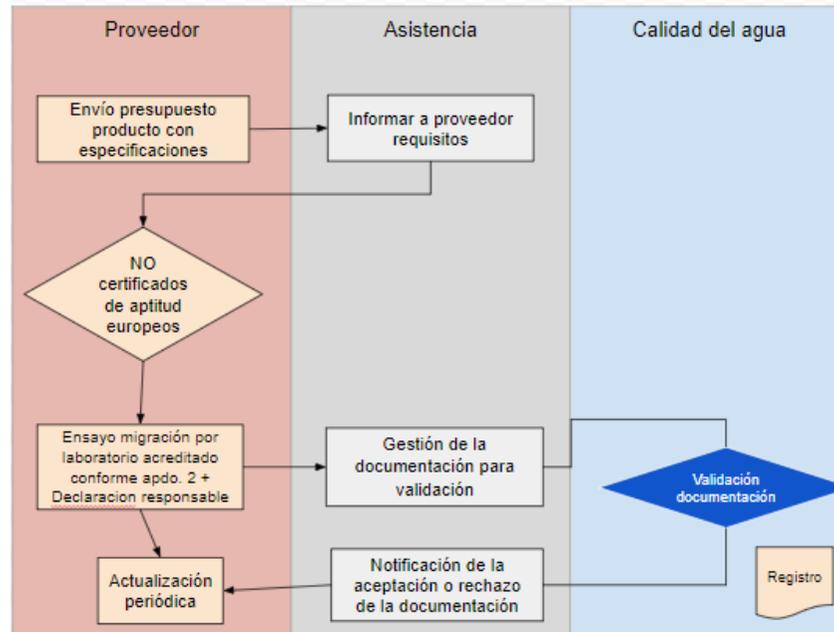


Diagrama 2



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

6. ANEXOS

6.1. Ensayos en función del tipo de material en contacto con el agua

6.1.1. Para materiales orgánicos

El fabricante llevará a cabo los ensayos de migración y las determinaciones analíticas de acuerdo con las normas de referencia indicadas en la Tabla 3

<i>Tabla 3</i>		
Parámetro	Normas de referencia para los ensayos de migración ¹	Normas de referencia para los análisis del lixiviado
Olor	UNE EN 1420:2000	UNE EN 1622:2007
Color	UNE EN 1420:2000	UNE EN 7887:2011
Turbidez	UNE EN 1420:2000	UNE EN 7027-1:2016
Sustancias orgánicas lixiviables	UNE EN 12873:2014	UNE EN 15768:2015
Carbono orgánico total (TOC)	UNE EN 12873:2014	UNE EN 1484:1997
Estimulación del crecimiento microbiológico (ECM)	sin migración	UNE EN 16421:2015

Los criterios de evaluación de resultados para materiales orgánicos se indican en la Tabla 4:

<i>Tabla 4</i>	
PARÁMETRO	CMT (CONCENTRACIÓN MÁXIMA TOLERABLE)
OLOR (TON)	8 ¹ (Para tuberías con diámetro intern <80mm) 2 ² (Para el resto de productos)
COLOR	5 mg/l Pt/Co
TURBIDEZ	0.5 NTU
SUSTANCIAS ORGÁNICAS LIXIVIALES⁴	Si existe límite: según Lista positiva Si no existe límite: 1 mg/l para sustancias identificadas. 1 mg/l para sustancias no identificadas, en base al patrón interno más cercano. 5 mg/l para la suma de sustancias no identificadas.
TOC	≤0.5 mg/l ⁵



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

ESTIMULACIÓN CRECIMIENTO MICROBIOLÓGICO		No- elastómeros	Elastómeros (CF > 1 d/dm)	Elastómeros (1 d/dm ≥ CF > 0,1 d/dm)	Elastómeros (CF ≤ 0.1 d/dm)
	Método	Biomass production potential (BPP) in pg ATP/ cm ²	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
Método	V _{biofilm} in ml/800 cm ²	≤ 0.05 ± 0.02	≤ 0.05 ± 0.02	≤ 0.12 ± 0.03	≤ 0.20 ± 0.03

6.1.2. Para materiales metálicos

Se deberá presentar certificado de análisis de la composición metálica de estos materiales, expresada en porcentaje en masa de cada metal, y emitido por Laboratorios acreditados según ISO 17025.

