

## La eficiencia de la Operación y Mantenimiento en los Sistemas de Drenaje Urbano (O&M)



Alberto Aguilar Moliner / Ingeniero Técnico Industrial / TYPSA Catalunya-Barcelona  
Jefe de Explotaciones, Mantenimiento, Auditorías e Inspecciones Técnicas

## ÍNDICE

---

- 1** INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 5 ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)
  - 6 DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS
-



## INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO

### CAPTACIÓN

SUMIDEROS  
IMBORNALES  
ALCANTARILAS  
CUNETAS  
REJILLAS  
BOCAS DE TORMENTA



### CONDUCCIÓN

CONDUCCIONES  
CANALES  
POZOS DE REGISTRO  
ARQUETAS



## INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO

### CONEXIÓN TRANSPORTE

COLECTORES  
SUBCOLECTORES  
SIFONES



### ALMACENAMIENTO RETENCIÓN REGULACIÓN

DEPÓSITOS DE RETENCIÓN-  
TORMENTAS



### EVACUACIÓN DESCARGA

ESTACIONES DE BOMBEO  
CÁMARAS TRANQUILIZADORAS



## TIPOLOGÍA DE RESIDUOS URBANOS-AGUAS PLUVIALES



- 1.-Elementos de la contaminación atmosférica: lluvias ácidas ( $\text{SO}_x$  i  $\text{No}_x$ )
- 2.-Restos de la actividad humana y asociada (papeles, colillas, excrementos y orín de animales, piedras, hojas, ramas, plásticos, botellas (plástico i vidrio), latas de aluminio, preservativos, compresas, toallitas húmedas, metales, restos de la recogida y evacuación de basuras, etc)
- 3.-Residuos del tráfico rodado: Aceite, grasas, hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo.
- 4.-Arenas, residuos vegetales y biocidas (insecticidas, herbicidas, abonos, etc)





## INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE DRENAJE PLUVIAL URBANO

De todas las infraestructuras hidráulicas de drenaje pluvial, la que requiere un mayor **control, operatividad y mantenimiento** para su correcto funcionamiento, debido a su complejidad y al elevado número de activos que forman parte de la instalación, son los:

**“DEPÓSITOS/TANQUES DE RETENCIÓN O TORMENTAS”**

### DEFINICIÓN TANQUE DE RETENCIÓN O TORMENTAS

Infraestructura hidráulica-sanitaria destinada a **optimizar la gestión** de los flujos de los sistemas unitarios en **tiempo de lluvia** mediante la **regulación**. Permitiendo evitar o reducir inundaciones, y minimizar los vertidos al medio receptor.

## ÍNDICE

---

- 1 INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 **ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA**
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 5 ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)
  - 6 DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS
-

## ACTIVOS/EQUIPOS EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA



Grupo electrógeno



Cuadros BT-Bat.  
Cond.



SAI (Sistema de  
Alimentación  
Ininterrumpida)



Variadores Hz



Puente grúa



Cuchara bivalva



Polipasto



Grupos  
oleo-hidráulicos



Compuertas  
murales



Clapetas



Reja de desbaste de  
sólidos



Bomba trituradora



Bombas  
sumergibles



Bombas cámara  
seca



Bombas de achique



Válvulas  
antirretorno /  
compuerta volante



Válvulas de  
compuerta  
motorizadas



Manómetros



Calderín de  
sobrepresiones



Detector de gases



Línea de vida



## ACTIVOS/EQUIPOS EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA



Tubo guía-izado bombas



Sensor ultrasonido



Volcadores auto-basculante



Climatización



Central de incendios



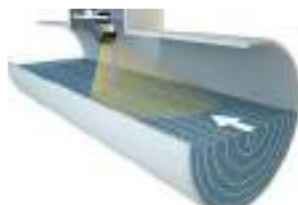
Central de intrusión



ADSL/Ethernet



SCADA-Supervisión, control y adquisición de datos



Caudalímetros



Sensor calidad agua



Grupo de presión P=4 bar (salida)



