

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE MÚLTIPLES ETAPAS



Lima, 2005

Especificaciones técnicas para construcción de sistemas de filtración de múltiples etapas

Tabla de contenido

	Página
1. Objeto	3
2. Definiciones	3
3. Aplicación	4
4. Consideraciones generales	
4.1. Aspectos técnicos	4
4.2. Aspectos de seguridad	4
4.3. Vulnerabilidad	5
4.4. Riegos sanitario	5
5. Consideraciones por componente	
5.1. Filtros gruesos dinámicos	5
5.2. Filtros gruesos	6
5.3. Filtros lentos	6
6. Materiales	
6.1. Concreto simple	7
6.2. Concreto armado	7
6.3. Material soporte filtros	8
6.4. Drenes	9
6.5. Tuberías, válvulas y accesorios	9
6.6. Cerco	9
7. Ejecución de obras	
7.1. Trazo y replanteo	9
7.2. Movimiento de tierras	10
7.3. Relleno y compactación	10
7.4. Obras de concreto	10
7.5. Juntas water – stop	10
7.6. Acero de refuerzo	12
7.7. Encofrados y desencofrados	12
7.8. Revoques y enlucidos	12
7.9. Tuberías y accesorios de medición y control	13
7.10. Colocación de medios de soporte y filtrantes	13
8. Prueba hidráulica	14
9. Bibliografía	14

Especificaciones técnicas para construcción de sistemas de filtración de múltiples etapas

1. Objeto

Proporcionar información sobre los aspectos generales para la construcción de filtros de múltiples etapas (FiME): Filtros gruesos dinámicos, filtros gruesos y filtros lentos de arena.

2. Definiciones

- **Armado:** Estructura conformadas con varias piezas metálicas que funciona como esqueleto en un elemento constructivo
- **Apoyo:** Elemento de soporte o sostén. Puede ser aislado, como son las columnas o corridos como son los muros.
- **Cemento:** Cal hidráulica que mezclada con otros materiales forma una argamasa pétreo de múltiples empleos, tales como: servir de núcleo constructivo, de recubrimiento y otros.
- **Concreto:** Mezcla de cemento, arena y piedra con agua.
- **Enlucido:** Se trata de la última capa de mortero que da terminación a una pared. Comúnmente llamado revoque fino.
- **FGDi:** Filtro grueso dinámico.
- **FGAC:** Filtro grueso ascendente en capas.
- **FGAS:** Filtro grueso ascendente en serie, pueden ser en series de 2 (FGAS2) o en serie de 3 (FGAS3).
- **FLA:** Filtro lento de arena.
- **F´c :** Resistencia a la compresión de diseño de la matriz (mortero), en kg/cm².
- **Fy :** esfuerzo de fluencia del refuerzo en kg/cm².
- **Hormigón:** Mezcla que contiene arena, piedras o cascotes.
- **Impermeabilizar:** Acondicionar una superficie para evitar la entrada o salida de líquidos.
- **Ladrillo:** Bloque de arcilla cocida, de tamaño y grosor variable.
- **Losa:** Piso o techo de una estructura.
- **Mampostería:** Sistema constructivo realizado con ladrillos o piedras, adheridos o unidos a base de argamasa o mezcla.
- **Mortero:** Mezcla de cemento, arena y agua. Al mortero se le enriquece con aditivos para mejorar sus cualidades.
- **Varilla:** Vara de acero utilizada en construcción como refuerzo de una estructura.
- **Viguería:** Sistema estructural a base de un conjunto de vigas o maderas largas y gruesas colocadas en forma horizontal o ligeramente inclinados, para sostener una techumbre.
- **Yeso:** Sulfato de cal hidratada, mezclado con agua; se endurece rápidamente y se aplica como recubrimiento u ornamentación de interiores.

3. Aplicación

La filtración en múltiples etapas será aplicada en sistemas de tratamiento para poblaciones rurales o pequeñas localidades, cuya fuente de abastecimiento de agua se ajuste a las normas de calidad de agua cruda requeridas para un tratamiento por FiME.

