

**MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO  
PROYECTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE**

CAF-BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA



Bogotá, D.C.  
Enero de 2017



## **TABLA DE CONTENIDO**

	Pág.
1. Definición de las etapas y actividades del proyecto .....	6

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1. Esquema conceptual de la planta de tratamiento.....	6

## MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO

### PROYECTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE

CAF financia proyectos de acueductos, que pueden ir desde la captación, aducción, almacenamiento, tratamiento, hasta la distribución de agua potable para áreas rurales y urbanas de cualquier tamaño, por lo tanto, esta Guía aplica a todos los proyectos de este tipo.

A continuación se definen las características de proyectos de construcción y operación de sistemas de agua potable, así como los componentes típicos y elementos principales de dichos proyectos, esto con el fin de ofrecer una mejor orientación en relación con las intervenciones necesarias para la gestión del riesgo ambiental y social en este tipo de proyectos.

Se entiende por sistema de agua potable, al conjunto de infraestructuras destinadas al abastecimiento de agua potable, desde la captación, la aducción, el almacenamiento, el tratamiento y la distribución.

Los componentes de un sistema de agua potable son:

*Obras de captación:* consiste en una estructura colocada directamente en la fuente (superficial o subterránea), a fin de captar el caudal deseado y conducirlo a la línea de aducción; corresponden a obras civiles que pueden incluir equipos electromecánicos (depende de la fuente). La selección de dichas obras debe considerar los estudios de demanda, aspectos generales de la zona, topografía de la zona, condiciones geológicas, estudios hidrológicos y/o hidrogeológicos, suministro de energía, entre otros aspectos importantes para definir la ubicación y el tipo de captación a construir.

Estas obras pueden ser superficiales o subterráneas según el tipo de fuente. Así, las obras para fuentes superficiales pueden ser: (i) toma lateral, (ii) toma sumergida, (iii) captación flotante con elevación mecánica, (iv) captación móvil con elevación mecánica, (v) captación mixta, (vi) toma de rejilla, (vii) presa de derivación, y (viii) cámara de toma directa, entre otras. Para el caso de captaciones subterráneas pueden corresponder a obras de pozos profundos, pozos excavados, captación en manantiales, entre otros.

*Aducción:* se refiere a las obras civiles que deben construirse para el transporte de agua cruda, los sistemas de aducción corresponden al transporte desde la obra de captación hasta el punto previo a la planta de purificación o potabilización. El transporte de dichas aguas puede efectuarse a flujo libre o flujo a presión. Las estructuras para aducciones pueden corresponder a tuberías, canales, túneles y otros dispositivos que permitan el transporte de agua.

*Desarenador:* es una estructura construida con el propósito de remover por acción de la gravedad partículas en suspensión, como arcilla, arena o grava fina.

*Sistemas de potabilización:* corresponde al conjunto de operaciones unitarias físicas, químicas o biológicas, cuyo objetivo es la eliminación o reducción de la contaminación presente en el agua,

generando agua apta para el consumo humano. Dentro de los criterios de diseño y construcción de los sistemas de potabilización se encuentran la determinación del caudal de diseño, la ubicación de la planta, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua que se trata y estudios preliminares, entre otros factores.

Dentro de las tecnologías de potabilización de agua se encuentran los desarenadores, presedimentadores, prefiltros, microtamices, trampas de grasas y aceites, aireadores, unidades de mezcla rápida y floculación, sedimentación, flotación, filtración, desinfección, estabilización, ablandamiento, adsorción sobre carbón activado, desferrización, desmanganetización, desalinización, manejo de lodos, floculación lastrada, flotación, tanque de contacto, tanque de almacenamiento del agua tratada, poscloración, dispositivos de control de las unidades de la planta e instrumentación, laboratorio, sala de dosificación y almacenamiento de los productos.

Los procesos que conforman un sistema convencional de potabilización son:

*Aireadores:* dispositivo de transferencia de oxígeno al agua se utilizan en procesos de oxidación, eventualmente como pretratamiento para eliminar olores, sabores y anhídrido carbónico del agua, elevar el pH y promover la precipitación del hierro y manganeso de aguas subterráneas no oxigenadas.