Hasta diciembre 2026, se aceptarán certificados emitidos por laboratorios ISO 9001, adicionando una declaración del fabricante conforme cumple con los requerimientos de la lista positiva establecidos en el documento público 'los requerimientos europeos establecidos en el documento público *'Acceptance of metallic materials used for products in contact with drinking water- Part B'*.

A partir de diciembre 2026, de manera adicional, el fabricante realizará un ensayo de migración que simule la liberación de elementos metálicos (se aceptarán también ensayos dinámicos según **UNE EN 15664-1** o **UNE EN 16056**), y se analizarán los metales incluidos en el Anexo I del RD 03/2023. El criterio de aceptación de los elementos metálicos será el indicado en el Anexo V de la Lista positiva europea.

6.1.3. Para materiales cementosos

El fabricante realizará un ensayo de migración según norma **UNE-EN 14944-3** 'Influencia de los materiales con base cementosa en el agua destinada a consumo humano. Métodos de ensayo. Parte 3', teniendo en cuenta las indicaciones de acondicionamiento previo de las piezas de ensayo y el ensayo de migración con una relación Superficie/Volumen, representativa del grupo de productos. Los criterios de aceptación se aplicarán sobre los resultados de la muestra obtenida en el tercer ciclo de migración, pudiéndose aplicar también sobre los resultados del noveno ciclo.

Debido a que los Materiales cementosos pueden contener aditivos inorgánicos y orgánicos, se determinarán los parámetros indicados anteriormente en la Tabla 2, añadiendo el análisis de metales según **UNE EN 17294:2017**.

Los criterios de evaluación serán los indicados en el Anexo III de la Lista positiva europea ('Lista positiva europea de Componentes orgánicos de Materiales cementosos')



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

6.1.4. Para materiales esmaltados y cerámicos

El fabricante realizará un ensayo de migración según norma **UNE-EN 12873**, teniendo en cuenta la utilización de agua sin clorar para llevar a cabo el ensayo de migración.

En el lixiviado se analizarán los siguientes parámetros, expresando el resultado como concentración estimada en grifo de consumidor: **metales, benzo-pireno y PAHs**.

Los criterios de aceptación serán los establecidos en el Anexo IV de la Lista positiva europea ('*Lista positiva europea de composiciones de esmaltes, cerámicas y otros Materiales inorgánicos*'),

Si los certificados presentados por el fabricante no se corresponden con los indicados en este documento, se valorarán los certificados disponibles, pudiendo solicitar análisis complementarios.

6.1.5. Para otros tipos de materiales

Se aceptarán aquellos materiales cuya composición cumpla con las listas positivas europeas. Por otra parte, también se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Si la composición del material incluye **Epiclorhidrina, Cloruro de Vinilo, Bisfenol A o Nonilfenol**, deberán determinarse específicamente en el lixiviado obtenido del ensayo de migración según **UNE EN 12873**.

El criterio de evaluación será el indicado en las Listas positivas europeas.

- Si el material contiene **revestimiento de poliamidas o poliuretanos**, deberán determinarse aminas aromáticas primarias (PAAs) en el lixiviado obtenido del ensayo de migración según **UNE EN 12873**.

El criterio de evaluación será No detectable, con un Límite de detección ≤ 0.1 mg/L.

- Si el material contiene **elastómeros**, deberán determinarse los siguientes compuestos en el lixiviado obtenido a partir del ensayo de migración **UNE EN 12873**:

Aminas aromáticas policíclicas (PAAs) y N-nitrosaminas, siendo No Detectables para el método de análisis (Límite de detección ≤ 0.1 µg/l).

Aminas secundarias, con una concentración máxima permitida en grifo de consumidor de 250 µg/l.

- Si el material contiene **colorantes o pigmentos**, deberán determinarse los siguientes compuestos en el lixiviado obtenido a partir del ensayo de migración:

Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio, Selenio.

El criterio de evaluación será el indicado en el Anexo V de la Lista positiva europea ('CMTgrifo para los metales pertinentes en el agua de migración').

Aminas aromáticas primarias, expresadas como anilina, a excepción de aminas con grupos carboxilo o sulfónico. El criterio de evaluación será No Detectables para el método de análisis (Límite de detección ≤ 0.1 µg/l).

- Para **materiales de relleno de origen mineral**, deberán determinarse los siguientes compuestos en el agua de migración:



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Plomo y Selenio, Cromo, Mercurio.

El criterio de evaluación será el indicado en el Anexo V de la Lista positiva europea (*'CMTgrifo para los metales pertinentes en el agua de migración'*).