4. Consideraciones generales

4.1. Aspectos técnicos

- Las cámaras de los filtros podrán ser de concreto simple, concreto reforzado, o mampostería de ladrillo o piedra, con recubrimiento de mortero impermeable.
- La sección de los filtros podrá ser de forma rectangular o circular y las paredes verticales o inclinadas.
- Las juntas de construcción y/o dilatación deberán ser estancas.
- Se deberá incrementar la rugosidad de la pared en contacto con el medio filtrante para evitar las líneas de flujo o cortos circuitos entre el material filtrante y las paredes verticales del filtro.
- La cimentación y losa de fondo no deben presentar fisuras causadas por asentamientos diferenciales del terreno.
- Preferentemente, los trabajos deben iniciarse durante el periodo seco porque facilita la excavación, preparación de concretos y fraguado de mezclas.
- El medio filtrante utilizado será limpio y libre de material orgánico.
- Las estructuras de entrada y de salida deben incluir los dispositivos para regular el flujo, distribuir y recolectar el agua, y controlar el nivel de agua en el filtro.
- Las estructuras deben estar dotados de los elementos necesario que permitan un rápido y seguro drenaje del agua de lavado.
- Se emplearán válvulas de apertura rápida para la limpieza hidráulica del filtro y el desagüe completo de las unidades. Las válvulas de apertura rápida pueden ser de tipo bola o mariposa de diámetro igual al de la tubería de drenaje principal; bajo toda circunstancia deben ser herméticas, simples de operar y mantener, y resistentes a la corrosión.
- Las cámaras donde se alojan los dispositivos para la operación, mantenimiento y limpieza deben permitir el fácil acceso y tener el espacio suficiente para la maniobrabilidad del operador.

4.2. Aspectos de seguridad

- Toda instalación debe estar cercada para evitar el ingreso de animales y personas no autorizadas.
- Descargar el agua de lavado en un lugar cuya disposición no ponga en riesgo la estabilidad de las estructuras ni de su entorno en general.
- El constructor debe proporcionar los implementos de protección de acuerdo al tipo de obra y riesgo de la labor que realizan los trabajadores.
- Por la naturaleza del terreno, en algunos casos se debe utilizar el tablestacado, entibamiento y/o pañeteo de las paredes, a fin de que estas no cedan.

4.3. Vulnerabilidad

- La altura de los filtros debe facilitar la extracción del material filtrante para su limpieza en casos de emergencia.
- Tener especial cuidado en la instalación de accesorios que cruzan muros y los puntos de empalme entre losas y muros, pues son zonas críticas de focos de fugas.
- Evitar suelos de mala calidad o sitios escarpados con pendientes altas, para disminuir en lo posible cimentaciones complejas, grandes excavaciones o muros de contención costosos para dar seguridad a la estructura.
- Evitar que la ubicación de la planta sea afectada por posibles desbordes, inundaciones u otro tipo de evento que amenace la infraestructura o su funcionamiento.

4.4. Riesgo sanitario

- Proteger el agua pretratada del crecimiento de algas y de la contaminación que pueda transportar el aire, así como de la proliferación de vectores.
- Dotar de elementos sanitarios a cámaras de agua tratada para evitar su contaminación.
- Prestar especial atención en los drenajes de las aguas de lavado. Desagües mal diseñados con pendientes no adecuadas pueden generar represamientos de agua.

5. Consideraciones por componente

5.1. Filtros gruesos dinámicos

- La altura total de la cámara de filtración estará determinada por la altura del lecho filtrante, la altura del vertedor de salida y el borde libre requerido.
- Las capas de grava deben permanecer inalterables en el tiempo, pues ello facilitará el comportamiento del FGD_i como un filtro a superficie, recomendándose instalar mallas plásticas como separador de capas.
- La altura del lecho de soporte no debe ser inferior al diámetro del conducto recolector principal, y el tamaño de la grava en contacto con los colectores laterales, debe ser por lo menos 1.5 veces el diámetro de los orificios especificados en dicho colector.
- La estructura de salida debe permitir tanto el drenaje del caudal de rebose durante la operación a tasa declinante del FGD_i, como el vertimiento del agua de lavado durante la limpieza superficial del filtro.
- El punto de descarga del colector principal en la cámara de lavado debe localizarse a una profundidad mínima de 1 m, medida respecto a la losa de fondo del FGD_i.
- Al menos una cámara o losa para lavado del material filtrante deberá ser construida en un sitio próximo a la unidad de tratamiento.

