

LA CONSTRUCCIÓN DE GRANDES DEPÓSITOS ARTIFICIALES

ABENZA GUILLAMÓN, Francisco

Ing. Téc. Agrícola
CELESUR, Sistemas de Impermeabilización, S.L.U.
E – 03300 ORIHUELA – Alicante
Tel. + 34 966 740 344; +34 966 744 654
Fax + 34 966 740 376
Correo – e: celesur@celesur.com
Pag. web: www.celesur.com

1.- INTRODUCCIÓN.

Cuando tratamos de construir un embalse para almacenamiento o regulación de agua, o para la gestión de efluente líquidos, frecuentemente nos encontramos con terrenos elegidos de antemano y no siempre atendiendo a la conveniencia técnica de lo que vamos a hacer. Se hace imprescindible tener en cuenta con el mayor rigor posible cuales son los puntos críticos que correctamente valorados harán que la obra sea segura duradera y con un coste soportable y sobre todo predecible.

Una balsa esta formada por:

- a) - Una estructura resistente, construida a partir de materiales sueltos normalmente procedentes de la propia excavación.
- b) - Una variedad diversa de geosintéticos y geocompuestos, capaces de asegurar el drenaje, la estabilidad de los terrenos, las condiciones de trabajo de las membranas la impermeabilidad de la construcción.
- c) - Unas obras de fábrica que nos aseguren el recinto frente al acceso de terceras personas y unas obras hidráulicas que servirán para llenar explotar y aliviar el agua de las balsas.
- d) - Unos sistemas de seguridad que nos avisen la existencia de fugas, nos ayuden a localizarlas y /o nos permitan gestionarlas hasta que sea posible la adopción de las medidas correctoras.

Durante muchos años, se ha reducido la discusión de calidad de la balsa a la calidad de la membrana utilizada y si bien es cierto que será esta la que asegurará la estanquidad del conjunto, es mas cierto aún que una membrana por buena y duradera que sea, por el propio sistema de trabajo está expuesta a multitud de peligros que no están relacionados con la calidad del producto en si mismo y es cuando la estanqueidad se ve perjudicada, cuando el resto de sistemas van a impedir que se genere una catástrofe o a minimizar los daños producidos por la rotura.

Las últimas décadas han traído, *generados por una competencia feroz en el mercado*, un abaratamiento en los costes de construcción de las balsas que nos conducen a situaciones paradójicas como que los costes de un estudio serio para la ejecución de una obra multiplique por tres o por cuatro los que resultarían de aplicar las tarifas comunes para proyectos al precio final de la obra. En consecuencia, algunas veces los proyectos carecen de la información necesaria para adoptar las medidas necesarias para la ejecución de una obra segura.

En el presente documento analizamos las unidades principales de obra y las últimas técnicas a aplicar para el proyecto o la ejecución de la obra.

2. LA ESTRUCTURA RESISTENTE

2.1. LA ELECCION DEL EMPLAZAMIENTO.

En la mayoría de los casos son los terrenos con menos aptitud agronómica los que se emplean para la construcción de la balsa y hay veces que estos factores que han limitado su uso para la implantación de cultivos los hacen o inviables o de muy difícil aprovechamiento desde el punto de vista constructivo, por que las medidas que es necesario aplicar para su empleo disparan su costo.

Podemos enunciar las siguientes:

a) Zonas elevadas sin cultivos implantados.

- Sobre costo de los trabajos de excavación por incremento de los volúmenes a mover.
- Encarecimiento del precio unitario por metro cúbico de material movido, por la consistencia del mismo.
- Incremento del precio de explotación por situarse la obra a la cota no adecuada.

b) Zonas bajas. El abandono de zonas bajas para cultivo suele deberse, en la mayoría de los casos a la existencia de humedades o de un excesivo nivel de la capa freática. Los problemas que se generan son:

- Incremento del coste de las excavaciones por la falta de adecuación del grado de humedad de los materiales extraídos para la generación de terraplenes.
- El aumento en el costo del movimiento de tierra por la necesidad de creación de cajéos o saneamiento de terrenos en profundidad.
- El sobre precio generado por la necesidad frecuente del aumento de la capacidad portante del terreno.
- El costo adicional derivado de la necesidad de implantación de complejas redes de drenaje.
- El incremento del costo por la necesidad de sustitución de materiales procedentes de la excavación por otros más adecuados para la construcción de los terraplenes.

c) Zonas problemáticas sin tipificación específica. En este apartado podemos incluir la mayoría de los que tienen su origen en causas geológicas.

