

TUBERÍA DE FUNDICIÓN NODULAR O DÚCTIL (FN O FD) EN APLICACIONES CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA (TSZ). CONSIDERACIONES PARTICULARES.

Nota previa

Lo aquí expuesto son consideraciones particulares exclusivas del autor, que no enmarcan ninguna crítica a la propia tubería en sí, ni mucho menos, respecto a cualesquiera aspectos estructurales y de calidad.

Se trata de indicar, bajo un punto de vista técnico propio, los condicionantes que se considera implican su utilización en el ámbito de las llamadas Tecnologías Sin Zanja (TSZ,s) para sustituciones (en cuanto a servicio sin retirar la existente) por sistemas de entubación o sustitución real (desapareciendo la existente) por rotura, o nuevas instalaciones por sistemas de perforación dirigida.

Consideraciones

Dado el tipo de tecnologías (Relining -entubación-, PHD -perforación dirigida-, Bursting- sustitución mediante rotura estática-, Cracking- sustitución mediante rotura dinámica-) donde se va a realizar un arrastre de la nueva tubería, es **necesario que los tubos de fundición nodular queden unidos por juntas competentes que soporten la tracción necesaria para su introducción, a través de toda la longitud precisada.**

En la tecnología de Relining (entubación), el arrastre se va a producir por el interior de una tubería ya existente, que queda como “camisa” de la nueva.



En el resto, el arrastre se va a producir, de modo subterráneo, por el propio terreno circundante, por la base del hueco creado por los escariadores y expansores. Es decir, el **rozamiento será mucho mayor, precisando una fuerza de tracción mucho más elevada y, por tanto, ejerciendo una fuerza mucho mayor en las juntas de unión.**

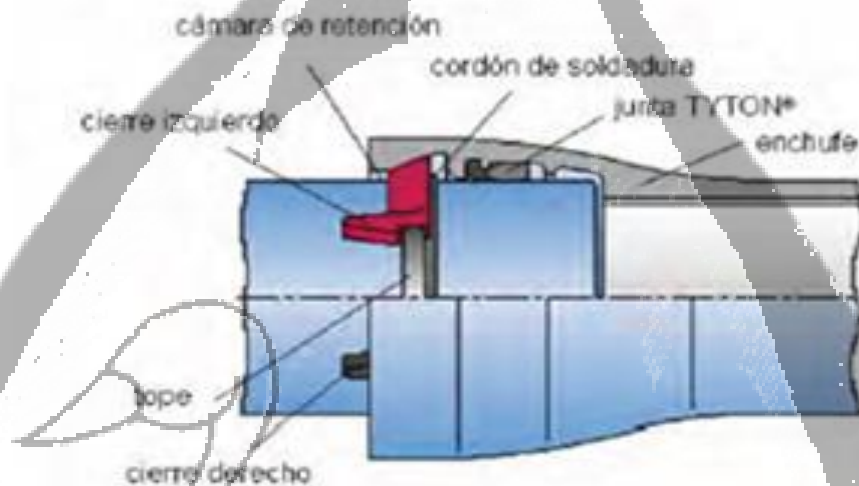
Estos tipos de **juntas, denominadas acerrojadas, necesitan cumplir con otro requisito básico, como es el no incrementar, con su morfología, el diámetro exterior de la cabeza**

del tubo (no sobresalir de esta) ya que, de lo contrario, harían necesario una mayor disposición de huecos perforados/conseguidos, incrementando notablemente el coste de obra para conseguir el mismo diámetro hidráulico.