5.2. *Filtros gruesos*

- Se deben de prever juntas de expansión impermeables en filtros con longitud de pared muy larga, como puede requerir un filtro grueso horizontal.
- La altura total del filtro esta determinada por la altura del lecho de grava (incluyendo la capa soporte), el nivel de agua sobrenadante, la altura de agua adicional para facilitar y mejorar el lavado hidráulico y el borde libre.
- En las paredes verticales perimetrales de los filtros, entre 0.02 y 0.05 m arriba de la capa más superficial de grava de cada modulo, a regular distancia se instalarán pasamuros soldados a adaptadores de limpieza, con el fin de evacuar el agua del lavado durante la limpieza superficial del lecho de grava. Los pasamuros pueden tener diámetros de 50 mm para áreas de prefiltración por módulos inferiores a 15 m² y de 100 mm para áreas de hasta 20 m². Las descargas de los pasamuros deben ser recogidas a través de canaletas perimetrales, para luego ser transportadas y descargadas al sistema de drenaje general o cámara de lavado.
- Las cámaras de lavado deben ser amplias, seguras y permitir el fácil acceso y maniobrabilidad del operador. Deben incluirse tapas o cubiertas removibles al igual que escaleras de acceso.

5.3. *Filtros lentos*

- Las cámaras de filtración pueden ser construidas de hormigón reforzado, ferro cemento, concreto ciclópeo o mampostería estructural.
- Verificar la instalación de juntas de construcción y/o dilatación con base a planos y/o especificaciones técnicas.
- El medio filtrante no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio para evitar que se produzcan cavitaciones al ser atacados estos elementos por aguas con alto contenido de dióxido de carbono.
- El contenido de lodo en la arena no debe ser mayor al 1% en volumen antes de instalarse en el filtro.
- La solubilidad de la arena en acido clorhídrico no debe exceder el 5% después de 30 minutos de iniciada la prueba. La grava de la capa soporte no debe perder más del 5% de su peso al sumergirla por 24 horas en ácido clorhídrico.
- El sistema de drenaje puede tener diversas configuraciones: drenes principales y laterales construidos de tuberías perforadas, bloques o ladrillos de concreto o arcilla cocida, losas prefabricadas de hormigón sobre vigas de hormigón, etc. De manera que se asegure un flujo uniforme del agua a través del medio filtrante. El sistema de drenes esta cubierto por capas de grava.
- Si los drenajes son de ladrillo, estos deberán asentarse con mortero cuando los filtros estén localizados en zonas sísmicas; en caso contrario simplemente se acomodan formando canales.
- Considerar un ingreso adicional por el fondo de la unidad, para efectuar el llenado del filtro. Esto se consigue interconectando las unidades en la cámara de salida.
- Considerar instalaciones adicionales como:
 - Una plataforma (losa o terraza) colindante con los filtros, que facilite la operación de limpieza del filtro y el lavado de arena.

- Un sistema similar para sacar o meter la arena al filtro.
- Un sistema para recuperar la arena que se ha retirado de los filtros.

6. Materiales

6.1. *Concreto simple*

Es una mezcla de cemento Pórtland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento; el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar similarmente recubierto por la misma pasta, la que deberá saturar los últimos vacíos remanentes. Se recomienda utilizar un concreto $f'c=100\text{kg/cm}^2$ a 145Kg/cm^2 para el solado o relleno en exceso de excavación.