*Presedimentadores:* unidades que permiten la remoción de material suspendido, se instalan cuando el contenido de sólidos y turbiedad son elevados, antes de otros procesos de tratamiento.

*Prefiltros gruesos:* son unidades de filtración, cuando hay un contenido elevado de sólidos.

*Coagulación:* proceso químico a través del cual los coagulantes son adicionados al agua reduciendo las fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión. Una vez adicionados los coagulantes y auxiliares de la coagulación deben dispersarse rápida y homogéneamente en el cuerpo de agua, para lo cual deben emplearse las unidades de mezcla rápida. Estos equipos pueden ser hidráulicos o mecánicos.

*Floculación:* este proceso consiste en la aglomeración de partículas por efecto del transporte del fluido formando partículas de mayor tamaño que son sedimentadas por efecto de la gravedad. Existen dos (2) tipos de floculadores: los hidráulicos, que se utilizan el cambio de dirección de flujo del agua y los mecánicos, que son aquellos que requieren de un equipo electromecánico para mover un agitador de paletas o álaves.

*Sistemas de sedimentación de partículas:* las unidades de sedimentación deben constar con una zona de entrada, una zona de sedimentación, una zona de salida y una zona de recolección de lodos. Los sedimentadores que pueden emplearse son el de flujo horizontal y flujo vertical.

*Filtración convencional:* en el proceso convencional la filtración puede ser rápida o lenta. Para el caso de filtros rápidos pueden ser ascendentes o descendentes, y puede filtrarse por gravedad o por presión. La filtración lenta puede emplearse sola o con diversas etapas de prefiltración. En los casos de filtración convencional, el medio filtrante granular convencional puede estar constituido por arena, antracita, arena de alta densidad, granate, ilmenita o carbono activado granular, generalmente dispuesto sobre un lecho de grava.

- Filtros lentos: son unidades de baja velocidad de filtración que se utilizan para remover bajos porcentajes de color, turbiedad, bacterias, protozoarios, fierro y manganeso (después de la aireación), sin recurrir al tratamiento químico o para mejorar la calidad bacteriológica del agua.
- Filtros rápidos de velocidad constante: son unidades que reciben el efluente de los sedimentadores. Durante la filtración tiene un flujo descendente constante, gracias a un sistema de control de salida. El lavado se realiza con la contracorriente que proviene de un tanque elevado o bomba.
- Filtros rápidos de tasa declinante (multicelulares): son unidades que reciben el efluente de los sedimentadores, en los cuales la filtración vertical descendente va disminuyendo paulatinamente hasta que se colmata el lecho filtrante, que es cuando se efectúa el lavado contracorriente con agua de los otros filtros.
- Filtros de flujo ascendente descendente: son unidades dobles para filtración de aguas, donde el primer filtro, llamado también clarificador de contacto, tiene flujo vertical ascendente, y el segundo filtro tiene flujo vertical descendente. Ambos filtros requieren de un sistema de retrolavado que puede ser un tanque elevado.

*Tecnologías alternativas para la potabilización de agua:* estas tecnologías incluyen sistemas como la flotación, la floculación lastrada y la separación por membranas. Para el caso particular de filtración por membranas, en el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico de Colombia, el espectro de mecanismos de filtración con tecnologías alternativas de potabilización puede clasificarse en:

- Microfiltración: tamaño del poro entre 0,1 y 0 micras.
- Ultrafiltración: tamaño del poro entre 0,001 y 0,1 micras.
- Nanofiltración: tamaño del poro de 0,001 micras.
- Ósmosis inversa: tamaño del poro menor a 10 Angstrom (1 nanómetro).

1 micra es igual que  $10^{-6}$  metros.