Pluviómetro

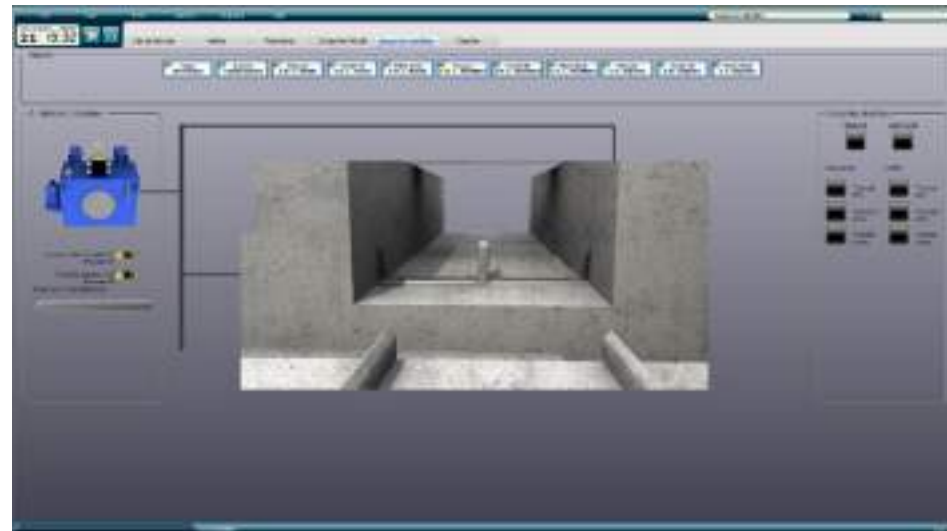
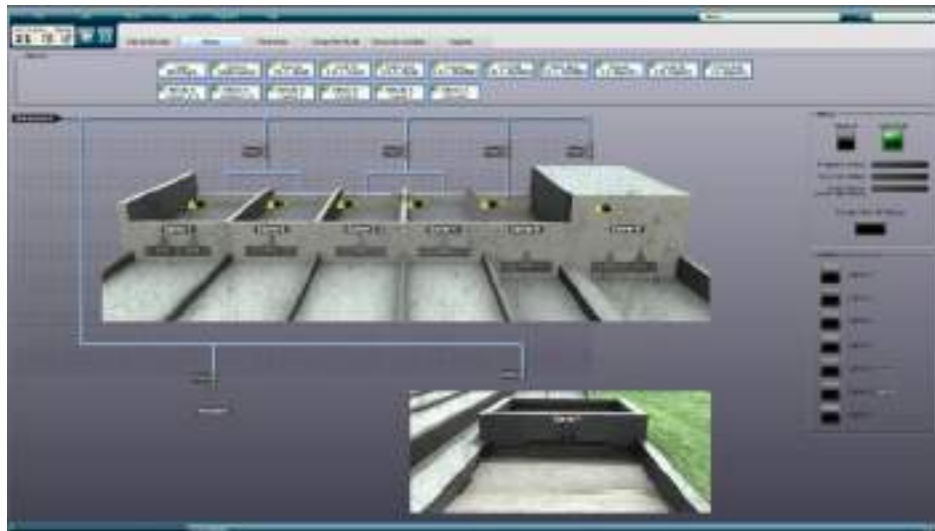


Boya de nivel

Sensor Limnómetro Presión hidrostática



## SCADA-Supervisión, control y adquisición de datos



## ÍNDICE

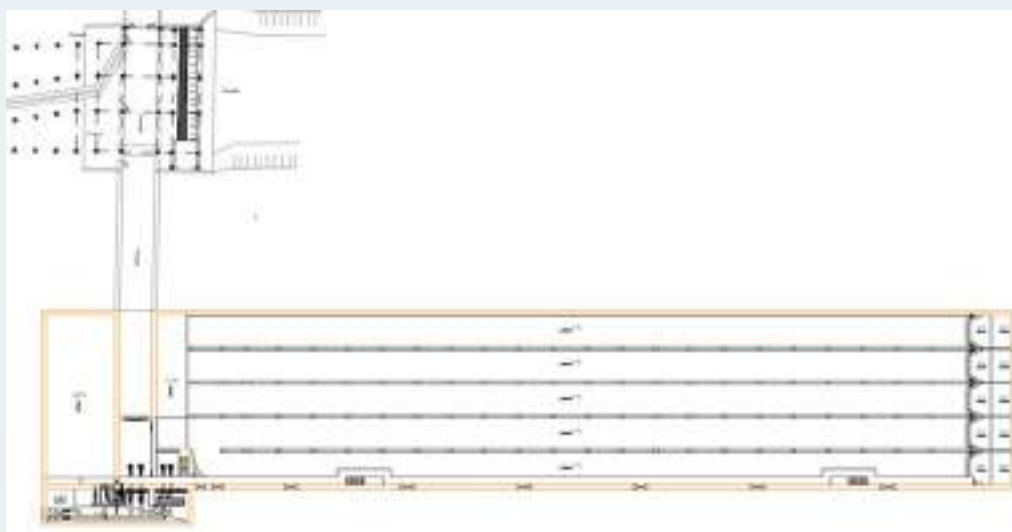
---

- 1 INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA**
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 5 ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)
  - 6 DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS
-

## DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA-ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA-BAIX LLOBREGAT

### LA BUNYOLA-EL PRAT (BARCELONA)

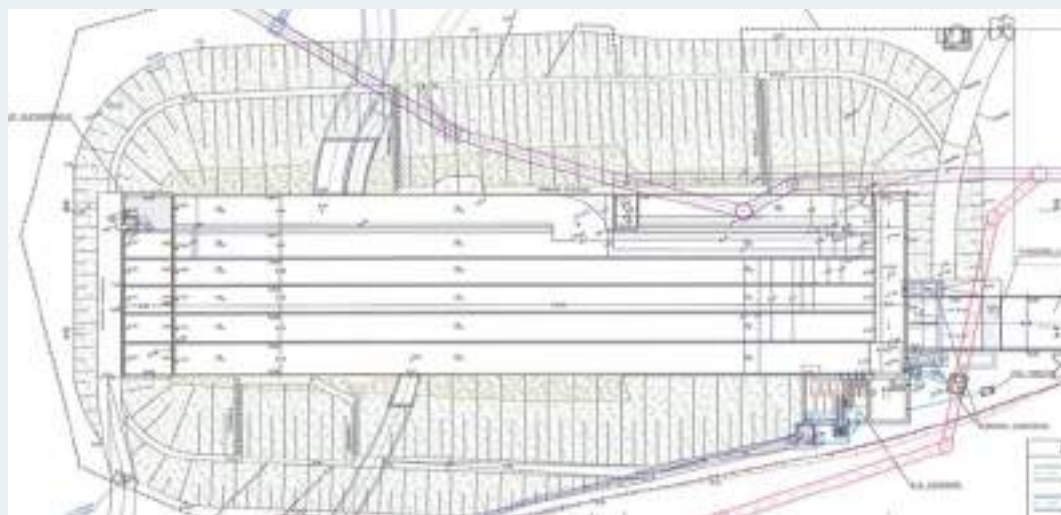
Tipo: Rectangular enterrado  
Volumen depósito: 15.000 m<sup>3</sup>  
Capacidad hidráulica de bombeo: 1000 L/s  
Dimensiones: A: 25 m L: 125 m H: 7,45 m  
Nº Carriles de limpieza: 5



## DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA-ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA-BAIX LLOBREGAT

### PLANA DEL GALET-CORNELLÀ-EL PRAT REAL CLUB DEPORTIVO ESPAÑOL (BARCELONA)

Tipo: Rectangular superficial  
Volumen depósito: 23.300 m<sup>3</sup>  
Capacidad hidráulica de bombeo: 800 L/s  
Dimensiones: A: 30 m L: 130 m H: 7,5 m  
Nº Carriles de limpieza: 5+2 (laterales)



## DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA-ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA-BAIX LLOBREGAT

### CIUDAD DEPORTIVA JOAN GAMPER FÚTBOL CLUB BARCELONA (SANT JOAN DESPÍ-BARCELONA)



Tipo: Rectangular enterrado  
Volumen depósito: 19.000 m<sup>3</sup>  
Capacidad hidráulica de bombeo: 350 L/s  
Dimensiones: A: 8,6 m L: 200 m H: 10 m  
Nº Carriles de limpieza: 2



## ÍNDICE

---

- 1 INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA**
  - 5 ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)
  - 6 DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS
-

## TIPOS DE MANTENIMIENTO

### PREVENTIVO “prevenir”



- *Acciones planificadas de mantenimiento (frecuencia/periodicidad de cada activo)* que permiten disminuir las averías (anticiparse a las averías para mejorar el servicio y reducir los costes de mantenimiento correctivo)
- Correcta programación y planificación del mantenimiento para la detección de averías y su posterior reparación.

### CORRECTIVO “corregir”



- *Actuaciones por una avería-reparación* (repercuten en la calidad del servicio y provocan un incremento del coste de mantenimiento)
- Tipos de acción: detección, diagnóstico y solución de la avería (reparación provisional o definitiva)

### PREDICTIVO “predecir”



- *Detección de anomalías incipientes y repetitivas para evitar averías.*
- Monitoreo de ciertos aspectos de las instalaciones (análisis de vibraciones de las bombas, termografías, etc).
- Reducción de los costes de mantenimiento preventivo y correctivo.





## FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA LLUVIA

### GESTIÓN ORDINARIA EN TIEMPO SECO

- *Asegurar el correcto funcionamiento de los activos (modo manual /automático) mediante el mantenimiento preventivo.*
- *Mantenimiento preventivo* (detectar anomalías y averías, comprobación de alarmas, sensores, actuadores, SCADA, etc)(diario, semanal, mensual, quincenal, semestral, anual etc)

### GESTIÓN POR EPISODIO EN TIEMPO DE LLUVIA

- *Acciones definidas y protocolos de actuación (poder reaccionar de forma rápida ante una emergencia).*
- *Coordinación en la gestión con los servicios municipales, estación depuradora y responsables de la calidad en el medio receptor* (minimizar los vertidos y/o sus efectos en el medio)
- Operador/mantenedor deberá llevar a cabo un seguimiento detallado de las variables que caracterizan el episodio de lluvia mediante los datos de la pluviometría, imágenes radar que disponga, sistema de telecontrol, red de comunicación y estaciones remota.

### GESTIÓN POST-EPISODIO DE LLUVIA

- *Análisis del funcionamiento de los activos y sistemas* para comprobar que han funcionado correctamente.
- Realizar un balance del episodio de lluvia con los datos pluviométricos, caudales de entrada, niveles alcanzados, caudales vertidos por el aliviadero de emergencia o regulados por la salida del tanque.



## TAREAS DE MANTENIMIENTO-INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE URBANO

### CAPTACIÓN

SUMIDEROS IMBORNALES  
ALCANTARILAS  
CUNETAS  
REJILLAS  
BOCAS DE TORMENTA

1.-Revisión y limpieza periódica de *imbornales, pozos de registro y arquetas* (síntomas y anomalías de funcionamiento, charcos por imbornales atascados o fallo de pendiente de los viales).

### CONDUCCIÓN

CONDUCCIONES  
CANALES  
POZOS DE REGISTRO  
ARQUETAS

2.- Limpieza periódica de los *colectores, subcolectores y sifones* principales de la red pluvial (*camiones de limpieza por agua a presión y succión al vacío de lodos sedimentados*)

### CONEXIÓN

TRANSPORTE  
COLECTORES  
SUBCOLECTORES  
SIFONES

3.- Inspección periódica con sistemas CCTV (*Equipos de Cámaras de Inspección TV*) de los colectores (detectar grietas o roturas en tuberías, filtraciones, conexiones defectuosas de acometidas, existencias de raíces, acumulación de sedimentos en sifones, incrustaciones, etc).

