

Rehabilitación de Obras de Drenaje Transversal (ODT)

Clasificación de las ODT, sus patologías, sistemas de rehabilitación y métodos de diseño



Road Culvert Rehabilitation

Josep Aubeso Gassó
Ingeniero Técnico Mecánico
Amiblu Spain

Arturo Barroso Ramos
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Amiblu Spain

Rafael Lahera Molanes
Ingeniero de Minas
Amiblu Spain

La madurez que año tras año van alcanzando nuestras infraestructuras motivan que, cada vez con más interés, tengamos que prestar especial atención al estado de todos los elementos que las componen. Un componente fundamental de las infraestructuras lineales son las ODT que forman parte del drenaje de las mismas.

Mediante el siguiente artículo se trata de despertar el interés de todos los actores que intervienen en la gestión de infraestructuras sobre las ODT, su estado, funcionamiento, nivel de servicio, deterioros y soluciones posibles a los mismos para que recuperen el nivel de servicio para los que fueron proyectados y construidos. Se clasificarán las ODT, sus patologías más habituales y se propondrán las soluciones a los problemas detectados.

The ripeness that our infrastructures are reaching year after year, motivates us to pay special attention to the state of all the elements that make them up. A fundamental component of network infrastructures are the road culverts that form part of their drainage.

The following article aims to awaken the interest of all actors involved in road culverts management, their condition, operation, level of service, deterioration and possible solutions to them so that they recover the level of service for which they were designed and built. The road culverts and its most common pathologies will be classified, and solutions to the problems detected will be proposed.

1. INTRODUCCIÓN

Las obras de drenaje transversal (ODT) forman parte esencial de cualquier infraestructura viaria, con muy importantes funciones y a las que, en determinadas ocasiones, no se las ha prestado la atención que debiera.

En las labores de conservación se realizan actuaciones para mantenerlas en buen estado de funcionamiento, si bien, las variaciones en las características estructurales (es decir, tipo de material, forma y dimensión), la exposición del medio ambiente, y la amplia distribución geoespacial de las diferentes ODT en nuestro territorio, acompañados de ajustes presupuestarios nos obligan a establecer exhaustivas inspecciones, que permitan evaluar su estado y prevean las actuaciones a realizar priorizando el estado de las mismas.

Un fallo o mal funcionamiento en las obras de drenaje transversal puede afectar no sólo a la ODT en sí, sino generar graves problemas en la vía y su entorno, tales como inundaciones, daños en calzada, interrupción del tráfico e incluso accidentes muy graves.

Existe abundante normativa y bibliografía relativa al correcto diseño y ejecución de las ODT. La actual norma de drenaje, norma 5.2-IC Drenaje Superficial, de la Instrucción de Carreteras, contempla en su redacción aspectos referentes al cálculo de caudales, elementos de drenaje en plataforma y márgenes, drenajes transversales, así como diferentes consideraciones sobre construcción y conservación. Diferente es el grado de conocimiento en cuanto a la rehabilitación de estas con técnicas "menos habituales" y que, sin lugar a duda, generan unos excelentes resultados de funcionamiento con mínimas afecciones al usuario y costes controlados.

Es por ello muy importante recopilar toda la información relativa a patologías en ODT, y proponer las acciones de mantenimiento y rehabi-



Figura 1. Autovía colapsada por fallo estructural de la ODT.

litación para que las que se encuentran en mal estado o deterioradas puedan continuar con su importante funcionalidad a lo largo del tiempo.

En este artículo se pretende evaluar:

- Las distintas patologías y su clasificación que pueden aparecer en una ODT, centrándose en el deterioro del conducto.
- Descripción de los distintos sistemas de mantenimiento y rehabilitación.
- Diseño y métodos de cálculo estructural para los sistemas de rehabilitación mediante entubado.

2. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

2.1. Introducción

Las obras de drenaje transversal se pueden clasificar siguiendo criterios de geometría, tamaño y materiales empleados en su construcción. Estos criterios serán definidos en función de la ubicación, y condicionantes hidráulicos.