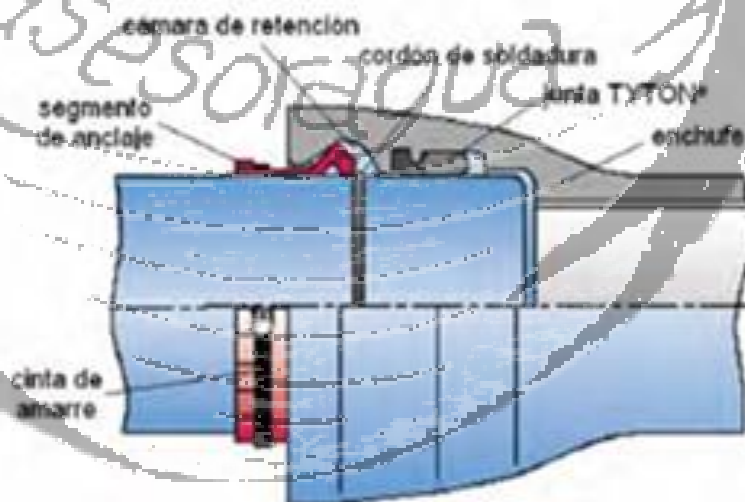
Lo mismo para la disposición de los tubos, para este tipo de prácticas, en relación al diámetro exterior de sus cabezas, debiendo corresponder a diseños que generen el menor diámetro posible.



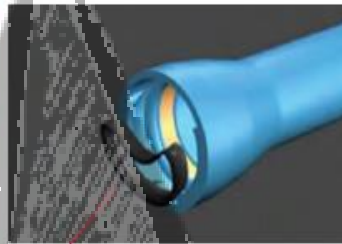
Ejemplos de este tipo de tubos y juntas de anclaje existen en el mercado. Aquí se adjunta un ejemplo (el más competente que se considera de los observados para este tipo de función) extraído de una información de un fabricante, donde se dispone la estanquidad por la típica junta automática flexible de EPDM, de calidad alimentaria, y dos segmentos metálicos a insertar a izquierda y derecha, en los alojamientos de la cabeza, para bloquear la unión (pudiéndose colocar otro segmento de refuerzo adicional, si fuese conveniente, tanto por altas presiones como para lo que nos ocupa aquí, respecto a esfuerzos de tracción).



En función de los diámetros varía el diseño de la cabeza del tubo y se incrementan los segmentos y disposiciones de anclaje. Así, el diseño anterior sería –según el fabricante– para diámetros de 80 hasta 250mm, incluidos. Para diámetros de 300 a 500mm, incluidos, los segmentos de anclaje aumentarían a 4 unidades. En diámetros de 600 a 1000mm, se disponen segmentos de anclaje de morfología diferente, que se sujetan a su vez con una cinta de amarre plástico o metálico (según aplicación: por ejemplo la metálica sería la utilizada para TSZ,s).

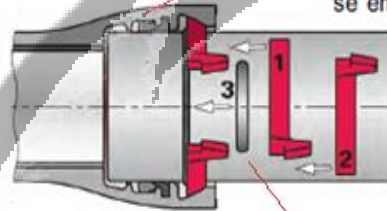


Proceso de Instalación y Montaje



junta automática flexible de EPDM

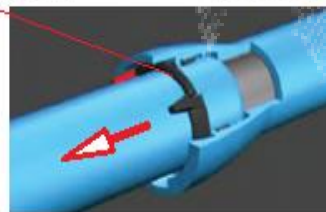
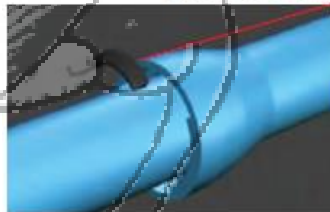
1 segmento derecho en la apertura del enchufe
se empuja hacia la derecha todo lo que se pueda