### EVACUACIÓN DESCARGA

ESTACIONES DE BOMBEO  
CÁMARAS TRANQUILIZADORAS

4.- Revisión, limpieza y comprobación del estado de funcionamiento de los equipos que forman parte de las *estaciones de bombeo* (extracción de flotantes y sedimentos, limpieza cámaras tranquilizadoras, bombas sumergibles, boyas de nivel, compuertas, deflectores, escaleras de acceso, tapas, valvulería, etc)



## TAREAS DE MANTENIMIENTO-DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA

### GESTIÓN ORDINARIA EN TIEMPO SECO

- 1.- Revisión de posibles *alarmas y anomalías* de los sensores y actuadores.
- 2.- Resolución de *averías y gestión de avisos* de operación del depósito.
- 3.- Revisión y *limpieza* de la reja de desbaste, cámaras, fosos, arquetas, piscinas y carriles longitudinales (cámara de entrada).
- 4.- Pruebas de los actuadores y señales, movimientos de compuertas y maniobras de los equipos de bombeo desde el sistema de control (SCADA).
- 6.- Comprobación del correcto funcionamiento del *grupo electrógeno y bombeos*.

### GESTIÓN POR EPISODIO EN TIEMPO DE LLUVIA

- 1.- Supervisión y registro de los **avisos y alarmas**. Seguimiento del funcionamiento de todos los sistemas en modo automático.
- 2.- Supervisión de la **operatividad de los actuadores en modo automático**, equipos de bombeo y sistema de desbaste *mediante SCADA*.
- 3.- Seguimiento de los niveles de los colectores y depósitos.
- 4.- Seguimiento de las incidencias, anomalías y avisos.



## TAREAS DE MANTENIMIENTO-DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA

### GESTIÓN POST-EPISODIO DE LLUVIA

1.-**Limpieza manual de las rejas de desbaste y cámara principal de bombeo** mediante cuchara bivalva o anfibia (sólidos gruesos y flotantes, toallitas húmedas, plásticos, botellas, latas de aluminio, trapos, piedras, animales, plásticos, piezas metálicas, ramas, madera, etc).

*2.-Limpieza con agua a presión de:*

2.1.- Pasarelas transitables inundables (trámex, barandillas, etc)

2.2.- Compuertas murales y clapetas oleo-hidráulicas (cilindros, vástagos, sellos, juntas, guías, separador, etc)

2.3.- Cámara principal de bombeo (bombas, boyas de nivel, sensores)

3.- **Limpieza y vaciado de los sedimentos depositados en el foso de recogida de agua de piscinas y carriles longitudinales** mediante la *formación de olas* a través de piscinas (arrastre longitudinal-apertura de clapetas rápida y brusca). Dilución de los fangos para que sean más fácilmente bombeables y evitar que sedimenten y se compacten en la solera.

4.- Comprobación del **estado y operatividad de todos los activos** que forman parte del depósito (bombas, sondas, sensores, compuertas, clapetas, etc).

5.- *Detección de posibles incidencias, averías y deficiencias*, etc.

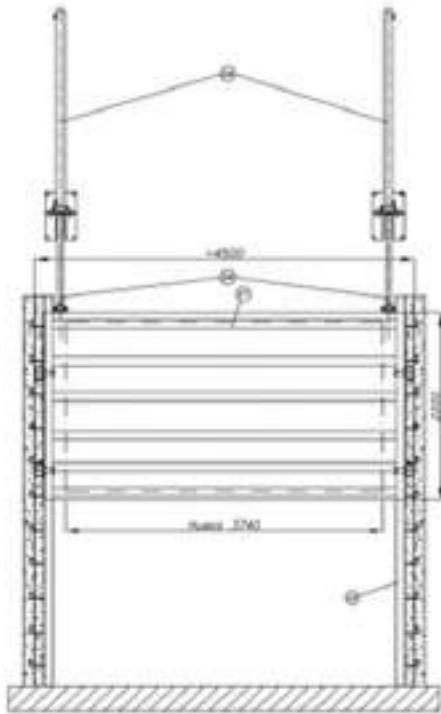


## ÍNDICE

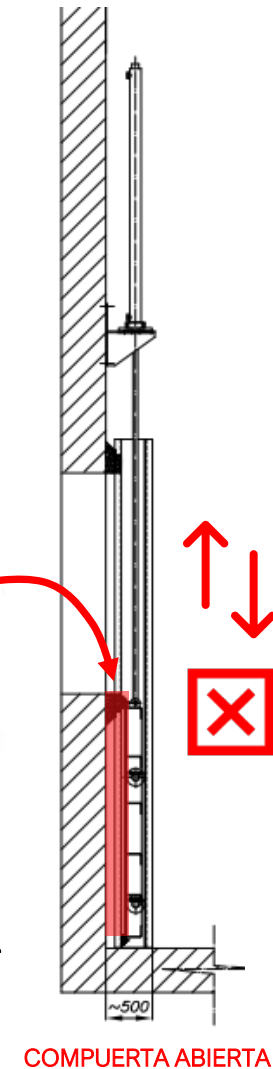
---

- 1 INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 5 **ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)**
  - 6 DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS
-