2.2. Clasificación según el tipo de ODT

Las ODT en forma circular son la solución más habitual para las obras

de drenaje transversal, debido al correcto comportamiento hidráulico que presentan habitualmente. En algunos casos puede generar estrechamientos en algunos cauces y creando la posibilidad de taponamiento respecto a otras soluciones posibles. Los tubos de sección circular representan el mayor porcentaje de las ODT existentes.

Las ODT con forma rectangular o cuadradas (marco) permiten un gran abanico de soluciones. Son fácilmente adaptables a distintas condiciones de obra, como una estructura de perfil bajo. Su comportamiento hidráulico es inferior al de los tubos, pero permite un mayor ancho de cauce. Desde el punto ambiental permite también, el paso de fauna.

En el caso de las ODT tipo bóveda, estas suelen presentar una parte baja con forma rectangular y la parte alta con forma semicircular o en arco. Este tipo de obra permite, en algunos casos, adaptarse algo mejor al cauce natural y respetar el lecho del río. Es habitual emplear este tipo de obra en zonas de cauce ancho, disminuyendo el riesgo de taponamiento.

Con relación a las tajeas, estas son obras de paso reducido con sección rectangular o abovedada. Normalmente son obras antiguas y que actualmente están en desuso y tienen luces que no exceden de un metro.

Por otro lado, nos encontramos con los pontones que son ODT realizadas en mampostería u hormigón y que comprenden luces entre 3 y 10 metros.

2.3. Clasificación según los materiales de construcción de las ODT

El material más empleado en la mayoría de las ODT es el hormigón armado. Años atrás, el acero corrugado era muy usado debido a su bajo coste y fácil puesta en obra, no obstante, los numerosos problemas que se generan durante su vida útil, generalmente por corrosión, han hecho que el uso de este material sea, en la actualidad, casi marginal. En carreteras antiguas es habitual la existencia de obras de drenaje de mampostería.

Con relación a las de hormigón armado, pueden ser hormigonadas in situ, constituidas por elementos prefabricados, o una combinación de ambas. En la mayoría de los casos se suele utilizar tubos de hormigón armado prefabricados y las embocaduras y/o aletas se suelen hormigonar in situ. Entre las formas más comunes se encuentran las secciones circulares y rectangulares si bien pueden ser muy variadas.

Las de acero corrugado, se utilizan para crear obras de drenaje transversal de formas diversas, circular, forma de arco, elipse, etc. Es habitual usar chapas de acero ondulado, que en obra se unen formando la forma deseada. Actualmente se encuentran en desuso por los problemas de corrosión que presentan normalmente a pesar de los tratamientos superficiales de galvanizado que se les aplican.

Hay que destacar la utilización cada vez más habitual de materiales compuestos de poliéster reforzado con fibra de vidrio PRFV, como solución en la construcción de ODT. Este material aporta una solución con un excelente comportamiento hidráulico y una resistencia total a la corro-

sión a corto y largo plazo.

Finalmente, hay que indicar que en la actualidad no se utilizan de forma generalizada la mampostería y los ladrillos para la construcción de obras de drenaje transversal. En algunos tipos de vías de carácter turístico se suelen usar para la construcción de las embocaduras y pozos con fines estéticos.

3. TIPOS DE PATOLOGÍAS

3.1. Introducción

Si bien siempre se han mantenido e inspeccionado las ODT, las actuaciones que más se han desarrollado sobre ellas son las de limpieza y pequeñas reparaciones que, en líneas generales, las mantienen en un correcto estado de funcionamiento. Con el paso de los años y el envejecimiento de nuestras infraestructuras, las actuaciones a realizar son otras de mayor entidad y varían en función de las patologías detectadas. A continuación, se muestran las patologías más abundantes y generalistas que podemos encontrar en esta unidad.

3.2. Corrosión

Esta patología es característica sobre todo en las ODT de tubo de acero corrugado en las cuales se producen deterioros en el material por ataque electroquímico (normalmente oxidación) y están especialmente localizadas en la parte baja de las mismas sometidas a ciclos de secado-mojado por efluentes (agua normalmente) y llegan a destruir las mismas dadas las fuertes compresiones a las que se

encuentran sometidas en los puntos de mayor oxidación.

En estructuras de hormigón armado se puede producir la corrosión de las armaduras si éstas quedan al descubierto por algún fallo anterior tal como abrasión del hormigón o fisuración.