2 segmento izquierdo lo mismo

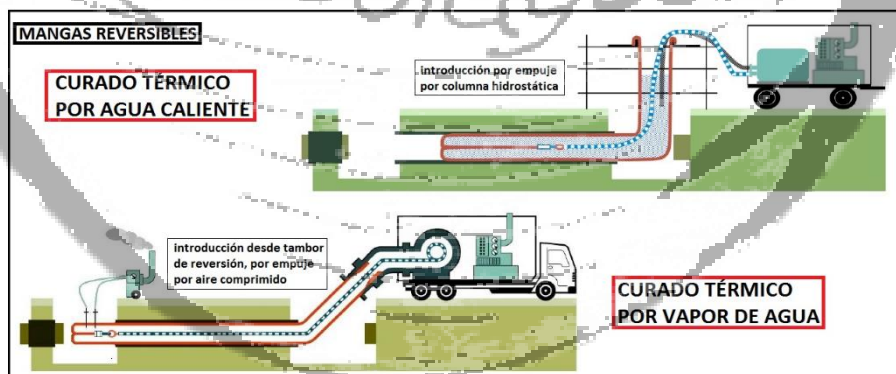
3 se inserta el tope de EPDM

4 se tira de la espiga



Si bien se han utilizado las tuberías de fundición nodular para la aplicación de instalaciones nuevas o sustituciones/rehabilitaciones, debe tenerse muy en cuenta las diferencias, de cara a su elección, que presentan este tipo de material, frente a los materiales plásticos más idóneos para este tipo de usos (en general también, a juicio del que suscribe esto), como puede ser el polietileno (PE) o el poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) respecto a tuberías estándar, ya que, en procesos de inserción por tubería existente (entubaciones), existen otros formatos NO estándar, como tuberías flexibles y mangas a polimerizar:

SISTEMAS DE INTRODUCCIÓN Y DE CURADO DE LOS "ENMANGADOS"