1 Angstrom es igual que  $10^{-8}$  metros.

*Flotación por aire disuelto (DAF):* este método de separación es el único utilizado en el tratamiento para la potabilización del agua para consumo humano y consta de cuatro procesos: *mezcla rápida*, similar a la del sistema convencional; *floculación*, similar a la de la

sedimentación convencional; *inyección de aire*, y *separación en tanque* de flotación. Se recomienda para la remoción de sólidos suspendidos, aceites y grasas. También se sugiere su empleo para aguas con altos niveles de partículas de baja densidad como algas o cuando los flóculos producidos en la coagulación son livianos y sedimentan lentamente.

*Floculación lastrada*: una de las particularidades de la floculación lastrada es la utilización de microarena en la etapa de floculación, lo que permite la formación de flóculos de mayor peso específico, que actúan como lastre, facilitando unas altas velocidades de decantación comprendidas entre 40 y 60 metros por hora, con tiempos de retención entre 7 y 15 minutos, lo que permite que el proceso sea compacto.

*Separación por membranas*: las membranas son láminas delgadas de material poroso que se puede utilizar para varios intervalos de separación de partículas de diferentes tamaños, que van desde el rango microscópico hasta el rango iónico. Las membranas se pueden construir con películas de polímero y algunas están hechas de cerámica, fibra de carbono y sustratos porosos metálicos. Los poros pueden medirse en dimensiones atómicas (Angstroms) hasta 0,01 micras.

*Microfiltración*: las membranas usadas para la microfiltración tienen un tamaño de poro entre 0,1 y 10 micras.

*Ultrafiltración*: las membranas de ultrafiltración tienen un tamaño de poro que puede retener partículas de tamaño entre 0,001 y 0,1 micras.

*Nanofiltración (NF)*: aquí se utiliza una membrana de baja presión, por donde pasan solamente partículas menores a 1 micra.

*Ósmosis inversa (OI)*: es un proceso de separación por membrana semipermeable en lo cual la fuerza directriz es la presión, se retiene los iones y se deja pasar el agua.

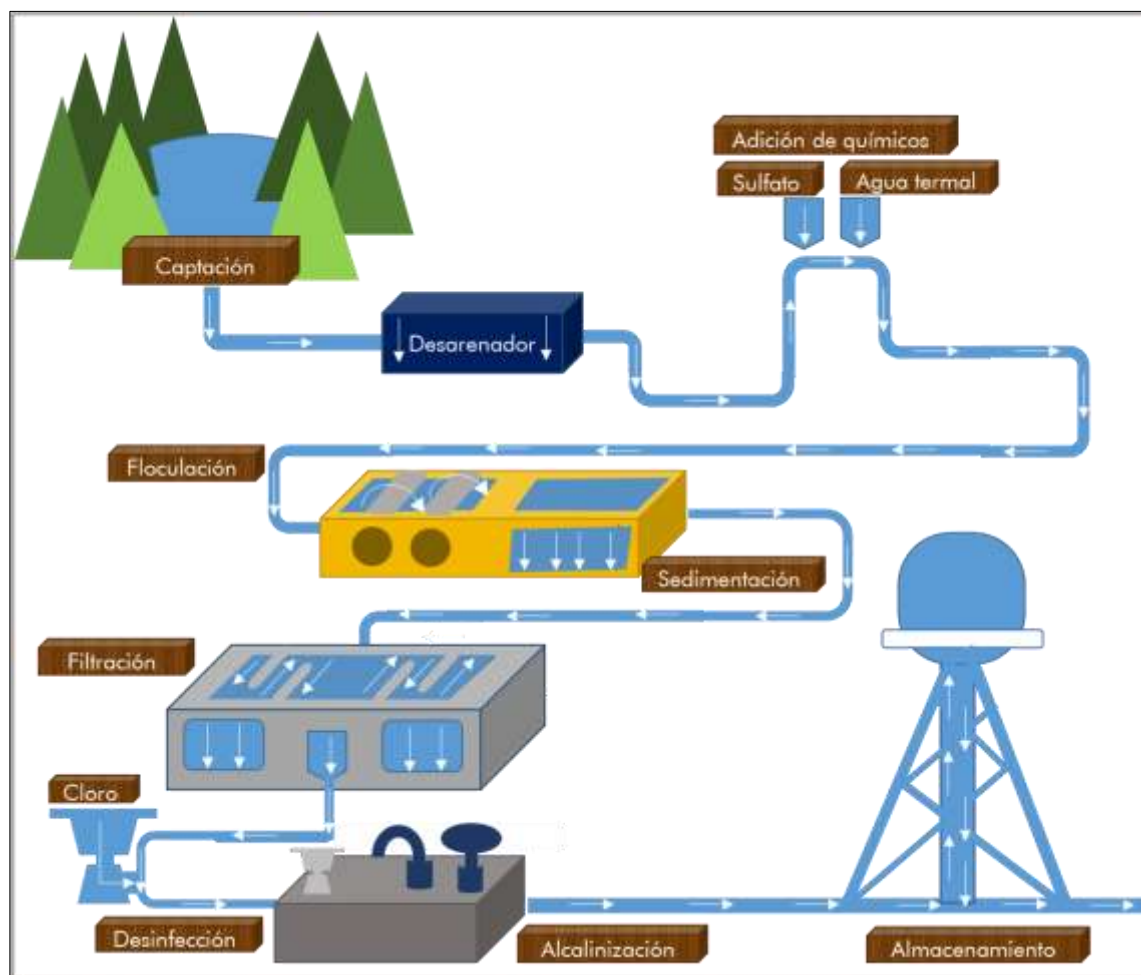
*Desinfección*: es el proceso más importante del tratamiento porque garantiza la calidad bacteriológica y potabilidad del agua. El cloro y sus compuestos son los más usados para la desinfección, no solo debido a su menor costo, sino también por su efecto residual después de su aplicación.