3.3. Abrasión

Se denomina abrasión a la acción y efecto de raer y desgastar por fricción. Un ejemplo de este proceso es la pérdida de espesor que sufren las tuberías y canales por el flujo de agua que arrastran arena, gravas u otros tipos de materiales. Este proceso, si es continuado, puede dejar al descubierto las armaduras de los elementos de hormigón armado y agravarse con la corrosión de las mismas. Este tipo de patología no suele presentar problemas de forma inmediata, ya que presenta una escala temporal bastante grande, pero puede derivar en posibles filtraciones al terraplén o plataforma con graves consecuencias.

3.4. Filtraciones

Esta patología se da cuando surgen fisuras en el interior de la obra de drenaje transversal, o fallo de las juntas trasversales, que permiten el paso del agua hacia la plataforma que pueden derivar en procesos patológicos de segundo orden tales como ondulaciones o fisuración en el pavimento. No es una patología de las más graves, pero si puede derivar en otras más dañinas.



Figura 2. Tubos de acero corrugado dañados por corrosión.



Figura 3. Tubos dañados por fisuración

3.5. Daño estructural

3.5.1. Daño estructural: Fisuras

Suele ser la primera etapa del daño estructural ocasionado en las ODT; esta fisuración puede ocurrir en el cuerpo de la obra de fábrica o en pozos, aletas y embocaduras. Los tubos de acero corrugado suelen presentar gran fisuración en el cuerpo de la obra de drenaje debido a los asentamientos diferenciales, mientras que, en las obras de hormigón, la fisuración se presenta sobre todo en las embocaduras y aletas.

3.5.2. Daño estructural: Pérdida de forma

La pérdida de forma en una obra de drenaje transversal se produce en aquellos tubos que presentan una rigidez baja, generalmente hacen referencia a los tubos de acero corrugado/materiales plásticos. Por su carácter flexible, al estar sometidos a las cargas del tráfico y de las tierras, pueden sufrir deformaciones verticales que lo hagan perder su forma original. Este hecho origina daños en la plataforma de la carretera tales como ondulaciones, baches, asentamientos etc. Puede darse el caso también que aparezcan abolladuras puntuales en algunas zonas de la conducción.

3.5.3. Daño estructural: Pérdida de alineación

Se produce cuando la alineación del tubo de la obra de drenaje adop-

ta otra posición respecto a la establecida en el proyecto. Esta patología se produce por asentamientos diferenciales en las obras de tierra.

3.5.4. Daño estructural: Rotura

La rotura se produce cuando se supera la resistencia de los elementos estructurales de una ODT. Puede afectar al propio cuerpo de la obra o las embocaduras y/o aletas. La solución a esta patología requiere el cambio total de la obra de drenaje. Esta situación se debe evitar con revisiones periódicas y un mantenimiento continuado.

3.5.5. Daño estructural: Fallo cimentación

El fallo en la cimentación suele ocurrir en las zonas de entrada y salida de las obras de drenaje transversal, generalmente en la salida por descalce de la cimentación ocasionada por la erosión generada por el flujo. Este tipo de patologías puede evitarse estableciendo zonas de disipación de energía y una buena transición entre la obra y el cauce receptor.

4. PROCEDIMIENTOS Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN

Existen en el mercado diversos sistemas y procedimientos de reparación y rehabilitación para las ODT que presenten deterioros y que permiten su rehabilitación sin necesidad de derriuir las existentes y construir unas nuevas.



Figura 4. Tubo ovalizado por defecto en rigidez



Figura 5. Tubo de hormigón con rotura longitudinal en generatriz superior e inferior



Figura 6. Rotura aletas en marco prefabricado

Para poder elegir adecuadamente el sistema de rehabilitación es necesario realizar una evaluación técnica de las ODT, considerando el estado en el que se encuentra, el material con el que fue construida, los recursos que se dispongan, nivel de servicio de la vía, así como el plazo de ejecución y la durabilidad que se quiera tener una vez reparada o rehabilitada.