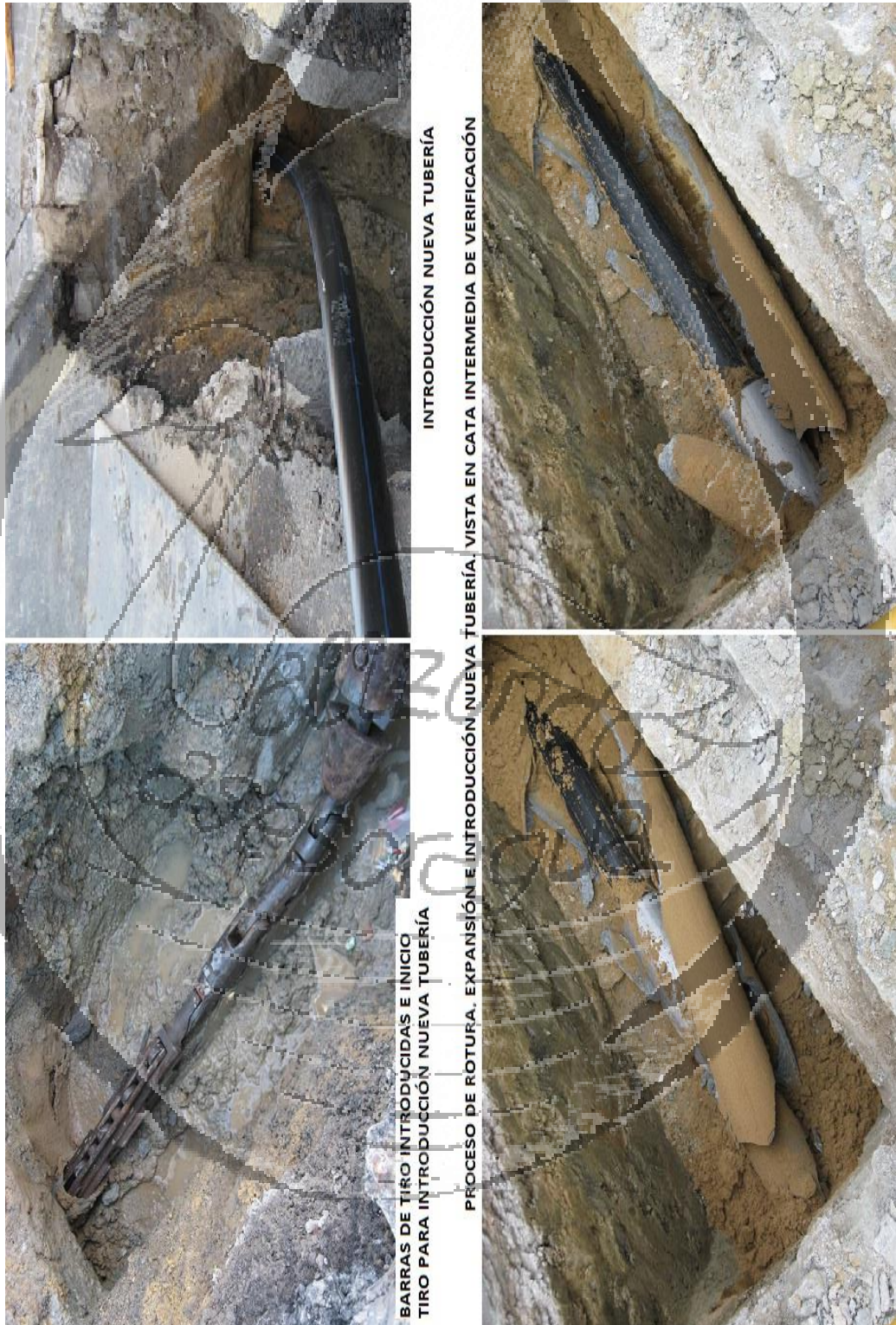
MANGAS DIRECTAS

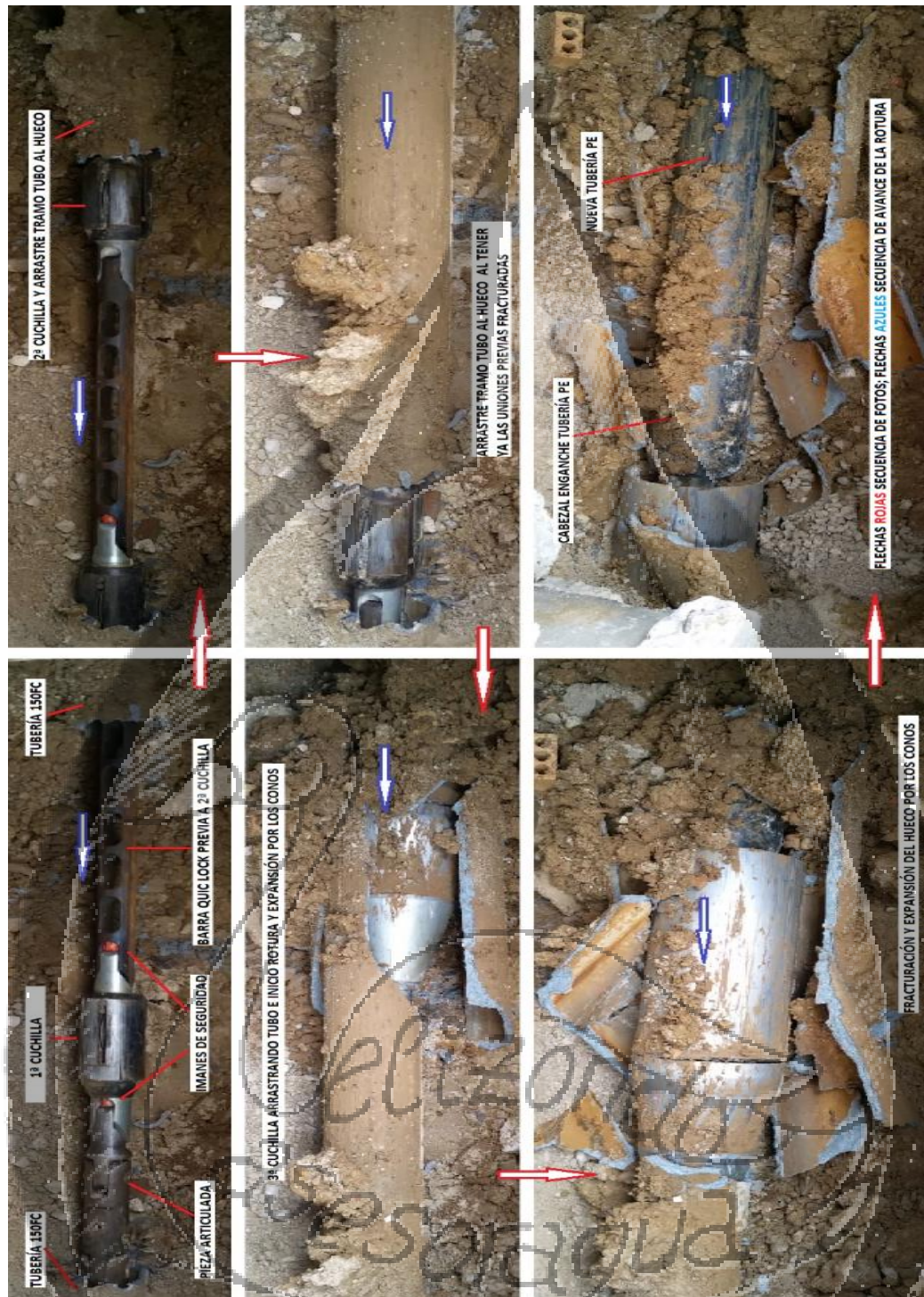
CURADO POR REACCIÓN LUMÍNICA, CON TRENES DE LÁMPARAS LED o UV



1. **Peso** para su manipulación y para el aumento de la necesidad de esfuerzos de tracción, lo que lleva a disposiciones de maquinarias mayores y, consecuentemente a mayores riesgos de seguridad.

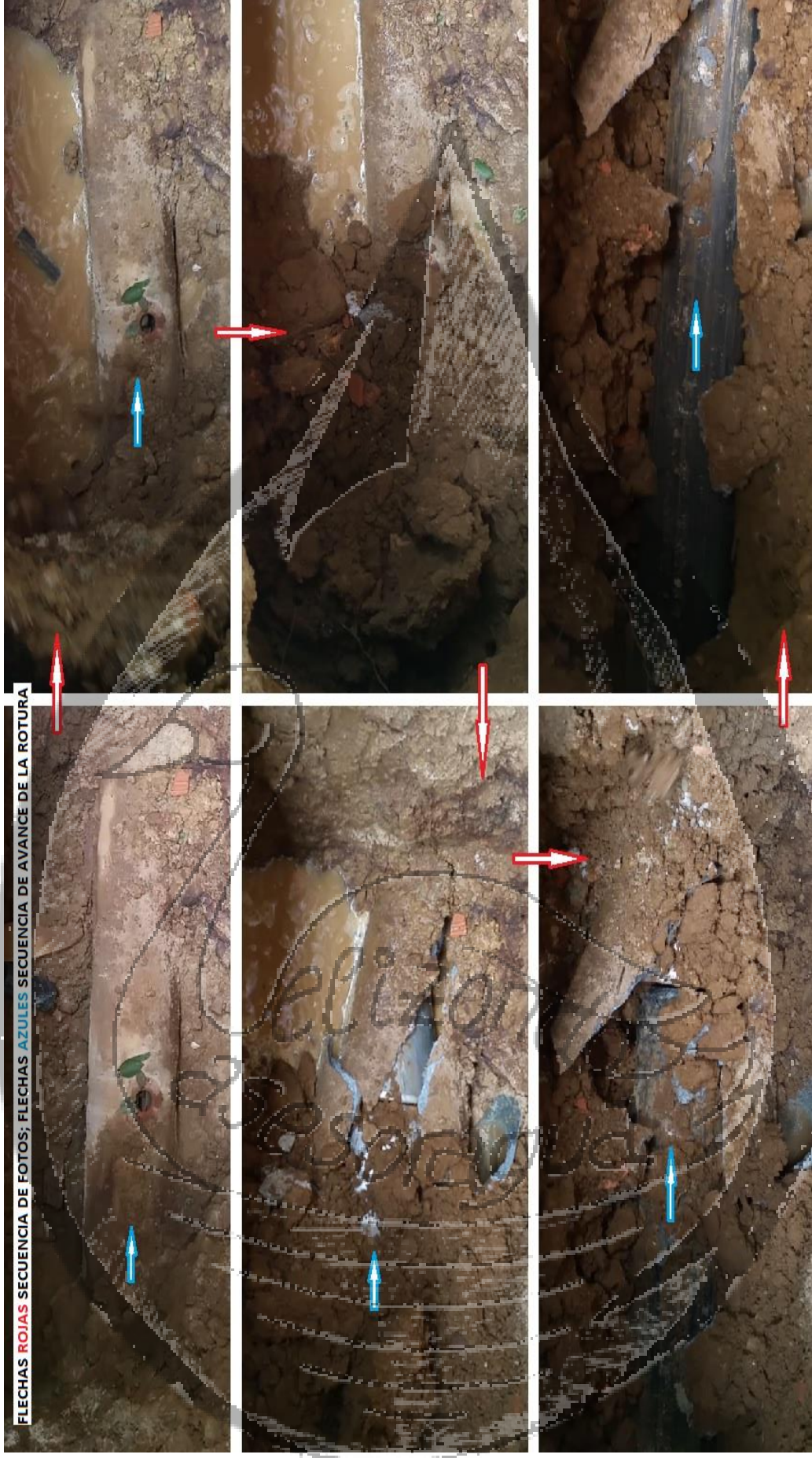
Más aún si hablamos de ejecuciones de sustitución por rotura, donde las fuerzas de tracción deben ser mucho mayores, ya que consiste en ir fracturando la tubería existente y comprimiendo sus restos contra el terreno adyacente, de cara a poder ensanchar el “hueco” por el que deberá pasar, con la única fricción del apoyo sobre la base inferior del hueco, la nueva tubería.