- Suelos turbosos: Tienen poca capacidad portante y generan muros escasamente resistentes. Las densidades de estos suelos suelen ser bajas.

- Suelos yesíferos: Son casi directamente descartables para la construcción de una balsa. Las medidas correctoras son carísimas y es impredecible la evolución que puede tener un terreno con estas características.

- Fallas y terrenos volcánicos: En estos terrenos además de la capacidad portante, hay que estudiar su comportamiento hidrológico. (afloramientos estacionales), asentamientos diferenciales etc.

2.2. CONOCIMIENTO DEL TERRENO.

Frente a los problemas que hemos enunciado es necesario y es posible tomar una serie de medidas correctoras. La principal es **conocer suficientemente el terreno**.

Comúnmente los estudios geotécnicos que sirven de base para el cálculo de estabilidad de los taludes de una balsa suelen incluir:

1. Análisis granulométrico por tamizado, según NLT - 104;
2. Límites de Atterberg según UNE 7377 y 7378;
3. Determinación aproximada de materia orgánica, según NLT – 117;
4. Ensayo de apisonado de suelos por el método proctor normal, según UNE 7255/79;
5. Ensayo C.B.R., según NLT – 111/78;
6. Ensayo de permeabilidad UNE 103403;
7. Ensayo de placa.

La toma de muestras se suele hacer con retroexcavadoras que con dificultad, cuando lo hacen, alcanzan la profundidad máxima de las excavaciones y en otros casos con sondeos que extraen muestras inalteradas o alteradas.

Las preguntas clave son:

1º ¿Se han hecho el número de calicatas o sondeos adecuados?

2º ¿Se han hecho en las zonas representativas?

3º ¿Se ha estudiado suficientemente el entorno?

En muchas ocasiones la respuesta a las tres preguntas es NO y la consecuencia es que, a lo largo de la obra es necesario modificar el criterio constructivo lo que, en muchos casos genera unos costos que de ser conocidos inicialmente, habrían cuestionado el emplazamiento elegido.

2.3. TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA.

Existe una técnica que nos da una información sobre el suelo, que no nos aporta ningún otro tipo de estudio, es la **tomografía eléctrica**.

Es una técnica Geoeléctrica de medición, no destructiva, que proporciona una sección vertical con la distribución de resistividades del subsuelo.

ESTE SISTEMA NOS PERMITE OBTENER MEDIANTE INTERPRETACIONES GEOFISICAS, UNA INFORMACIÓN DETALLADA EN PROFUNDIDADES, DE HASTA MAS DE CINCUENTA

METROS, BASANDOSE EL ESTUDIO, EN LA RESISTIVIDAD DE LOS TERRENOS ESTUDIADOS.