Tabla 1. Tabla clasificatoria técnicas rehabilitación

Técnicas	Diámetros aplicables orientativos (mm)
Manga continua CIPP	200 - 1600
Entubado ajustado Close-fit (PEAD)	100 - 1000
Enrollamiento espiral (PVC o PE)	800 - 5500
Fragmentación-Bursting (PEAD)	100 - 800
Entubado-relining (PRFV, acero)	300 - 4000
Encofrado HA	1800 - 6000
Hormigón proyectado	+ 2500
Realización nueva ODT mediante hinca, ejecución marcos... (*)	300-6000

El método más empleado y eficiente es aquel, que, tras una exhaustiva inspección clasifica el daño que tiene la ODT y establece unos niveles de gravedad prefijados que determinan la prioridad de actuar sobre ella de una manera u otra, el momento en el que hay que hacerlo tanto por la gravedad de la patología como por las posibilidades de ejecución o nivel de servicio de la vía y siempre, sin olvidarlo, en función de los recursos disponibles en las Administraciones son limitadas.

En la Tabla 1 se detallan los principales métodos de rehabilitación de ODT en función de los diámetros aproximados.

4.1. Manga continua CIPP

Esta técnica de reparación se basa en la aplicación de revestimientos o mangas impregnados con resinas especiales que se colocan por tracción o reversión y posteriormente son curados. Las mangas pueden ser de distintos materiales, desde fibra de poliéster, fibra de vidrio, fibra de carbono, hasta una combinación de varias. En cuanto a los métodos de curado existen los tradicionales por agua o vapor, por rayos UVA o la última generación de tecnología LED. De este modo, una vez ejecutado todo el proceso se obtiene una nueva conducción con buenas condiciones

superficiales y mejoras estructurales respecto a la conducción inicial.

4.2. Entubado ajustado (Close-fit)

El sistema de entubado ajustado (Close Fit) se basa en un tubo de PEAD, predeformado en fábrica para obtener un diámetro más pequeño que se introduce dentro de la conducción a rehabilitar, para posteriormente, mediante la aplicación de calor y presión recobrar su forma original, predominantemente circular. Su instalación también es posible realizarla mediante tracción a través de un aro de reducción que permite una reducción de diámetro del 10%, (esta reducción se mantiene mientras se mantiene el esfuerzo de tracción generado por un cabrestante de tiro). El tubo se suelda previamente en toda la longitud del tramo a renovar. Una vez sometido al proceso de reducción e instalado en el interior de la nueva tubería, se libera la tensión y la conducción se expande elásticamente hasta ajustarse completamente al interior de la conducción antigua.

4.3. Enrollamiento espiral

Se caracteriza por enrollar un tubo de revestimiento hecho de perfiles con nervaduras de PVC o PE y refuerzo de acero dentro de la sección a rehabilitar. El perfil nervado de PVC

o PE se enrolla en un carrete y se pasa a través de una boca de acceso a una máquina de bobinado autopropulsada, que se mueve a lo largo de un espacio definido adaptado al contorno de la conducción a revestir.

Con el fin de garantizar que el tubo de revestimiento pueda acomodar la presión externa de los morteros de relleno durante la inyección de juntas anulares, con secciones transversales más grandes, se instalan marcos de soporte ajustables y plegables como arriostramiento.

El espacio anular definido entre el tubo de revestimiento y el tubo existente se rellena con un material de relleno de alta resistencia y flujo fácil. El relleno crea una tubería intermedia mineral que tiene una determinada rigidez y se utiliza para soportar las cargas. El tubo de revestimiento de PVC o PE mejora las características superficiales del tubo rehabilitado.

4.4. Fragmentación (Bursting)

El Sistema de fragmentación (bursting) también puede ser una opción viable para las situaciones en que una tubería existente ha colapsado y son necesarios grandes trabajos de excavación, lo que no se considera factible o rentable. Para conseguir su instalación, la tubería existente debe ser cortada o fragmentada por el equipo de rotura y expansión, el cual



Figura 7. Proceso de enrollamiento espiral



Figura 8. Relining con tubo de PRFV

simultáneamente va incrustando la tubería vieja en el terreno circundante y arrastrando la nueva conducción de PEAD.

El equipo de trabajo consiste en un cabezal rompedor en forma de cuchilla que, fruto de la tracción originada por una estación hidráulica con una alta capacidad de tiro situada en el pozo de llegada, es capaz de seccionar la conducción existente e instalar la nueva.