2. **Afección a revestimientos exteriores**, que deriven en corrosiones a medio plazo (los materiales plásticos NO sufren corrosiones de este tipo). Hay que tener en cuenta que son “tecnologías de arrastre” y, por tanto, existirán rozamientos continuos que dañarán el revestimiento exterior de los tubos. Si para solventar este problema, se usan tubos de fundición nodular con revestimientos exteriores muy competentes (los fabricantes indican soluciones como polietileno extruido o poliuretano reforzado), nos llevará a unos costes de material mucho más elevados.

FLECHAS ROJAS SECUENCIA DE FOTOS; FLECHAS AZULES SECUENCIA DE AVANCE DE LA ROTURA



3. Mayor **obra civil** en los fosos de ataque, al necesitarse mayores dimensiones en el propio foso y en las rampas de introducción, como consecuencia de la ausencia práctica de elasticidad para las correspondientes curvas que sí pueden conseguirse con los materiales plásticos (principalmente con el polietileno)
4. Incremento muy notable de **juntas de unión**. Los tubos de FN son de 6 metros, frente a disposición de los de PE y PRFV de 12 metros, en barras, con uniones por soldadura a tope en las de PE (se le quitan posteriormente las “rebabas” de las soldaduras para una mejor inserción) y de tipo manguito plano con doble junta y acerrojamiento en las de PRFV, que llevan a reducir las juntas a la mitad.



De utilizar hasta diámetros nominales de 225mm (aprox. 200mm de interior, según tipo material –PE80 o PE100- y presión –SDR-) se dispone en mercado su arrollamiento, en bobina continua, de hasta 200 metros de longitud para el mayor diámetro (lo que lleva a mayores longitudes –de requerirse- para diámetros menores), obteniendo la eliminación de todas las juntas intermedias correspondientes a las longitudes de las bobinas, convirtiéndose en una **ventaja incuestionable** del polietileno.