6.2. *Concreto armado*

Se denomina concreto armado al concreto simple cuando lleva embebido armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. Se recomienda utilizar un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

6.2.1. *Agregados*

Los agregados que se usarán son: Agregado Fino o Inerte (arena) y el Agregado Grueso (piedra partida, de existir en la zona), ambos tipos deben considerarse como ingredientes separados en cada partida.

- **Agregado fino:** El Agregado fino será una arena lavada, silíceo, limpia que tenga granos sin revestir, resistentes, fuertes y duros, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, materia orgánica, greda y otras sustancias dañinas.
- **Agregado grueso:** El Agregado grueso deberá ser grava o piedra triturada o partida, de grano compuesto y de calidad dura. Debe ser limpio, libre de polvo, materia orgánica, greda u otras sustancias perjudiciales y no contendrá piedra desintegrada, mica o cal libre, estará bien graduada desde $\frac{1}{4}$ " hasta el tamaño máximo de $1\frac{1}{2}$ "

6.2.2. *Agua*

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable. En los casos que no se consiga agua potable se puede utilizar aquella cuyo contenido de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica no sean perjudiciales para el concreto.

6.2.3. Refuerzo

Las barras corrugadas para el refuerzo de concreto estructural deberán cumplir con las especificaciones establecidas por AASHTO M-137 ó ASTM A-615-68 (G-60). Se recomienda un acero de $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

6.2.4. Aditivos

Sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades. Este puede ser un acelerante o un retardador. NORMA ITINTEC 339.086.

6.3. Material de soporte y filtrante

Para el caso del filtro grueso dinámico o ascendente la grava disminuye de diámetro según el flujo del agua, de abajo hacia arriba.

En un filtro lento de arena se debe cumplir las siguientes características de granulométricas.

Granulometría de un filtro grueso dinámico

Posición en la Unidad	Espesor de la Capa (m)	Tamaño de Grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 - 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13.0 - 25.0

Granulometría de un filtro grueso ascendente en capas o en serie

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 - 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m):						
• Soporte	0.30	0.30	0.35	0.30	0.50	0.45
• Lecho Filt.	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45 - 0.75

Granulometría de un filtro lento de arena

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1
Mínima	0.5
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 – 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 – 0.3

6.4. Drenes

La recolección del agua filtrada se hará mediante la conformación de drenes fabricados con tuberías o bloques de arcilla o concreto colocados en hileras y espaciados convenientemente de tal manera que permita la circulación del agua hacia el punto de descarga.

6.5. Tuberías, válvulas y accesorios

- **Válvulas de regulación de caudal:** Se utilizan válvulas de compuerta, de bola o mariposa. Se utiliza el bronce y el diámetro varia según el diseño del filtro.
- **Vertederos:** Rectangular o triangular. Los más comunes son los de pared delgada, en material metálico (acero o bronce) o sintético (acrílico).
- **Reglas de aforo:** Se construyen fácilmente en aluminio, madera o acrílico.
- **Tuberías y accesorios:** Para el drenaje, rebose e ingreso de agua. Material PVC-SAP y de diámetros según el diseño.
- **Mallas de plástico.-** Para separar las diferentes capas de grava.

6.6. Cerco

Cercado perimetral de toda la estructura con cerco construido por postes de cemento y mallas de acero, para evitar el ingreso de seres o agentes que puedan contaminar el agua y dañar la estructura.

7. Ejecucion de obra

7.1. Trazo y replanteo

Replantar las medidas de la obra descrita en los planos, teniendo en cuenta sus medidas, con ayuda de una wincha, yeso, estacas y personal calificado, de tal manera que al realizar los trabajos de movimiento de tierras no se tenga ninguna diferencia con la que señala en los planos.

7.2. *Movimiento de tierras*

- Las excavaciones para las estructuras serán efectuadas de acuerdo a las líneas, rasantes y elevaciones indicadas en los planos y conforme a estudios previos del suelo. Las dimensiones de las excavaciones serán tales que permitan colocar en todas sus dimensiones las estructuras correspondientes.
- En las excavaciones para estructuras, se verificarán las condiciones de las plataformas a nivel de su cimentación con respecto a la capacidad portante del suelo, sus aspectos geológicos y geotécnicos y su contenido de sales.
- Las excavaciones no deben efectuarse con demasiada anticipación a la construcción o instalación de las estructuras, para evitar derrumbes y accidentes.
- El material sobrante excavado, si es apropiado, podrá ser acumulado y usado como material selecto o seleccionado para relleno, y el no apropiado será eliminado, efectuando el transporte y depósito hacia lugares donde se cuente con el permiso respectivo.