4.5. Entubado (relining)

En el revestimiento de tubería simple, se van insertando las tuberías prefabricadas del material escogido (acero, hormigón, PRFV, PE) por dentro de la sección a rehabilitar.

Las tuberías se introducen en la sección a rehabilitar a través de un equipo especial de transporte, conocido como carro, sobre el que se colocan las tuberías. Después de eso, las tuberías se fijan utilizando espaciadores de madera o acero con protecciones y se aseguran contra las fuerzas (especialmente la flotabilidad) que ocurren durante el relleno anular. Este trabajo se lleva a cabo manualmente, por ejemplo, rellenando con lechada de fraguado rápido o cuñas de madera blanda, utilizando cunas especiales o espaciadores.

El espacio anular resultante entre la nueva tubería y la pared existente se rellena posteriormente con mortero o lechadas, no teniendo ninguna

función estructural, sirve para, aportar estabilidad posicional de la tubería de rehabilitación, creación de un lecho o apoyo, prevención de penetración de material del suelo circundante a través de fisuras en la tubería a rehabilitar, prevención de transporte de agua a través del espacio anular, prevención de acumulación de gases en la zona superior del espacio anular y para transmisión uniforme de las cargas externas del terreno y tráfico.

Este método se puede usar para todos los tipos de tubería y para la mayoría de las formas no circulares de sección transversal (por ejemplo, perfil en forma de mandíbula, ovoide, pera, etc.). El método no está vinculado a ningún material de tubería especial. Pueden utilizarse materiales como el acero, hormigón, PEAD o PRFV. Las uniones de tubería más comunes son los manguitos, espigacampana, encolada o soldadura a tope.



Figura 9. Rehabilitación con HA

4.6. Encofrado HA

Mediante este método de rehabilitación se rehabilitan conducciones mediante la creación de una nueva tubería interior con una importante reducción de diámetro (que debe ser permitida por los cálculos hidráulicos de la conducción) y con una importante duración en la ejecución de la misma. Para su ejecución, habitualmente, se emplea un carro de encofrado que se desplaza a lo largo de la antigua conducción a medida que se ha ejecutado el paño correspondiente y por condiciones de seguridad es adecuado realizar el desencofrado del mismo.

Los pasos para ejecutar en esta técnica partirían de la limpieza de la antigua obra de drenaje, la colocación de armaduras, encofrado del mismo, hormigonado y desencofrado.

Mediante esta técnica es habitual reparar tubos acero corrugado si bien, también es frecuente, la ejecución de una losa armada en la zona inferior del tubo (la más afectada por la corrosión de la chapa dónde la abrasión de los acarrees y la agresividad química del agua dañan la protección del acero y sección del mismo) para impedir la rotura del tubo de acero corrugado, mejorar la zona de circulación del flujo y evitar el colapso de las ODT. Esta losa debe ser diseñada para que sea capaz de soportar los empujes del terreno sin la colaboración de la estructura del tubo de acero corrugado existente, es necesario anclarla al terreno.

4.7. Hormigón proyectado con refuerzo

Este método de rehabilitación consiste en la aplicación mediante proyección con aire comprimido de una mezcla preconfeccionada a través de una tubería de impulsión hasta la boquilla de proyección. Previa a esta proyección es necesario colocar las armaduras correspondientes como refuerzo y que deben estar conectadas con las antiguas paredes de la conducción a rehabilitar mediante anclajes.

Dependiendo del tipo de mezcla de partida, generalmente se hace una distinción entre el método de proyección en seco y en húmedo siendo la mayor diferencia entre ellas la premezcla. En la práctica, el proceso de proyección en seco es predominante porque hay menos problemas para proporcionar la mezcla de

partida y en relación con la interrupción del trabajo.

Al salir de la boquilla, la mezcla posee una alta energía cinética que hace que el hormigón proyectado o el mortero rociado se compacte cuando golpea el sustrato.

4.8. Realización nueva ODT mediante hincas, ejecución marcos... (*)

A pesar de no ser una técnica de rehabilitación de ODT, se incluye este punto dado que hay ocasiones o circunstancias que obligan a realizar actuaciones para poner en servicio una ODT que consisten en la construcción de una nueva. Estos casos se deben tener en cuenta cuando hay motivos técnicos y/o económicos que lo justifiquen.