5. Salvo que se coloquen tubos de FN con revestimientos interiores de tipo plástico (resinas de poliuretano, por ejemplo), la **rugosidad** del revestimiento clásico con mortero de cemento siderúrgico aplicado por centrifugación, es mucho mayor que en las tuberías, de tipo plástico, comentadas.
6. Los **huecos necesarios a crear** para la introducción de las tuberías de FN, dado el aumento necesario para las cabezas de los tubos, es mayor, lo que lleva a mayores costes. Esto lo podemos ver en su justa medida, analizando lo siguiente:
 - a. Debe valorarse la **capacidad hidráulica real** conseguida y analizar los costes desde ese punto de vista. Hay que tener muy en cuenta que cuando hablamos de diámetro nominal en la FN, estamos hablando del diámetro interior del tubo (diámetro hidráulico), frente al de los materiales plásticos, que estaremos hablando de diámetro exterior (en general – en el PREV hay una gama de tubos que se refiere a su diámetro interior-) y que, por tanto, su diámetro interior (hidráulico) de cara a la comparación real, será ese exterior descontando dos espesores (el cual, para el mismo material, aumenta en función de la presión a soportar).
 - b. Lo anterior lleva a que, **para conseguir en PE, por ejemplo, un diámetro hidráulico equivalente al de la FN, debemos ir a un tubo de dimensiones exteriores mayores,**

lo que **NO implica la necesidad de un mayor hueco**. Por ejemplo, para comparar dimensionalmente el interior de un tubo de FN DN150 (150mm interior), tendríamos que ir –para PN-16, SDR-11, por ejemplo- a un tubo de polietileno de DN180 (entre 144 y 147mm) o DN200 /entre 160 a 164mm). En esta comparativa, también hay que introducir el factor de rugosidad, comentado en el punto previo, a favor del material plástico, por lo que el tubo comparativo podría ser el DN180 (teniendo en cuenta que de cara a la necesidad de hueco exterior, el tubo de polietileno se queda en ese 180mm de diámetro, y el de fundición nodular se iría a 170mm en la caña y más de 240mm en la cabeza, llevaría a tener que ejecutar un escariado mínimo de 60mm mayor para la tubería de fundición que para la tubería de polietileno. Resumiendo, solo en lo referente a disposiciones, **siempre tendrá un mayor coste de ejecución la intervención con una tubería de FN que con una de material plástico.**

7. **Coste económico total.** En líneas generales, el coste del material será mayor en el caso de la FN. En cualquier caso, además de optar a tubos de FN que eliminen los inconvenientes comentados (por tanto, de mayor coste de suministro), lo que hay que plantear es el coste de puesta en obra. Indudablemente, a tenor de todo lo indicado aquí, **el coste será mucho más elevado para la utilización de FN, que para la de PRFV, y mucho mayor que para el PE.**

Vamos a comentar, en el plano de la técnica de entubación (Relining) un **ejemplo real obtenido de Internet**: Una circunvalación (la segunda de la ciudad de Frankfurt) de tráfico intenso, con una tubería en su subsuelo de DN500 (construida entre 1904 y 1939) que por riesgos de fracturas, la sustituyeron por una **tubería de FN de DN300 (entubada por la de 500 existente) en una longitud de 2.300m**. Su ejecución se extendió de junio a octubre del año 2008 (entre 4 y 5 meses):

- 1.-Al no poder ejecutar con este material (rígido) ninguna operación de estiramiento ni doblado (técnicas TSZ que pueden ejecutarse con tuberías de polietileno –entubado ajustado- o con tuberías especiales –tipo Primus Line- o encamisados interiores –mangas-), y teniendo en cuenta para la entubación que hay que contar el diámetro exterior de la cabeza del tubo, más el espacio correspondiente para una operación adecuada, se tiene que sustituir una tubería de 500mm de interior, por una de 300mm de interior (**reducción de diámetro hidráulico de un 40%**). **Factor a tener muy en cuenta**, respecto a las alteraciones que pueden producirse de presiones, ante caudales exigidos, en los suministrados e infraestructuras que dependan de esa arteria (bombeos y depósitos). **Con la disposición de entubaciones ajustadas de polietileno y tuberías especiales y, más aún, con sistemas de encamisamientos polimerizados (curados) por mangas de fibra de vidrio con resinas alimentarias, la reducción sería incomparablemente menor.** Por tanto, se obtendría un sistema con capacidad hidráulica similar o mejorada respecto al diámetro original existente, dados los factores de rugosidad mejorada.