7.3. *Relleno y compactación*

- Se tomarán las previsiones necesarias para la consolidación del relleno, que protegerá las estructuras enterradas.
- Los espacios excavados por debajo de los niveles de las estructuras definitivas serán rellenados, hasta los niveles pertinentes, con concreto simple. A este se le podrá incorporar hasta 30% del volumen en pedrones, cuya mayor dimensión no excederá un tercio de la menor dimensión del espacio por rellenar.
- Los espacios excavados laterales a las estructuras definitivas y no ocupados por ellas serán rellenados hasta los niveles pertinentes, con material selecto colocado en capas de 30 cm de espesor debidamente regadas y compactadas de acuerdo a las normas respectivas.

7.4. *Obras de concreto*

- Los andamiajes y encofrados deberán tener buena resistencia para soportar con seguridad el peso, la presión lateral del concreto y las cargas de construcción. Los encofrados serán herméticos a fin de evitar la pérdida de lechada y serán adecuadamente arriostrados y unidos entre sí a fin de mantener su posición y forma. Los encofrados serán debidamente alineados y nivelados de tal manera que formen elementos en la ubicación y de las dimensiones indicadas en los planos.
- Los trabajos de concreto se ejecutaran de conformidad a las especificaciones técnicas establecidas por los siguientes códigos y normas:

Generales
Reglamento Nacional de Construcciones. ACI 318 – Building Code Requirements ASTM

Concreto De Materiales
ASTM C150 – Especificaciones para el cemento Pórtland. ASTM C595 – Especificaciones para cemento adicionado. ASTM C33 – Especificaciones para agregados para concreto. ASTM C494 – Especificaciones para aditivos químicos para concreto.
Concreto Pruebas
ASTM C31 – Especificaciones para la fabricación y cerrado de testigos cilíndricos de concreto para prueba de resistencia. ASTM C39 – Especificaciones para el método de prueba de cilindros. ASTM C143 – Especificaciones para la medición del asentamiento (Slump test).
Acero De Refuerzo
ACI SP66 – Manual de detalles ACI. ASTM A615 – Especificaciones para acero de refuerzo de concreto. ASTM A185 – Especificaciones para malla de acero soldado para refuerzo de concreto. ASTM A416 – Especificaciones para torones de alta resistencia, sin revestimiento y desfaturados para concreto pretensado. ASTM C421 – Especificaciones para alambre de alta resistencia, sin revestimiento y desfaturados para concreto pretensado. AWS D1.4 – Código de soldadura estructural para acero de refuerzo.
Encofrados
ACI-SP-4 – Encofrados para concreto. ACI303R – Guía para concreto arquitectónico vaciado en sitio. ACI318 – Requisitos del código de construcción para concreto armado.

a) Estructuras de concreto simple

Este rubro comprende el análisis de los elementos de concreto que no llevan armadura metálica. Involucra también a los elementos de concreto ciclópeo, resultante de la adición de piedras grandes en volúmenes determinados al concreto simple.

- Los cimientos corridos serán de cemento ciclópeo fabricado con una mezcla de cemento–hormigón, proporción 1:10 con 30% de piedra grande no mayor de 8”, esta dosificación deberá respetarse asumiendo el dimensionamiento propuesto en el plano de cimentaciones, En todo caso deberá aceptarse una resistencia a la compresión equivalente a 100 Kg/cm^2 , como mínimo, a los 28 días de fragua.

b) Estructuras de concreto armado

- No se usaran las barras con ondulaciones o dobleces no mostrados en los planos, o las que tengan fisuras o roturas. El calentamiento del acero se permitirá solamente cuando toda la operación sea aprobada por el inspector o proyectista.
- La colocación de la armadura será efectuada en estricto acuerdo con los planos y con una tolerancia no mayor de 1 cm. Ella se asegurará contra cualquier

desplazamiento por medio de amarras de alambre ubicadas en las intersecciones. El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de espaciadores de concreto tipo anillo u otra forma que tenga un área mínima de contacto con el encofrado.