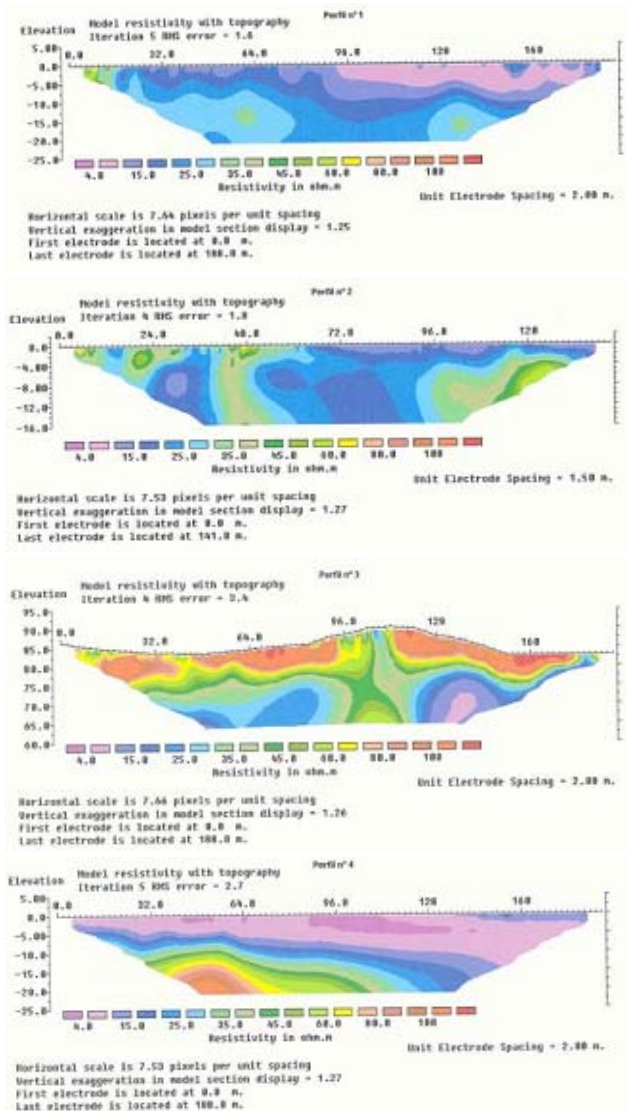


Fig. 1 Gráficos de interpretación de tomografía eléctrica. Perfiles 1, 2, 3 y 4

La correcta interpretación de la información obtenida no permitirá hacer los sondeos y las calicatas en aquellas zonas en las que los cambios de resistividad, nos indiquen la existencia de discontinuidad o de anomalías que es necesario conocer en profundidad.

RESUMEN. Aplicación de técnicas que mejoran el conocimiento (geología) del terreno con métodos geofísicos, que posibiliten la elección de las zonas más representativas para la realización de sondeos y calicatas que nos orientarán sobre la naturaleza del terreno.



Fig. 2 Colapsos de arcillas sobre sustrato de yesos



Fig. 3 Calicata en zona de la balsa, yesos masivos.

2.4. LA PRÁCTICA CONSTRUCTIVA.

Hay muchas ocasiones en las que un proyecto bien ejecutado con una elección óptima del emplazamiento y una solución de estabilidad adecuada, no desemboca en la mejor obra, las causas suelen ser:

- Una mala planificación en el empleo de los materiales disponibles, a pesar de conocer cuales y cuantos son.
- Una inadecuada solución de los sistemas de drenaje.
- Una incorrecta ejecución de unidades específicas dentro de la excavación en general (apertura de trincheras para la colocación de desagües, solución de los sistemas de anclajes de coronación y/o fondo).
- Una mala programación de los controles de calidad de los trabajos de excavación.

EN RESUMEN:

El conocimiento del suelo (mediante clasificación) y el conocimiento de las compactaciones aplicables a los terraplenes (mediante la determinación in situ de densidades y humedad óptima) son factores importantes en la ejecución de un muro para la construcción de una balsa o embalse.

Desde el punto de vista de la calidad y ordenación de los trabajos, el constructor fijará una serie de secuencias de movimientos de los materiales excavados, de saneamiento y adecuación de superficies, como de aplicación homogénea y composición.

Una mención especial merece el acopio de materiales para la uniformación de la capa de asiento de la membrana impermeabilizante.

Han sido numerosas las ocasiones en que nos hemos encontrado proyectos con la previsión de la aplicación de arenas de cantera, trituradas. Son arenas no aptas para esta capa de asiento de la membrana.

Las razones son:

- crea problemas a la calidad de la soldadura de las uniones de paneles de la impermeabilización (el alto porcentaje de lajas finas impregna la lámina);
- la arena triturada de cantera carece de finos como la arcilla y los limos, como requisito técnico, ambos son necesarios en el material de asiento de las láminas, ya que actúan como ligante del resto de las partículas de textura fina (arenas). Dicha cohesión es precisa para evitar que el propio aleteo de la lámina sobre la superficie que la soporta haga desplazarse las arenas dejando al descubierto materiales que pudieran dañar la capa impermeabilizante.

3.-LOS MATERIALES GEOSINTETICOS.