2.- La puesta en obra de la tubería de FN y las disposiciones para el entubado, requieren de mayores costos (pesos, dimensiones de fosos de ataque y mayor número de ellos por las limitaciones en longitudes para esta tubería, frente a las otras (sistemas como las tuberías de tipo Primus Line y mangas, pueden aportar longitudes muy elevadas, reduciendo de forma drástica los fosos de ataque), al margen de poder ejecutar en los dos sentidos desde el mismo foso-). Además, no se dispone del factor de flexibilidad que pueden aportar las otras soluciones (sin parangón, en lo relativo a tuberías y mangas dobladas).



Obra visitada en santander, año 2017



ENTUBACIÓN NUEVA TUBERÍA TIPO "PRIMUS LINE" DESDE BOBINAS EN FORMATO PLEGADO



DESARROLLO INTERNO DE LA NUEVA TUBERÍA CON AIRE COMPRIMIDO

INSTALACIÓN DE TUBERÍA PRIMUS LINE PARA SUSTITUCIÓN TUBERÍAS ABTO. A PRESIÓN



INSERCIÓN DE LA RESINA A PRESIÓN



PREPARACIÓN RESINA COMPRESIÓN TUBERÍA A CONECTOR Y CARGA



INSTALACIÓN CONECTOR PARA SEGUIR A BRIDA UNIÓN CON EL OTRO EXTREMO DE TUBERÍA

Solo en la cuestión de **manipulación por pesos**, para el ejemplo de la tubería de FN DN300 tendríamos del orden de **60kg/m, frente a 33 ó 42kg/m** de tuberías de polietileno PE100 para PN16 (SDR11) de DN355 y 400mm que podríamos barajar para obtener una capacidad hidráulica cercana y mejorada, respecto a la de 300FN.

3.-El sistema generado con la **tubería de FN** presenta juntas cada 6 metros, frente a cada 12 metros de las barras de polietileno. Es decir, **el doble de juntas**. Factor muy importante.

4.-Los **costes de la propia tubería (precio suministro)**. Podemos estar hablando de precios (precios extraídos de base de datos de empresa de servicios, en el año 2016) de unos **120€/m para la de DN300FN (acerrojada)**, frente a unos **69 y 84€/m** con respecto a las tuberías de **polietileno** indicadas de **DN355 y DN400mm** (siendo además precios de mercado (sin contar con las longitudes a suministrar que, dado la que se baraja en este ejemplo, variarían ostensiblemente a la baja).

De igual modo, en la comparación del precio de suministro de una tubería de 500FN acerrojada (240,13€/m) con la tubería tipo Primus Line DN500 (322€/m) y una manga reversible para polimerización DN500 (265€/m), lo que parece un coste mayor, se difumina completamente, siendo muy económica la implantación con estos tipos de sistemas, por cuanto con ellos se consigue el mayor diámetro que, para hacerlo con tubería de FN, solo puede ser aplicada la renovación o sustitución por rotura con nueva tubería de FN DN500.

En cualquier caso, como puede verse, **las diferencias de precios serían muy significativas**, también en la actualidad.

4.-**Rendimientos de obra**. Estamos hablando de una instalación en 2,3 kilómetros que les llevó entre 4 y 5 meses. La entubación por polietileno ofrece un rendimiento mucho mayor, siendo ampliamente superado por las ejecuciones con sistemas de tipo Primus Line y mangas (probablemente, para entubar ese diámetro de 500mm interior, la obra no se desplazaría más allá de 1 mes, con la debida organización).

CONCLUSIÓN

Desde la parte práctica y económica, **utilizar la fundición nodular para la ejecución de sustituciones de tuberías con tecnologías sin zanja (TSZ), no tiene ninguna ventaja** (salvo que se quieran discutir/comparar cuestiones estructurales para abrir debate) sobre las tuberías de material plástico como el PRFV y mucho menos, del PE, así como respecto a tuberías no estándar como las de tipo doblado Primus Line o las mangas a polimerizar (reversibles o directas).

Fdo. Javier M. Elizondo Osés
Ingeniero Técnico

Pamplona 07 sept 2026 (inicial del 2016)