- Los concretos serán preparados de acuerdo a la norma técnica respectiva, debiendo debiéndose comprobar la resistencia especificada mediante las pruebas de testigos.
- El transporte y vaciado del concreto se hará sin que se produzca la disgregación de los materiales que lo componen.
- Se debe tener especial cuidado para el curado del concreto, ya que será el único medio que le permita alcanzar la resistencia especificada.

7.5. Juntas water-stop

- En las juntas de construcción y dilatación existentes, se usarán juntas Water Stop de 6" de PVC.

7.6. Acero de refuerzo

- Antes de vaciar el concreto, se deberá comprobar que las barras de refuerzo estén exentas de suciedad, pintura, aceite u otras sustancias extrañas.
- A no ser que fuese permitido en otra forma, todas las varillas de refuerzo que requieran dobladura deberán ser dobladas en frío y de acuerdo con los procedimientos del ACI AASHTO.
- Para cortar y doblar las barras de refuerzo, se deberán emplear obreros competentes, a quienes se les proporcionará los dispositivos adecuados para tal trabajo.
- Las barras de refuerzo se deberán colocar con exactitud, de acuerdo a lo indicado en los planos y las especificaciones; y deberán estar firmemente sostenidas por soportes aprobados.
- Antes del vaciado del concreto, el refuerzo colocado deberá ser inspeccionado y aprobado. Los empalmes de las armaduras principales se deberán hacer únicamente en los lugares que indiquen los planos de estructuras.
- Toda la armadura deberá ser cortada a la medida y fabricada estrictamente como se indica en los detalles y dimensiones mostrados en los planos del Proyecto.
- El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de espaciadores de concreto tipo anillo u otra forma que presente un área mínima de contacto con el encofrado. Los empalmes serán por traslape, en una longitud no menor a 30 cm de diámetro de la armadura.

7.7. Encofrados y desencofrados

- Se emplearán encofrados de madera. Los alambres que se empleen para amarrar los encofrados, no deberán atravesar las caras del concreto que queden expuestas en la obra terminada.

- Los encofrados deberán ser diseñados y construidos en tal forma que resistan plenamente, sin deformarse, el empuje del concreto al momento del vaciado y el peso de la estructura mientras ésta no sea autoportante.
- Las juntas de unión serán calafateadas, a fin de impedir la fuga de la lechada de cemento, debiendo cubrirse con cintas de material adhesivo para evitar la formación de rebabas.
- Los encofrados serán convenientemente humedecidos antes de depositar el concreto y sus superficies interiores debidamente lubricadas para evitar la adherencia del mortero. Previamente deberá verificarse la absoluta limpieza de los encofrados, debiendo extraerse cualquier elemento extraño que se encuentre dentro de los mismos. Antes de efectuar los vaciados de concreto, el Supervisor inspeccionará los encofrados con el fin de aprobarlos, prestando especial atención al recubrimiento del acero de refuerzo, los amarres, los arriostres y el calafateo.
- El desencofrado se hará según el elemento que a continuación se indica:

- Costados de vigas	24	horas
- Losas y vigas	14	días
- Muros y columnas	3	días

7.8. *Revoques y enlucidos*

- Las caras interiores serán enlucidas empleando aditivo impermeabilizante aprobado por la supervisión.
- El enlucido consistirá en 2 capas: la primera de 1 cm. de espesor, preparada con mortero de cemento, arena en proporción 1:3 y el aditivo impermeabilizante y la segunda con mortero 1:1 preparado igualmente con el aditivo.
- Para la aplicación de aditivos para los enlucidos se debe seguir estrictamente lo establecido por el fabricante del aditivo.