## APERTURA COMPUERTA MURAL ENTRADA DEPÓSITO-DESCENDENTE



PIEDRAS  
TRONCOS Y RAMAS

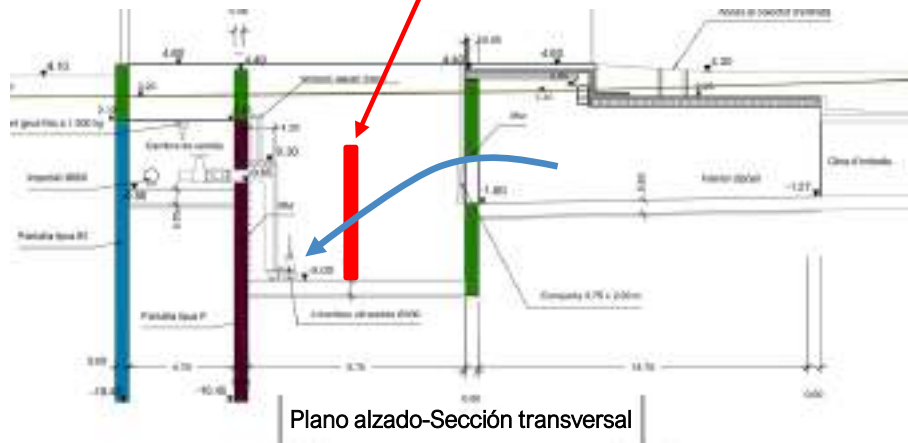
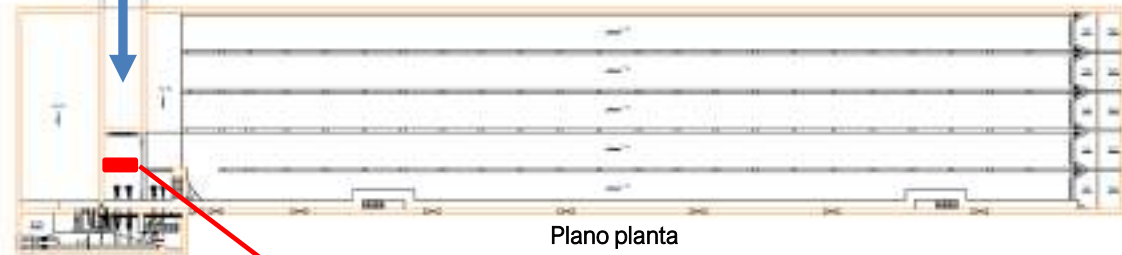
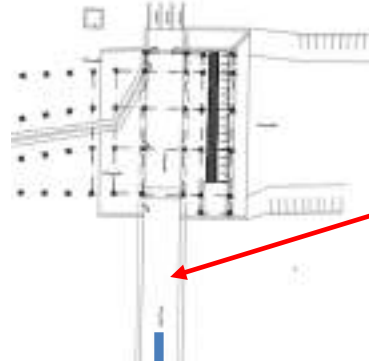


COMPUERTA ABIERTA

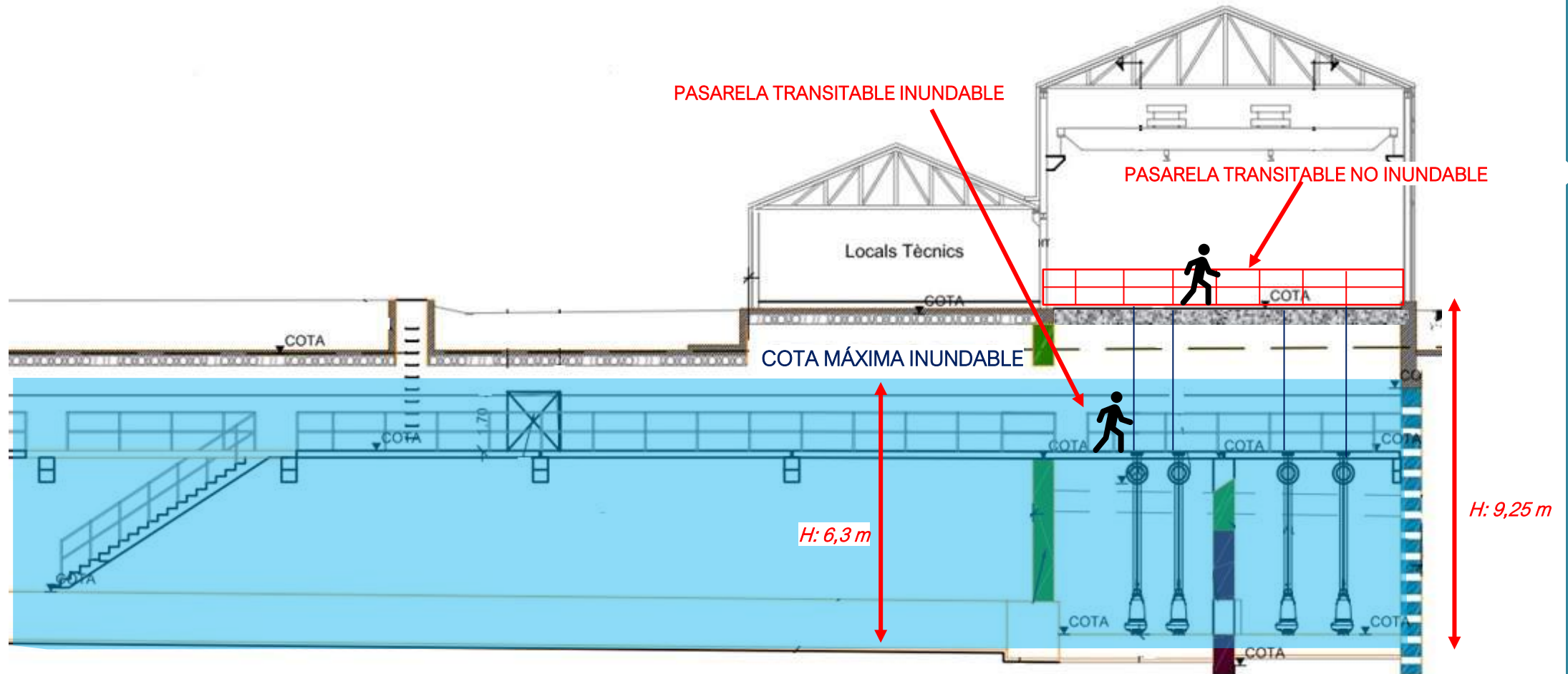
- 1.- Evitar que las compuertas murales verticales abran *descendiendo* la compuerta para evitar que los residuos sólidos que entran con el agua (maderas, piedras, troncos, etc) queden *atascados en el hueco entre la pared y la compuerta, provocando su bloqueo.*
- 2.- Se acostumbra a instalar este tipo de funcionamiento (descendente) cuando se necesita *regular el nivel aguas arriba* porque en el caso de una avería, la compuerta por acción de su propio peso (gravedad) se abriría a la *posición de seguridad.* En el caso de compuertas ascendentes se instalan *acumuladores* en los grupos oleo-hidráulicos para *maniobras de emergencia-seguridad.*