3.1. ELECCIÓN DE GEOCOMPUESTOS.

Se hecha en falta en algunos proyectos, un punto de conexión entre el conocimiento de la estructura resistente (vaso) y las soluciones adoptadas **¿Que significa esto?**

Son muchas las obras en las que en el estudio de permeabilidad incluido el estudio geotécnico ha determinado que el suelo es muy permeable y sin embargo se suelen planificar sistemas de drenaje sin la suficiente pendiente, sin ningún sistema que impermeabilice las zanjas, adoptándose los sistemas convencionales de drenes franceses con geotextiles exclusivamente anticontaminantes.

El resultado de este tipo de aplicaciones es que solo van a ser capaces de extraer de la balsa el agua si el caudal que está escapando supera la permeabilidad de la zanja ocurriendo si no es así, que la fuga avanzará en la zanja solo a medida que se sature el horizonte más profundo, corriendo el riesgo mientras tanto, de que a través de alguna falla del terreno, un problema en origen despreciable, termine con un sifonamiento que genere un fallo más importante del sistema de estanqueidad.

El análisis de las características del suelo, en particular de su permeabilidad, determinará si se construyen drenes franceses con geotextil, material granular y tubería ranurada, o se aplican soluciones de drenaje continuo en alguna de las variantes existentes en el mercado, con o sin un elemento impermeabilizador o si se modifica la permeabilidad del suelo mediante el empleo de materiales mejorantes procedentes de préstamo o apartados para su aplicación posterior en alguna de las fases de los trabajos de excavación.

Cuando las balsas son para la gestión de algún residuo de industria agroalimentaria o de lixiviados de alguno de los tipos de vertederos existentes o de explotaciones ganaderas, la legislación ya deja suficientemente claro que barreras geológicas es preciso tener bajo las láminas impermeabilizantes, pero en otro tipo de aplicaciones el tema queda a la elección del proyectista y no se tiene en cuenta, que en determinadas unidades de obra, la discontinuidad producida por los distintos materiales aplicados hace aconsejable la aplicación de otros geocompuestos, que eliminen las zonas de discontinuidad.

Es el caso de la aplicación de las mantas de bentonita, entre el terreno natural y las estructuras de hormigón, de los sistemas de desagüe y/o explotación.

No suele existir una determinación de las características de los geotextiles en función de la granulometría del terreno que finalmente quedará en contacto con la geomembrana y/o

en función de las características químicas del subsuelo, de los efluentes que a través de él puedan circular.

Con la determinación de filamento continuo, o fibras cortas o agujeteados solo o termo fijados, se está tratando en la mayoría de los casos de dirigir el pedido en una dirección determinada. La calidad de un geotextil viene determinada por su ficha técnica, de forma, que se debería de tratar de conseguir un producto con las prestaciones que deseemos, con independencia del proceso industrial, que se emplee.

Cuando un producto consigue dar las prestaciones deseadas se vuelve al principio y la pregunta vuelve a ser pero y el espesor, o y el gramaje, cuando la distinta composición química de la fibra empleada o el sistema de producción van a generar productos con prestaciones superiores con menor o mayor espesor o menor o mayor gramaje.

3.2. ELECCIÓN DE LA GEOMEMBRANA.

A lo largo de los años, hasta los técnicos de las empresas pioneras en la construcción de balsas en este país nos hemos estado haciendo las mismas preguntas: **¿Que materiales son buenos y cuales no, o cuáles son los mejores materiales?**

Los que además no somos fabricantes de las láminas, pero si constructores de balsas o impermeabilizadores, nos las hacemos con una profunda preocupación ya que estamos en la primera línea de fuego dando garantías al usuario y obligándonos a mantener la obra en uso durante el periodo de vida de la misma.

Al dirigir dicha pregunta al fabricante, todos tratan de demostrar que las suyas son las mejores.

¿Cual es el problema que se plantea?

Cuando se pasa a estudiar la ficha técnica de los materiales no se encuentra, en los datos de laboratorio iniciales, diferencias sustanciales entre unos y otros y sin embargo la experiencia nos demuestra que materiales en origen aparentemente iguales, han evolucionado de diferente manera a lo largo de los años.

En materiales más conocidos en España como el PVC, se generaron ensayos, que teóricamente permitirían predecir la evolución en el tiempo del material. La realidad fue que no había correspondencia entre la predicción por los resultados de laboratorio y la evolución posterior. Además se generaron algunos procedimientos de ensayo para algunos parámetros que nada tenían que ver con el comportamiento en campo del material y me refiero a la resistencia al impacto, que permitía predecir que pasaría con una geomembrana expuesta, frente a la acción del pedrisco.