Para la ejecución se pueden contemplar métodos de tecnología sin zanja, como podría ser la ejecución de una hinca/cajones hincados cuando, por ejemplo, el nivel de servicio de la carretera afectada no puede verse comprometido o a cielo abierto mediante el corte de carriles alternativos o totales y la instalación de marcos y/o estructuras.

5. DISEÑO Y MÉTODOS DE CÁLCULO PARA LOS SISTEMAS DE REHABILITACIÓN CON CARGA ESTRUCTURAL

Hay varios métodos de cálculo disponibles en todo el mundo para diseñar sistemas de rehabilitación de

tuberías y, en particular, determinar el espesor de los revestimientos. Los cuatro métodos principales de ámbito internacional establecidos se enumeran a continuación:

- Estados Unidos de América: ASTM F1216
- Reino Unido: SRM WRC
- Alemania: DWA-A 143-2
- Francia (el más reciente): ASTEE 3R-2014

La existencia de varios métodos no es una situación problemática, pero es necesario evaluar cada uno de ellos y evaluar las diferencias en el cálculo y las diferencias en los resultados obtenidos. En este artículo no se tratará esta evaluación comparativa ya que no es su alcance, aunque si se describirán las principales consideraciones entre ellos.

Independientemente de la elección del sistema de rehabilitación y método seleccionado para realizar el diseño estructural, la ODT rehabilitada también considerará las disposiciones de la norma española.

- España: norma 5.2-IC Drenaje Superficial, de la Instrucción de Carreteras.

5.1. La caracterización de la conducción huésped a rehabilitar

El estado de la conducción huésped a rehabilitar es la base del diseño sea cual sea el método elegido. Los parámetros de la conducción huésped considerados por algunos o todos los métodos incluyen: la impermeabilidad, su naturaleza y propiedades del material y la geometría, número y ubicación de la fisuración.

A continuación, se detallan las diferentes definiciones del estado de canal a rehabilitar:

- ASTM F1216 - Parcialmente deteriorado o completamente deteriorado



Figura 10. Rehabilitación ODT con hormigón proyectado

- DWA A143-2 - Estado 1 (Estable), Estado II (Estable – futuras deformaciones improbables), Estado III (estable, futuras deformaciones muy probables)
- ASTEE 3R2014 - Estado 1 (Estable y a mejorar), Estado II (Estable – futuras deformaciones probables), Estado III (Inestable - es probable su colapso);
- SRM WRC - Tipo II (sin carga aplicada desde la conducción huésped) y Tipo I (Rehabilitación integral considerando la conducción huésped)

De forma más gráfica, los distintos estados se representan en la Figura 11.

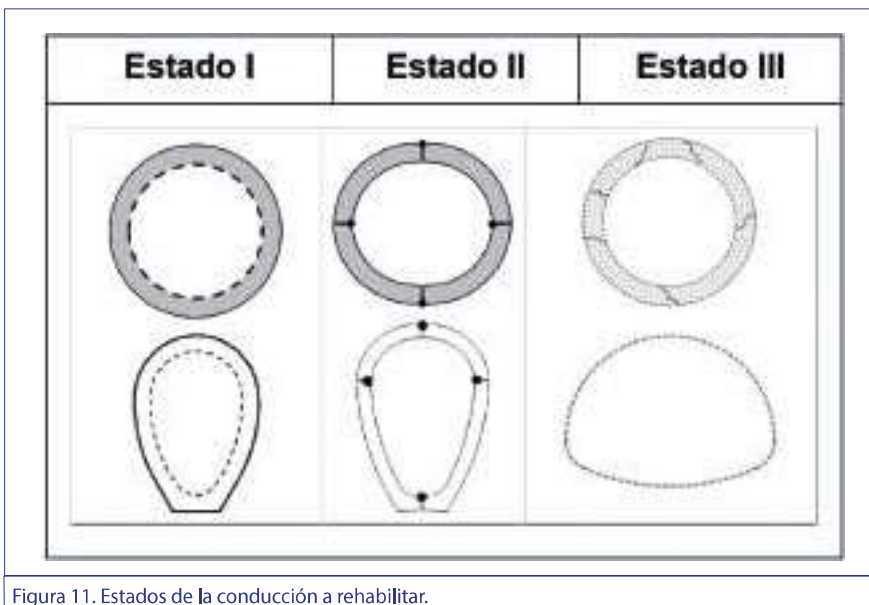


Figura 11. Estados de la conducción a rehabilitar.