# COLECTOR DE ENTRADA DE AGUAS PLUVIALES-REJA DE DESBASTE DE SÓLIDOS

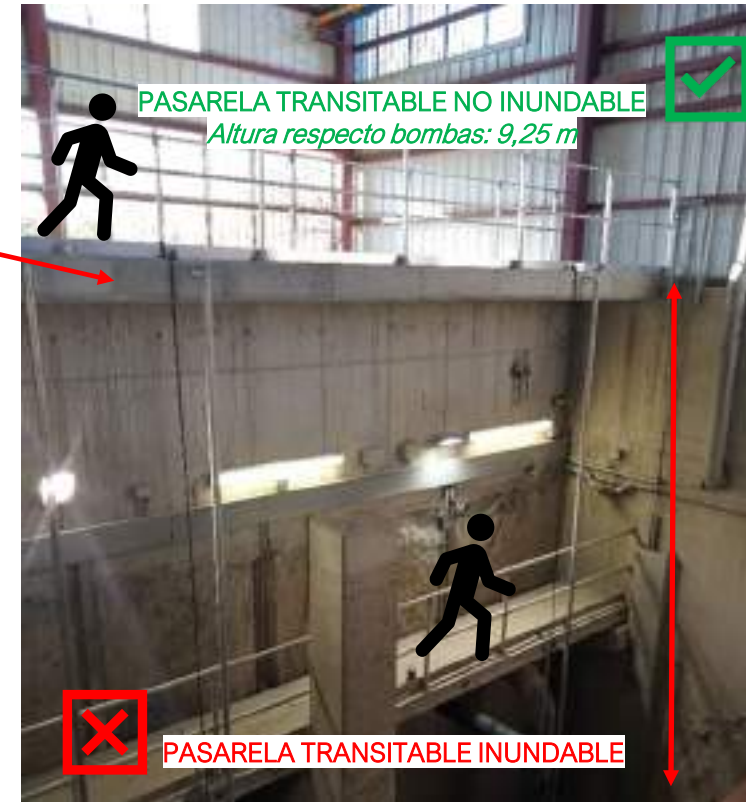
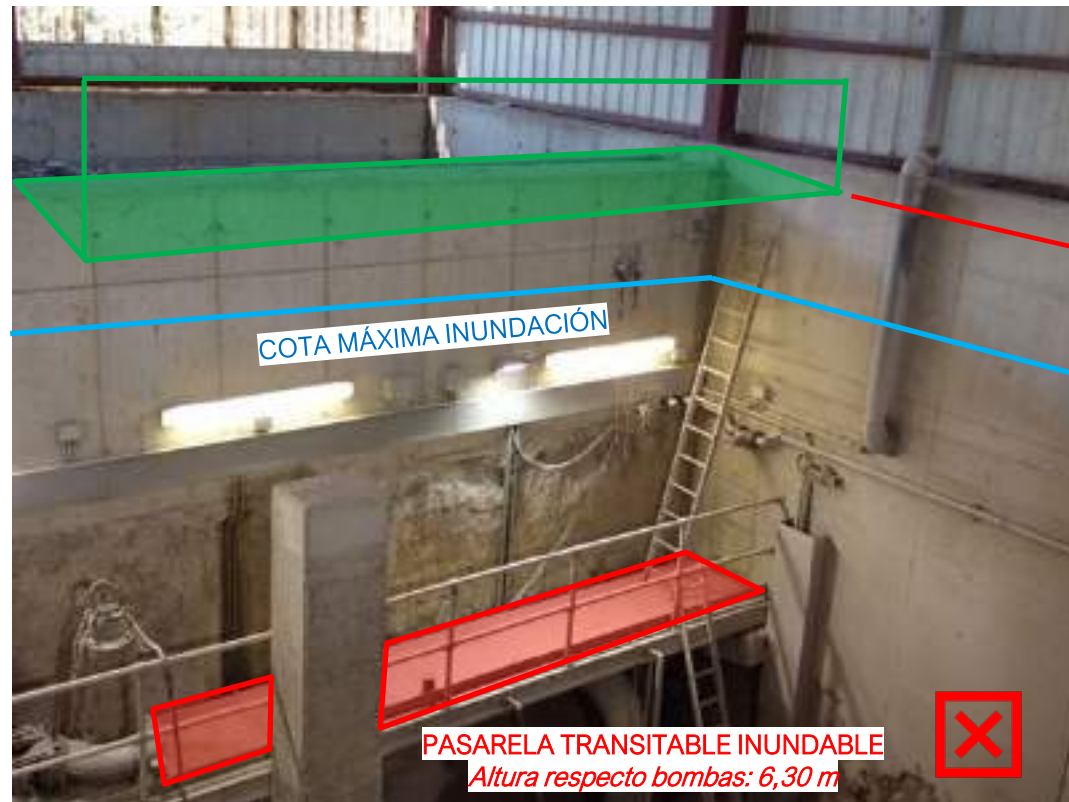