6.2. Identificación de las sustancias y otros parámetros pertinentes

6.2.1. Clasificación de los productos o piezas en grupos de riesgo y requisitos de ensayo correspondientes.

Para cada producto o pieza de un producto ensamblado, se determinarán un grupo de productos y el factor de conversión (FC) correspondiente de conformidad con la tabla 5



REV.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

Grupo de productos		FC en d/dm
A	Tuberías y revestimientos de tuberías	
1	DI < 80 mm (instalaciones domésticas, edificios) ¹	20
2	80 mm ≤ DI < 300 mm (tuberías de servicio)	10
3	DI ≥ 300 mm (tuberías de la red de distribución)	5
B	Accesorios y componentes auxiliares²	
1	DI < 80 mm (instalaciones domésticas, edificios)	2
2	80 mm ≤ DI < 300 mm (tuberías de servicio)	1
3	DI ≥ 300 mm (tuberías de la red de distribución)	0,5
C	Piezas de accesorios y componentes auxiliares³	
1	DI < 80 mm (instalaciones domésticas, edificios)	0,2
2	80 mm ≤ DI < 300 mm (tuberías de servicio)	0,1
3	DI ≥ 300 mm (tuberías de la red de distribución)	0,05
D	Pequeñas piezas de accesorios y componentes auxiliares⁴	
1	DI < 80 mm (instalaciones domésticas, edificios)	0,02
2	80 mm ≤ DI < 300 mm (tuberías de servicio)	0,01
3	DI ≥ 300 mm (tuberías de la red de distribución)	0,005
E	Sistemas de almacenamiento (depósitos)	
1	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua < 10 l	4
2	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua ≥ 10 l	2
3	En el suministro de agua	1
F	Piezas de sistemas de almacenamiento³	
1	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua < 10 l	0,4
2	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua ≥ 10 l	0,2
3	En el suministro de agua	0,1
G	Pequeñas piezas de sistemas de almacenamiento⁴	
1	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua ≥ 10 l	0,04
2	En instalaciones domésticas, edificios, volumen de agua ≥ 10 l	0,02
3	En el suministro de agua	0,01

Si, de una serie de tubos de diferente diámetro fabricados con el mismo producto básico y con el mismo proceso de fabricación (una «familia de productos»), se evalúa y aprueba el tubo de menor diámetro, está permitido utilizar toda la serie de tubos de diferente diámetro para todos los ámbitos de aplicación del grupo de productos sin ensayos complementarios.

^{2,3,4} Piezas (suma de piezas hechas del mismo polímero principal o de la misma composición) de productos ensamblados con una fracción de superficie mojada.

² ≥ 10 % del producto ensamblado.

³ < 10 % del producto ensamblado.

⁴ < 1 % del producto ensamblado.

Tabla 5

Sobre la base del FC determinado, el producto o pieza se clasifica en un grupo de riesgo (GR) de conformidad con el cuadro de requisitos de ensayo en función del riesgo para productos o piezas de productos ensamblados.



REV.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

La clasificación en un GR determina los requisitos de ensayo correspondientes, incluidas las sustancias y otros parámetros pertinentes. El procedimiento de ensayo aplicable a los materiales orgánicos finales se deriva del uso de estos materiales en productos o piezas de productos ensamblados.

Las piezas menores se consideran piezas clasificadas en los grupos de riesgo 3 o 4 (GR3 o GR4) a las que pueden aplicarse requisitos de ensayo reducidos, tal y como se establece en la tabla 6, en comparación con los requisitos de ensayo para los grupos de riesgo 1 o 2 (GR1 o GR2).

6.2.2. Para materiales orgánicos finales

Los requisitos de ensayo en función del riesgo en la siguiente tabla

Grupo de riesgo	FC en d/dm	Revisión de la formulación	Sustancias pertinentes	Detección de sustancias inesperadas	COT	TON ¹ , TFN ² , color, turbidez	EMG
GR1	≥ 4	Sí	Sí, en el producto	Sí, en el producto para tuberías con FC > 10 d/dm o parte para ensayo de la formulación			
GR2	≥ 0.4 y < 4	Sí	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, en el producto (ensamblado) o pieza	Sí, en el producto (ensamblado) o pieza	Sí, en la pieza o parte para ensayo de la formulación
GR3	≥ 0.04 y < 0.4	Sí	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, en la pieza o parte para ensayo de la formulación
GR4	< 0,04	No	No	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, sobre el producto (ensamblado), pieza o parte para ensayo de la formulación	Sí, en la pieza o parte para ensayo de la formulación

¹ Umbral de olor

² Umbral de sabor

Tabla 6

En el caso de un producto ensamblado, deberán indicarse las piezas. Para cada pieza de un producto ensamblado, deberá determinarse un grupo de productos. Si un producto ensamblado contiene piezas



REV.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

fabricadas con el mismo polímero principal, la fracción superficial de estas piezas se añadirá de manera acumulativa para determinar el grupo de productos de conformidad con la tabla 5.