*Tanque de almacenamiento*: son depósitos destinados al cumplimiento de uno o más de los propósitos fundamentales de compensar las variaciones de los consumos que se producen en el día, mantener presiones adecuadas en la red de distribución y/o mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia.

*Red de distribución*: conjunto de tuberías destinadas al suministro de agua a los usuarios. El material de las tuberías debe elegirse de acuerdo con las características que satisfagan las necesidades del proyecto, los cuales pueden ser: hierro fundido, hierro dúctil, plástico (PVC y PE), hormigón o acero.

*Obras adicionales:* edificio de operación que debe considerar oficinas administrativas, laboratorio, áreas de lavado y seguridad de personal y bodega de almacenamiento de insumos.

**Figura 1.** Esquema conceptual de la planta de tratamiento



**Fuente:** <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>. Adaptado por Consorcio INERCO FACTOR, 2016.

## 1. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Según Miranda (s.f.), el ciclo de vida de un proyecto de construcción y operación de sistemas de agua potable comprende varias etapas y actividades, es relevante identificar y conocer las actividades que son realizadas como parte del diseño y la ejecución del proyecto -entendido como un agente perturbador o amenaza del territorio receptor- puesto que esto permite hacer explícitos los supuestos de generación de impactos, sobre los que se realiza la planificación y gestión del riesgo ambiental y social de los proyectos.

A continuación, se presentan brevemente los objetivos y características centrales de las etapas de ejecución de este tipo de proyectos.



Los proyectos objeto de esta guía deben tener en cuenta las siguientes características y condiciones:

- **Objetivos:** se deben definir claramente los objetivos y metas. Es necesario que se puedan cuantificar y medir mediante indicadores.
- **Ordenamiento de actividades:** todo proyecto debe conservar un orden en las actividades a ejecutar, desde la concepción de la idea hasta su ejecución y puesta en marcha.
- **Localización:** la localización geográfica y espacial debe estar claramente definida.
- **Etapas del proyecto:** delimitación clara de las etapas del proyecto.
- Determinación de los **recursos** para ejecutar el proyecto y su entrada en operación.

En general, el ciclo de los proyectos corresponde a las fases que se cubren en el proceso de transformación de la idea a la solución, en la provisión de bienes o servicios que brindan solución a problemas previamente identificados.