## PASARELAS TRANSITABLES INUNDABLES-CÁMARA DE BOMBEO ACCESIBILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS SUMERGIDAS





## PASARELAS TRANSITABLES INUNDABLES-CÁMARA DE BOMBEO



Las pasarelas transitables que se utilicen para realizar tareas de mantenimiento (extracción de bombas sumergible, etc) se recomienda que se sitúen por *encima de la máxima cota de inundación del depósito* para que los técnicos de mantenimiento puedan acceder en el caso que las bombas se bloqueen para desatascarlas y evitar que se inunde el depósito.

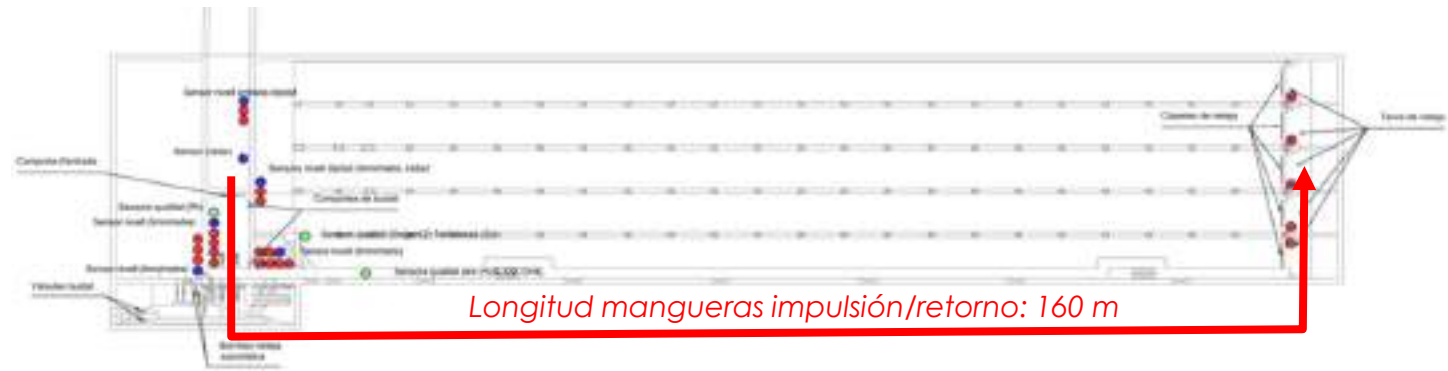
## PASARELAS TRANSITABLES INUNDABLES-BLOQUEO BOMBAS SUMERGIBLES



- 1.-Desatasco de bombas sumergibles por toallitas húmedas, tejido, fibras, etc.
- 2.- Extracción de los equipos de bombeo mediante tubo guía y cadena (puente grúa o polipasto).



## PÉRDIDAS DE PRESIÓN-FUGAS DE ACEITE-GRUPOS OLEO-HIDRÁULICOS



1.- *Grupos oleo-hidráulicos próximos a compuertas y clapetas* (evitar pérdidas de cargas y posibles fugas de aceite)

2.- Formación de ola para el barrido longitudinal de los carriles (arrastre de residuos y lodos hacia foso de recogida principal a través de la solera)

3.-Apertura de la clapeta *rápida y brusca* (creación ola efectiva)



## FUGAS DE ACEITE-GRUPOS OLEO-HIDRÁULICOS-MANTENIMIENTO

1.- Tiempos elevados de permanencia, mayores posibilidades de generar malos olores debido a la creación de *ácido sulfhídrico* y *metano* (*digestiones anaerobias-septicidad*)

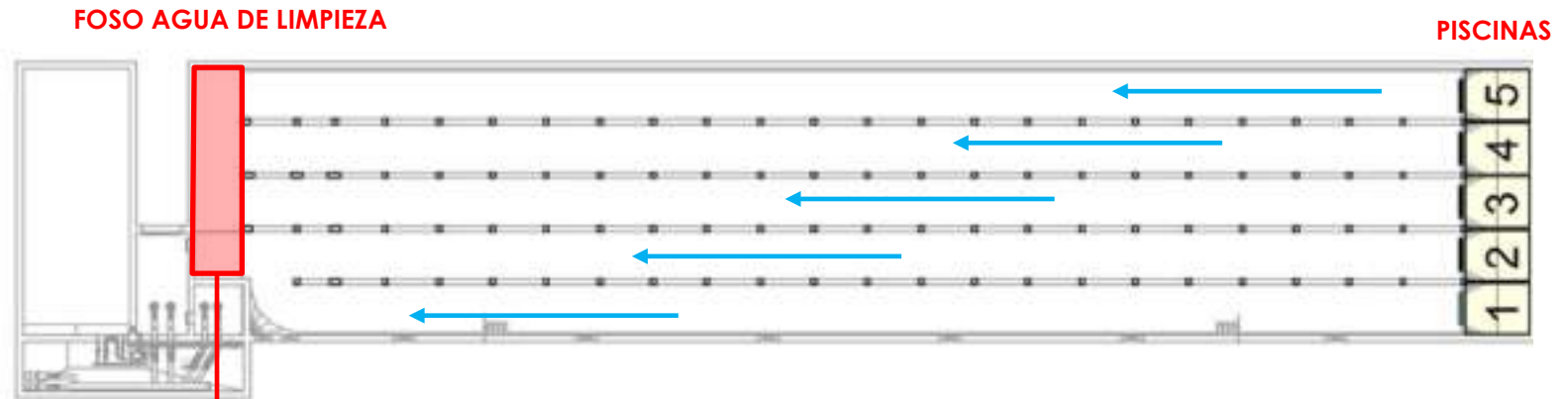
2.- *Oxidación, corrosión y degradación* de los equipos y materiales que están sumergidos (gases, compuestos corrosivos, etc)



## CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO-CÁMARA DE RECOGIDA AGUA DE LIMPIEZA

1.- Evitar que el foso principal donde se recogen las aguas de limpieza de los carriles longitudinales esté lleno de residuos y lodos antes de llevar a cabo una limpieza.

2.- Dimensionar la capacidad del foso para almacenar el volumen de descarga entre **2-3 limpiezas-ciclos** (50 m<sup>3</sup> x piscina aprox.)



## CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO-CÁMARA DE RECOGIDA AGUA DE LIMPIEZA

LIMPIEZA DE CARRILES LONGITUDINALES MEDIANTE LA FORMACIÓN DE OLAS-RETORNO DE LOS RESIDUOS



## RETIRADA DE RESIDUOS Y LODOS MEDIANTE CUCHARA ANFIBIA/BIVALVA

1.-Instalación de un *puente grúa equipado con cuchara bivalva/anfibia* en la cámara de bombeo/desbaste de sólidos (reducción de costes)

2.-Extracción manual de los residuos sólidos y lodos para su posterior almacenamiento y gestión.



## EXTRACCIÓN DE RESIDUOS Y LODOS-MAQUINARIA EXTERNA DE LIMPIEZA

### GRÚA CON BRAZO ARTICULADO Y CUCHARA BIVALVA

Aumento de costes en trabajos de limpieza si no hay instalado un puente grúa equipado con cuchara anfibia/bivalva.



### MINI-CARGADORA ARTICULADA TIPO BOB-CAT



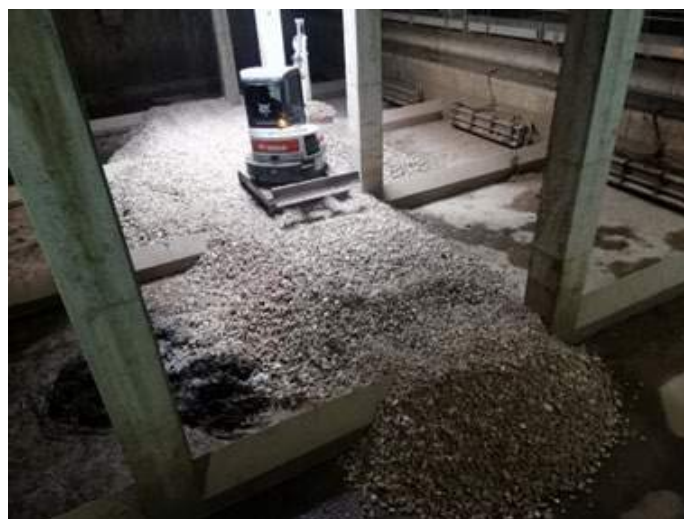


## ACCESIBILIDAD AL DEPÓSITO DE MAQUINARIA DE LIMPIEZA CARRILES LONGITUDINALES BLOQUEADOS POR RESIDUOS Y LODOS

Posibilidad de acceso al depósito de una mini-cargadora (tipo Bob-cat) para agilizar la retirada de los residuos y lodos de los carriles, cámaras y fosos.



*Plataforma desmontable para poder acceder a los carriles longitudinales entre muretes (limpieza del depósito bloqueado).*



## ÍNDICE

---

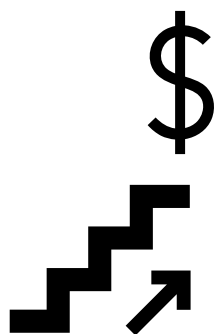
- 1 INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EN DRENAJE PLUVIAL URBANO
  - 2 ACTIVOS/INVENTARIADO DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 3 EJEMPLOS DE DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA
  - 4 TIPOS Y FASES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE RETENCIÓN/TORMENTA
  - 5 ERRORES DE DISEÑO QUE AFECTAN AL MANTENIMIENTO (DEPÓSITOS DE TORMENTA)
  - 6 **DEPÓSITOS BLOQUEADOS Y OPERATIVOS**
-

## DEPÓSITOS BLOQUEADOS-FALTA DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA



## DEPÓSITOS BLOQUEADOS-FALTA DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZAS LIMPIEZA MANUAL-AGUA A PRESIÓN Y SUCCIÓN AL VACÍO

Cuanto mayor sea el tiempo de permanencia del agua en el interior del depósito, *mayor será la sedimentación/compactación de los residuos y lodos, y aumentará los costes de limpieza del tanque.*



## DEPÓSITOS OPERATIVOS Y LIMPIOS





MUCHAS GRACIAS