Los productos o piezas fabricados con materiales multicapa se consideran un solo material final compuesto por varias capas.

Los ensayos se realizarán con los materiales finales utilizados en los productos en contacto con aguas destinadas al consumo humano.

La especificación de la tabla 6 para los ensayos de «un producto o pieza» implica que el producto o pieza individual de un producto ensamblado se utilizará para la realización de los ensayos.

La especificación de la tabla 6 para los ensayos de la «parte para ensayo de la formulación» implica que una parte para ensayo representativa del material final utilizado en un producto o pieza puede tenerse en cuenta para los ensayos. En este caso, no es necesario que el producto o pieza individual se someta a ensayo.

Conversión de los resultados de los ensayos – material orgánico final

De conformidad con las normas de migración EN 12873-1:2014 y EN 12873-2:2021, los resultados de los ensayos se expresan como tasas de migración (M) en $\mu\text{g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{d})$. Estos resultados se convertirán para estimar las concentraciones en el grifo (Cgrifo), definidas como $C_{\text{grifo}} = M \cdot FC$, donde FC es el factor de conversión correspondiente en d/dm .

Los factores de conversión para los distintos grupos de productos se indican en la tabla 5

6.2.3. Para materiales metálicos finales

Los grupos de productos para componentes metálicos

Grupo de productos	Ejemplos de productos o piezas metálicos	Superficie de contacto de partida «a»
A	Tuberías.	100 %
B	Accesorios y componentes auxiliares en instalaciones de edificios.	10 %
C	1. Componentes de productos del grupo de productos B. La suma de las superficies en contacto con aguas destinadas al consumo humano de todas estas piezas deberá ser inferior al 10 % de la superficie mojada total del producto. 2. Accesorios y componentes auxiliares en la red de distribución de agua y en instalaciones de tratamiento de aguas de caudal permanente.	1 %
D	Piezas de accesorios y componentes auxiliares en la red de distribución de agua y en instalaciones de tratamiento de aguas, tal como se describen para la subcategoría 2 del grupo de productos C.	<0,1 %

Tabla 7



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

6.2.4. Para materiales cementosos finales

Los requisitos de ensayo en función del riesgo para productos o piezas de productos ensamblados

Grupo de riesgo	FC en d/dm	Revisión de la formulación	Sustancias pertinentes	Detección de sustancias inesperadas	COT	TON ¹ , TFN ² , color, turbidez	EMG
GR1	≥ 4	Sí	Sí, en el producto o la parte para ensayo	Sí, en el producto o la parte para ensayo si se utilizan componentes orgánicos	Sí, en el producto o la parte para ensayo	Sí, en el producto o la parte para ensayo	Sí, en el producto o la parte para ensayo si se utilizan componentes orgánicos
GR2	≥ 0.4 y < 4						
GR3	≥ 0.04 y < 0.4						
GR4	< 0,04	No	No	No	Sí, en el producto o la parte para ensayo	Sí, en el producto o la parte para ensayo	Sí, en el producto o la parte para ensayo si se utilizan componentes orgánicos

¹ Umbral de olor

² Umbral de sabor

Tabla 8

6.2.5. Para materiales cerámicos y otros materiales inorgánicos finales

Los requisitos de ensayo en función del riesgo para productos o piezas de productos ensamblados



Rev.: 00 XX/XX/2024	PR-GEN-03 REQUISITOS MATERIALES EN CONTACTO CON EL AGUA
-------------------------------	--

Grupo de riesgo	Factor de conversión FC en d/dm	Revisión y ensayo de la composición	Ensayo de migración específica
RG 1	≥ 4	Sí	Sí, en el producto o pieza.
RG 2	$> 0,4$ y < 4		Esmaltes: parte(s) para ensayo producida(s) por el esmaltador
RG 3	$> 0,04$ y $< 0,4$	Sí	Sí, en el producto o pieza. Esmaltes: parte(s) para ensayo producida(s) por el fabricante de esmaltes
RG 4	$< 0,04$	Sí	No

Tabla 9