7.9. *Tuberías y accesorios de medición y control*

- Los vertederos pueden ser fabricados de madera, pero se sugiere, preferiblemente utilizar placas de acero o material sintético. La descarga del vertedor es medida, registrando la altura de la lámina de agua por arriba del punto más profundo sobre la cresta del vertedero. La altura de la lámina de agua H_a , es función del caudal y del ángulo formado en la escotadura del vertedero.
- Una reglilla graduada de medición colocada a una distancia mínima de 6 HA (medidas aguas arriba del vertedor) y marcadas con diferentes colores facilitará las mediciones.

7.10. *Colocación de medios de soporte y filtrantes*

- Las diferentes capas del material filtrante deben estar separadas una de otra para evitar la mezcla entre ellas durante la operación o la limpieza manual del filtro. El material filtrante de un filtro grueso, las capas preferiblemente deben estar separadas por una malla plástica.

- En las unidades de filtración gruesa en serie el material granular se ha dispuesto separado por cada tamaño de grava en cada una de las cámaras que componen el sistema de filtración; mientras que en las de flujo horizontal las paredes perforadas realizan la función de separadores del material granular.
- Las unidades de flujo horizontal deben ser llenadas con el material filtrante simultáneamente y en capas como medida de seguridad, especialmente ante estructuras de separación débiles.

8. Prueba Hidráulica:

- Antes de procederse al enlucido interior, la estructura será sometida a la prueba hidráulica para constatar la impermeabilidad, será llenada con agua hasta su nivel máximo por un lapso de 24 horas como mínimo. En caso que no se presenten filtraciones se ordenará descargarlo y enlucirlo.
- En caso que la prueba no sea satisfactoria, se repetirá después de haber efectuado los resanes tantas veces como sea necesario para conseguir la impermeabilidad total.
- Los resanes se realizarán picando la estructura, sin descubrir la armadura, para que pueda adherirse el concreto preparado con el aditivo respectivo.

9. Bibliografía

- Martin Wegelin, Gerardo Galvis, Jorge Latorre; “La Filtración Gruesa En El Tratamiento De Agua De Fuentes Superficiales”; SANDEC, CINARA; Colombia; 1997.
- Gerardo Galvis Castaño, Jorge Latorre Montero, Jan Teun Visscher; “Filtración En Múltiples Etapas” Tecnología Innovativa para el Tratamiento de Agua; CINARA, IRC; Colombia; 1999.
- CEPIS; Cánepa de Vargas Lidia; “Programa Regional Para La Promoción Del Uso De Tecnologías Apropriadas En Saneamiento Básico”; CEPIS; Lima; 2000.
- CEPIS; “Programa Regional Hpe/Ops/Cepis De Mejoramiento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano”- Plantas Modulares Para Tratamiento De Agua; Segunda edición; Lima; 1990.
- CEPIS, Ing. Lidia Cánepa de Vargas; “Programa Regional Hpe/Ops/Cepis De Mejoramiento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano”, Tratamiento - Filtración Lenta, Manual : I, II, III; CEPIS; Lima; 1992.
- PROSAB, Luiz Di Bernardo, Cristina Célia Silveira Brandão, Léo Séller; “Tratamento De Águas De Abastecimento Por Filtração Em Múltiplas Etapas”; Primera edición; Rio de Janeiro; 1999.

- Silena Vargas O., Maria Mercedes Hincapie G., Jorge Latorre M., Gerardo Galvis C., Javier Fernandez M.; “Operación Y Mantenimiento De Plantas De Tratamiento Por Filtración En Múltiples Etapas”; CINARA; Colombia; 1999.
- Roque A. Román Seda, María I. Ortiz Soto, Javier Cardona, Ismael Pagán Trinidad; “Caracterización De Un Filtro Lento De Arena Con Un Prefiltro De Flujo Horizontal De Grava”
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO); “Reglamento Nacional De Construcciones” – Reglamento Provincial De Construcciones De Lima; Décima sexta edición; Lima; 1997.