5.1.1. ASTM F1216

Se consideran dos estados de la conducción huésped: “parcialmente deteriorada” o “completamente deteriorada”. (Tabla 2)

5.1.2. DWA-A 143-2

Se consideran tres estados de la conducción huésped: Estado I – Estado II – Estado III. (Tabla 3)

5.1.3. ASTEE 3R2014

Se consideran tres estados de la conducción huésped: Estado I – Estado II – Estado III. (Tabla 4)

5.1.4. WRC SRM Tipo II

La conducción huésped se encuentra en equilibrio en el momento del revestimiento y el equilibrio será preservado por el revestimiento. La conducción huésped continúa brindando soporte al suelo circundante y a la carga de tráfico. No se aplican cargas del suelo al revestimiento. Requisito de diseño: el revestimiento solo debe diseñarse para resistir el efecto de las aguas freáticas exteriores.

Tabla 2. Tabla clasificatoria técnicas rehabilitación

	Parcialmente deteriorado	Completamente deteriorado
Estado de la conducción	Comprometida hidráulicamente, corrosión superficial	La conducción huésped ha perdido su rigidez circunferencial y a flexión
Evolución en el futuro	Estable	Colapso probable
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior	Resistir agua freática exterior + cargas del suelo + cargas de tráfico

Tabla 3. Tabla clasificatoria técnicas rehabilitación

	Estado I	Estado II	Estado III
Estado de la conducción	Estructuralmente firme	Fisurado Deformaciones leves (<3%)	Fisurado Deformaciones grandes (<10%)
Evolución en el futuro	Estable	Estable – futuras deformaciones poco probables	Estable – futuras deformaciones probables
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior		Resistir agua freática exterior + otras cargas

Tabla 4. Tabla clasificatoria técnicas rehabilitación

	Estado I	Estado II	Estado III
Estado de la conducción	Comprometida hidráulicamente, corrosión superficial	Fisurado Deformaciones (<10%)	La conducción huésped ha perdido su rigidez circunferencial y a flexión
Evolución en el futuro	Estable o mejorable	Estable – futuras deformaciones poco probables	Estable – colapso probable
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior	Resistir agua freática exterior + otras deformaciones	Resistir agua freática exterior + cargas del suelo

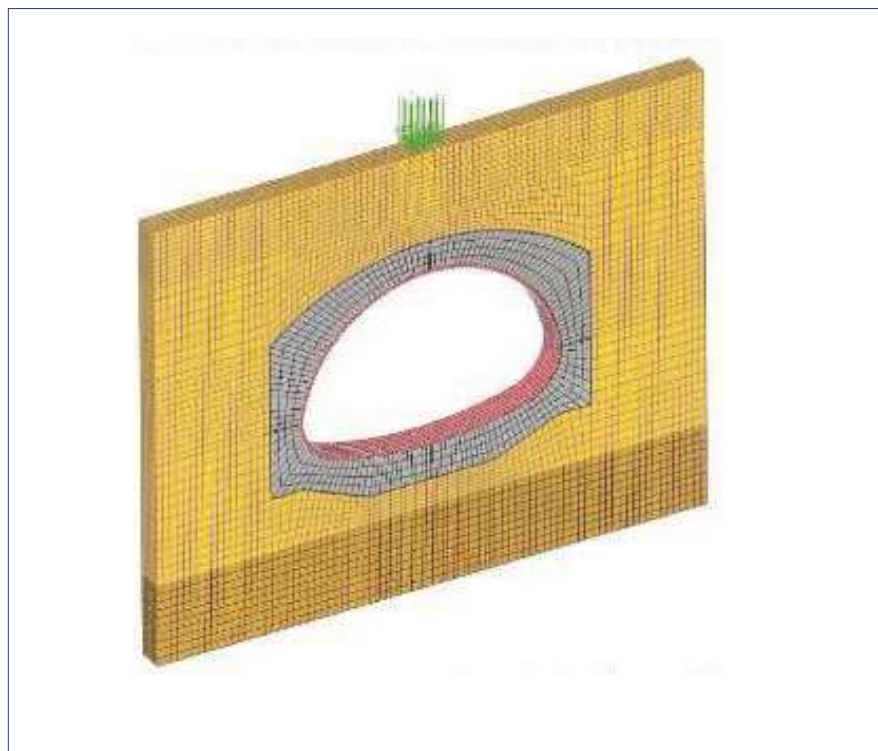


Figura 12. Ejemplo de una sección para rehabilitación continua en forma de boca, cobertura del suelo y cargas de tráfico en el centro.