La realidad fue que materiales que daban unos buenos resultados de resistencia al impacto eran machacados por ciertos pedriscos y no necesariamente en proporción directa con el tamaño del granizo si no más bien con los cambios de temperatura previos a la tormenta y otros factores.

En la actualidad se han creado para la tipificación de los materiales de PEAD (polietileno de alta densidad) y para la predicción de su vida útil otros ensayos como son:

- la resistencia al cuarteamiento por tensiones en ambiente activo (sg. ASTM D5397, apartado A);
- tiempo de inducción a la oxidación (OIT) (sg. ASTM D3985, ensayo estándar, y ASTM D5885, ensayo de alta presión);
- envejecimiento térmico (sg. UNE 104302);
- resistencia ultravioleta (sg. ASTM G154, GRI GM 11).

No cabe duda que a la hora de elegir los materiales, tomaremos los que den valores mejores, pero si es o no, el sistema definitivo para evaluar la calidad de un material, creo que deberemos dejar que el tiempo nos diga si existe o no la correspondencia entre el envejecimiento demostrado de los materiales y sus resultados de los ensayos citados.

Finalmente en algunos mercados suramericanos están surgiendo PSEUDO CERTIFICACIONES generadas por empresas privadas que tras el pago de diversos “estudios” y el pago de revisiones periódicas “demuestran” que los materiales que produces o las instalaciones que realizas son “APTAS”. Se trata de limitar las empresas que pueden participar en los concursos. Un club privado que homologa a sus socios o asociados y que además, tiene pretensiones científicas.

El organismo de mayor solvencia en España en el ensayo de geomembranas, el CEDEX, debería de encargarse de establecer estas homologaciones de calidad en productores de lámina españoles y extranjeros y de establecer los sistemas de evaluación de los equipos y de las empresas de instalación y todo ello tras las correspondientes campañas de divulgación y la generación de periodos transitorios para su aplicación, siguiendo las normativas ISO existentes o en proceso de publicación, en la UE.

Su tecnología aplicada es el comentario de la sección III de este simposio.

3.3. LAS TECNICAS DE APLICACIÓN

Abundando en lo ya comentado en el apartado anterior, se está tratando de generar certificaciones diferentes de la ISO 9001, expedidas por organismos no especialmente autorizados para certificar calidad en ciertas partes del mundo, que tratan de limitar que empresas pueden o no hacer un trabajo. Esta práctica con no ser adecuada, si es aceptada por el organismo promotor o incluso promovida para limitar la entrada de productos de otros países o de dar preferencia a empresas “locales” o afectas a ciertos fabricantes en exclusiva puede llegar a ser mas una cuestión a discutir en el marco de la OIT, que en foros técnicos.

Lo que de ninguna manera puede consentirse es que una certificación pueda llegar a evitar la definición de las técnicas de instalación adecuadas a cada obra, y que deben de ser fijadas específicamente en el pliego de prescripciones técnicas de cada proyecto.

Comúnmente quedan perfectamente aclaradas en las fichas técnicas de cada producto, sus prestaciones, es lo que llamamos características físicas del producto.

Pero tan común como esto, es no encontrar que sistemas deberían aplicarse para la instalación del producto. Se hace un tremendo hincapié en la resistencia a la tracción longitudinal y transversal de tal geotextil y/o tal geodrén. Pero en todo ello, resulta un elemento que queda sin definir, cual de las características que tiene el material de referencia, tiene que ser transmitido a través del sistema de unión utilizado. No se va mas allá de fijar la anchura de solapamiento y/ o si la fijación es continua o por puntos de calor.

En el caso de las láminas de PEAD existen los protocolos que definen los criterios que son de aplicación a la instalación de cualquier membrana, sea el que sea el fabricante y sin crear grupos cerrados afectos a tal o cual marca en particular.

3.4.- LOS PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD

Es de esperar que en breve plazo (La comunicación ha sido escrita en Marzo de 2.005), por parte del Ministerio de Medio Ambiente, se generará un protocolo en el que se definirá el alcance del Control de Calidad exigible para cada aplicación en función de las características de la obra (gran presa o no) y de la naturaleza del líquido o de los materiales que contendrá.