El ciclo de vida de cualquier proyecto se inicia con la identificación de un problema o necesidad a la que se le busca una solución. Considera las siguientes etapas: Prefactibilidad, factibilidad, diseño final, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

- *Prefactibilidad:* en esta etapa se depuran y afinan a mayor nivel de detalle los estudios técnicos, administrativos, institucionales y ambientales, para cada alternativa evaluada en la fase de perfil, descartando de manera definitiva las no factibles y seleccionando la mejor, para lo cual se recurre a profundizar en algunas variables a través de levantamiento de información primaria para depurar mejores los resultados. Adicionalmente, se realizan los análisis de sensibilidad para observar el comportamiento del proyecto ante supuestas alteraciones de las condiciones iniciales.
- *Factibilidad:* se realiza una aproximación al proyecto y medio receptor, con base en la complicación y el estudio de antecedentes. Se define el área que se evalúa en el proceso de establecimiento de las áreas que se cubren con el servicio y se desarrolla la estrategia para planificar la operación. Se entiende por emplazamiento óptimo aquel que minimiza los impactos ambientales y sociales, dentro de los escenarios económicamente viables.
- *Diseño final:* es la etapa fundamental del proyecto, en la cual se definen los sitios de emplazamiento de las obras y el plan de organización laboral. Uno de los objetivos centrales de esta etapa es prevenir y minimizar los impactos ambientales y sociales.
- *Construcción:* consiste en la realización de todas las obras civiles (accesos, servidumbres, edificaciones, conductos, planta de tratamiento) en el territorio. En esta etapa se genera un porcentaje significativo de los impactos del proyecto, razón por la cual deben tomarse todas las precauciones posibles para que estos sean prevenidos, minimizados o mitigados dentro de las posibilidades determinadas por los diseños definidos. Para aquellos impactos significativos que no puedan ser mitigados deben planificarse y ejecutarse medidas de compensación.

En caso de requerirse realizar actividades de ampliación y/o modificación, que implican el diseño y construcción de nuevas obras, las consideraciones respecto a los posibles impactos en esta etapa son las mismas que las señaladas en las etapas de Diseño y Construcción.

- *Operación y mantenimiento:* se ponen en funcionamiento los equipos e infraestructura instalados para la distribución de agua potable, y se desarrollan las actividades para su mantenimiento. Los impactos en esta etapa derivan de las modificaciones que se introduzcan al medio físico y sus consecuencias en el ambiente y medio social, principalmente según el tipo de planta de tratamiento que se haya instalado.
- *Desmantelamiento:* consiste en el desmontaje y retiro de los equipos y construcciones implantadas para la operación. En esta etapa se debe procurar, en la medida de lo posible, restaurar las condiciones ambientales previas a la implantación del proyecto. En el caso de estos sistemas es poco probable su retorno a la situación anterior.

En la Matriz 01 se listan y describen, brevemente, aquellas actividades técnicas principales de un proyecto de construcción y operación de sistemas de agua potable, identificadas como susceptibles de generar alteraciones significativas en el medio físico-ambiental, social e institucional, durante todas las etapas de ejecución, desde el prediseño hasta la etapa de desmantelamiento.

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Esta Guía no hace referencia detallada a todas las actividades que pueden estar involucradas en un proyecto de construcción y operación de sistemas de agua potable, sino exclusivamente a aquellas consideradas como susceptibles de generar impactos en el medio receptor.</li><li>• Las sugerencias previstas no sustituyen ni invalidan la planificación del proyecto de acuerdo con las normas técnicas nacionales o internacionales, ni los requerimientos técnicos específicos vigentes y aplicables para cada una de las etapas y actividades de los proyectos de construcción y operación de sistemas de agua potable.</li></ul> |
|---|

Este listado debe considerarse como una referencia u orientación al momento de elaborar los estudios y tareas de gestión de riesgo ambiental y social. El listado definitivo de las actividades que se deben considerar puede variar dependiendo de cada proyecto y de las condiciones específicas del medio receptor.