5.1.5. Métodos por Elementos Finitos

En ciertas ocasiones, donde la geometría de la conducción a rehabilitar o donde se quiere verificar con más detalle el comportamiento del sistema de rehabilitación, se deberá utilizar el sistema de análisis por Métodos por Elementos finitos (MEF).

Existen en la actualidad diversos programas de cálculo especializados que evalúan el comportamiento de la conducción rehabilitada, considerando el material escogido y su espesor estructural, sistema de relleno del mortero, cargas del suelo, cargas de tráfico y agua freática exterior.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se describen los distintos tipos de Obras de Drenaje Transversal (ODT), así como sus patologías que pueden llegar a sufrir debido a fallos en el diseño o deterioro inesperado de los materiales con las que fueron construidas.

Este deterioro de las ODT puede comportar graves desperfectos daños en la seguridad viaria, por lo tanto, su

rehabilitación debe ser estudiada y considerada en profundidad.

La rehabilitación de conducciones en alcantarillado, drenajes, etc. es muy habitual, principalmente en países nórdicos y de centro Europa, donde existe una alta concienciación en el estado de los sistemas de saneamiento urbano construidos hace muchos años. Es por lo que se han desarrollado distintos sistemas de rehabilitación para tuberías de gravedad principalmente. Estos sistemas se han adoptado ya para la renovación de ODT que se encuentren deterioradas debido a las características similares.

La durabilidad de estos sistemas de rehabilitación es un factor muy importante que los ingenieros y principales usuarios tienen en cuenta. Por esto es dichos métodos han sido creados para dar respuesta tanto de resistencia mecánica como a la corrosión a largo plazo.

La resistencia a la corrosión es un parámetro que es intrínseco al material del revestimiento escogido, pero la capacidad mecánica debe ser analizada con métodos analíticos o mediante Métodos por Elementos

Finitos. Es por esto, que se describen de forma general los sistemas disponibles de análisis y cálculo, sus principales consideraciones y clasificación de la conducción a rehabilitar.

No es objetivo de este artículo evaluar ni comparar los sistemas de rehabilitación ni de cálculo disponibles, por lo que no se emite ningún comentario al respecto.

7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Olivier Thepot, Jean-Michel Bergue, Jean-Marie Joussin, Dominique Orditz (2015) Systematic comparison of the four main national methods ASTM F1216, WRC-SRM, DWA-A 143-2 AND 3R-2014, applicable to flexible liners of both circular and non-circular cross-sections.
- [2] Laurent Hesters (2017). Non circular sewer Rehabilitation Relining with Discrete GRP Non-Circular Pipe and Annulus Grouting Design According to 3R-2014 Method and Technical Advice for Installation.
- [3] Dietmar Beckmann, Heinz Doll, Vladimir Lacmanovic. (2016). Rehabilitation of large profiles lacking long-term stability. 3R international magazine IFA
- [4] Federal highway administration USA (1995). Culvert repair practices Manual, Volume 1 & 2.
- [5] The International Society for Trenchless Technology (2014). Guideline trenchless techniques
- [6] Temha Tipologías Estructurales en Madera, Hormigón y Acero (2017). Informe tubos ARMCO Pontevedra. Análisis de estado y propuesta de reparación.
- [7] Ana Díez Contreras, Fernando Delgado Ramos, Leonardo Nanía Escobar, Pablo Ortiz Rossini, Marisol Sánchez Ladrón De Guevara, Marcos Pérez Díaz (2014) Bases Científicas para una Guía Técnica de Drenaje específica para la red viaria andaluza. informe sobre patologías de obras de drenaje transversal. ❖