En la actualidad en el mercado español se vienen aplicando de forma casi generalizada, el protocolo de ensayos más exigente, que es el aplicado a la impermeabilización de vertederos de residuos sólidos peligrosos y que va desde el control de las láminas en origen en cuanto a características físicas como de envejecimiento o resistencia química, hasta el control del 100% de las soldaduras mediante pruebas de aire o de pelado y a la trazabilidad del material, identificando la situación de cada rollo en la obra. Se completa en los casos de máxima exigencia, con la aplicación de estudios geofísicos de la estanqueidad.



Fig. 4 Control de soldadura, pelado



Fig. 5 Control de soldadura de su estanqueidad, mediante aire



Fig. 6 Control de impermeabilidad, detectando fugas, mediante dispositivo VATEM (Verificador de alto voltaje electromagnético)

3.5. -LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Y DE EVALUACION DEL ENVEJECIMIENTO DEL LAS LAMINAS. TECNICAS DE APLICACIÓN.

Existe en España una exigencia legal sobre los sistemas de control que se deberán implantar para el seguimiento de las obras, que por su capacidad, o por su ubicación en zonas en las que una rotura pudiera generar daños catastróficos sean consideradas sensibles.

La reglamentación deberá tomar en consideración además de la capacidad la naturaleza del producto que contendrá, y los sistemas de emergencia instalados para la realización de desembales rápidos y/o evacuación de posibles zonas afectadas. Se tomará en consideración algo que ya esta regulado en la Comunidad Autónoma que es anfitriona de este congreso y que ya regula el tipo de coberturas de seguro con que contará cada obra.

Queda un tremendo escollo por salvar y es el de encontrar las compañías aseguradoras que quieran asegurar estos riesgos y que además lo hagan a costes asumibles por promotores y constructores.

4. OBRAS DE FÁBRICA.

Podemos encuadrar dentro de estas unidades:

- Los cerramientos de seguridad.
- Los muretes perimetrales.
- Arquetas y casetas de alojamiento de válvulas y/o bombas.
- Las rampas de acceso.
- Los cuencos de decantación.
- Los lastres.

Una comunicación como esta no da para dar a todos los temas un tratamiento exhaustivo.

- En el capítulo de obras de fabrica cabe señalar, que la calidad del diseño de un cerramiento está relacionada con la responsabilidad que el propietario de la obra va a tener, en el caso de ahogamiento de personas por haber podido acceder a la obra por un deficiente mantenimiento o un mal diseño del cierre de seguridad.
- Tiene también que ver con la seguridad de la integridad del sistema de estanqueidad y no olvidemos que las balsas tienen un cierto efecto de llamada sobre los animales pudiendo en

determinadas ocasiones producirse roturas de la lámina por perros, jabalíes, zorros etc. que tratando de escapar dañan la lámina.

- Lo anterior, junto con una vigilancia deficiente de la obra podría llegar a causar serios problemas y si además alguna de la especie de fauna está protegida, el problema puede complicarse.

Los comentarios sobre el resto de las obras de fábrica pueden ser generales y se pueden concretar diciendo en:

- Ninguna unidad de obra superpuesta a la impermeabilización puede condicionar los movimientos normales de la lámina en obras de este tipo.

- No pueden tampoco limitar los flujos del agua, sea del exterior de la balsa o de dentro de ella, que escape a través de un fallo en la estanqueidad, en su movimiento hacia la red de drenaje.

- Al ser estructuras fijas, no pueden ser puntos en los que asentamientos diferenciales o descalces de la obra concentren esfuerzos sobre la lámina.

- No deben trabajar a compresión sobre los sistemas de estanqueidad.

- No pueden generar discontinuidad en la impermeabilización.

5.- CONDUCCIONES

Cualquier balsa cuenta necesariamente con un sistema de alimentación, con un sistema de explotación, con un aliviadero, con un sistema de drenaje y/o detección de fugas.

En este apartado no trataremos de las distintas soluciones técnicas porque esto es tema para un libro no para una comunicación. Trataré de enunciar porqué estos son unidades críticas, incluidas algunas de sus soluciones técnicas.

Como dato de interés cabe señalar, que prácticamente la totalidad de las balsas de riego, que han sufrido siniestros graves, estos han sido originados por fallos en los sistemas de desagüe o de los aliviaderos o de la red de drenaje!

En lo que a siniestralidad laboral, con consecuencia de muerte durante la ejecución de los trabajos se refiere, han sido la instalación de las tuberías de desagüe, las que han registrado el mayor número de incidentes.

En la mayoría de las obras se dan las siguientes circunstancias en las unidades de llenado, desagüe, drenaje y aliviadero:

1º Son las zonas en las que comúnmente las excavaciones bajan hasta su menor cota.

2º Existen piezas en las que es necesario hacer la unión de uno o varios geosintéticos a piezas especiales u obras de fábrica, para asegurar la impermeabilidad de las barreras estancas.

3º Son unidades en las que se produce una concentración de esfuerzos.

- 4º Es necesario efectuar uniones de tuberías a obras de hormigón fijas.
- 5º Son unidades de obra en las que, para su ejecución, es preciso la concurrencia de varios especialistas, que además ejecutarán unidades sin un gran importe presupuestario.
- 6º Son unidades que requieren de una vigilancia y mantenimiento especiales.
- 7º Son unidades, cuya sustitución o ampliación suele ser necesaria, alguna vez durante la vida de la obra.

Podemos hacer algunas recomendaciones para tratar de evitar problemas mencionados en los anteriores párrafos 1-7, que serían por punto:

- 1.1. A la hora de ubicar la salida, si no estamos condicionados por el itinerario de la red de explotación, hacer esta unidad en la zona donde el terreno natural tenga la menor cota.
 - 1.2. Si este terreno natural está por debajo de la cota que tendrá el fondo de la balsa, colocar el desagüe al nivel del terreno natural y ascender hasta el fondo con una prolongación del codo hasta la rasante del fondo.
 - 1.3. Evitar colocar la o las tuberías sobre terraplenes y sobre zonas mixtas desmonte – terraplén.
 - 1.4. Si para llegar a la cota del fondo hay que hacer excavación, hacer ésta en trinchera que permita realizar los trabajos en condiciones de seguridad y el acceso de maquinarias para la soldadura, hormigonado, etc.
 - 1.5. Romper las zonas de discontinuidad con la aplicación de los geosintéticos adecuados en la zona de transición.
 - 1.6. Proceder a rellenar las trincheras con terraplenes adecuadamente compactados y disponiendo de un sistema que nos permita garantizar la integridad de las conducciones instaladas.
- 2.1.- Efectuar las uniones entre los sistemas de desagüe, explotación o alivio exclusivamente mediante juntas mecánicas.
- 3.1. Hacer fijaciones perimetrales a las piezas especiales y colocar “baberos” con las tolerancias adecuadas y con láminas reforzadas.
 - 3.2. Asegurar la correcta compactación de las zonas circundantes.
 - 4.1. Asegurarse de la correcta protección de las tuberías y si éstas no van a ser hormigonadas, que tengan suficiente resistencia al aplastamiento.
 - 4.2. Asegurarse de que los sistemas de unión entre piezas especiales y las tuberías, si son de distinto material, cuentan con las tolerancias adecuadas y han contado con los coeficientes de dilatación de cada uno de ellos.
 - 4.3. Si es posible instalar sistemas sin juntas elásticas y dentro de otros que permitan su extracción para la ampliación reparación o mantenimiento.
 - 5.1. Si es posible contratar para la ejecución de la unidad una empresa especializada en la ejecución de estas partidas. (No se trata de traer un herrero, un albañil y un fontanero y explicarles lo que quieres).

- 6.1. Tenerles referenciadas topográficamente y si es posible en las sumergidas con algún sistema de guía que permita su localización rápida para trabajos de reparación y/o mantenimiento.
- 6.2. Disponer de bridas ciegas ajustables a las de fijación interior para posibles tapados de emergencia en caso de rotura de la tubería bajo los muros.
- 6.3. Disponer de tubería auxiliar.

- 7.1. Programar una sustitución o mantenimiento y cambiar las piezas especiales sea cual sea su estado.

Los sistemas de seguridad y detección de fugas van a ser objeto de una comunicación aparte.