



MANUAL TÉCNICO DE SCALL

Instalación y Mantenimiento de Sistemas de Captación de
Agua Lluvia (SCALL)

2021



MINISTERIO DE
AMBIENTE

Euroclima+



Financiado por
la Unión Europea



SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana



Créditos

Preparado por:

Ing. Narciso Zapata Branda

Revisado y editado por:

Ing. Francisco Emanuel De Arco Castillo

Ing. Daphne Nahir Bósquez Gómez

Diseño:

Yissel Gantes

Fotografías:

Francisco De Arco

Daphne Bósquez

Narciso Zapata

Yissel Gantes

Citar:

Fundación para el Desarrollo de la Provincia de Veraguas (FUNDEPROVE). 2021. Manual Técnico de Instalación y mantenimiento del sistema de captación de agua lluvia instalado en el IPT Monte Lirio, Chiriquí, Panamá.

CONTENIDO

1.	Introducción.....	1
2.	Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL).....	1
3.	Componentes de un SCALL	2
	Área de captación	2
	Canaletas y tubos de bajada.....	4
	Filtro o sedimentador	5
	Tanque de almacenamiento.....	5
	Mecanismo de bombeo	6
4.	Tratamiento del agua lluvia.....	7
5.	Instalación de un SCALL	9
	Inspección.....	10
	Instalación de canaletas.....	10
	Instalación filtro de hojas y separadores de primeras lluvias ...	11
	Instalación de tanque de almacenamiento	12
	Instalación del mecanismo de bombeo	13
	Instalación del sistema de tratamiento del agua lluvia	14
6.	Mantenimiento de un SCALL.....	16
	Área de captación	16
	Sistema de almacenamiento	17
	Línea de conducción	19
	Filtro de hojas y sedimentador	20
	Sistema de tratamiento del agua lluvia.....	22
7.	Bibliografía	27

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para la vida. A lo largo de la historia, la disponibilidad de agua ha sido determinante para el desarrollo de la sociedad. Sin embargo, la creciente falta de este tan preciado recurso ha despertado la preocupación de diversas entidades internacionales. Además, las cifras presentadas por la ONU y el Banco Mundial, indican que la población mundial pasará de 7,790 millones en 2020 a más de 9,000 millones para el año 2050 (ONU, 2019). Esto representa un gran reto, considerando un incremento en la demanda de agua y una oferta prácticamente fija.

La lluvia representa un recurso de gran valor con la capacidad de suplir la demanda de agua, siempre y cuando se aproveche de la mejor manera. Con un promedio anual de 2,924 mm, Panamá es el país Centroamericano con la mayor precipitación pluvial. Además, la zona que presenta menos lluvia tiene un promedio de 1,000 mm anuales y se ubica en el arco seco.

Los Sistemas de Captación de Agua Lluvia (SCALL) han sido utilizados para abastecer las necesidades de agua desde hace muchos años. Sin embargo, se dejaron de implementar debido a los grandes avances tecnológicos en los sistemas modernos y al crecimiento de las ciudades (Anaya, 2017). Como respuesta a la necesidad del líquido vital se ha propuesto la reimplementación de los SCALL.

2. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA (SCALL)

El aprovechamiento del agua lluvia representa una alternativa frente al creciente déficit de este recurso. Los SCALL pueden asegurar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad. Además, el uso de estos sistemas presenta una gran cantidad de beneficios a nivel económico y social.

Sabías que:

La unidad de medida más utilizada para el agua lluvia es el milímetro. Un milímetro de lluvia en un metro cuadrado es el equivalente a un litro de agua. Es decir, si llueve un milímetro en cien metros cuadrados, tendríamos 100 litros de agua.

3. COMPONENTES DE UN SCALL

Área de captación

El área de captación es la parte más importante del sistema, ya que determinará el volumen de agua que se puede captar. El área de captación puede ser el techo de un edificio, o un área de suelo debidamente impermeabilizada.

Al establecer el área de captación puede haber tres escenarios. El primero es cuando al diseñar el SCALL se considera la construcción de la superficie de captación. En cuanto al segundo escenario, es cuando se cuenta con un área lo suficientemente grande y se desea calcular exactamente cuánto de esa área es necesario aprovechar para satisfacer la demanda de agua. Finalmente, el tercer caso se refiere a cuando queremos conocer el volumen a almacenar a partir del uso del área de captación disponible en su totalidad y la precipitación neta anual.

Para el caso 1 y 2, se utiliza la siguiente formula:

$$AC = D_{\text{anual}} / (P * Ce * Cc)$$

Donde:

AC: Área de captación en metros cuadrados

D_{anual}: Demanda de agua anual en m³

V: Volumen en metros cúbicos

P: Precipitación en metros

Ce: Coeficiente de escurrimiento

Cc: Coeficiente de captación

La precipitación corresponde a la suma de las precipitaciones medias mensuales del sitio donde se desea construir el SCALL. Como regla general, no se debe considerar aquellos meses con una precipitación media menor a 40 mm. Esto debido a que no presentan la cantidad ni calidad de agua para su captación.

El coeficiente de captación es un valor estándar (0.85), y sirve para estimar las pérdidas por salpicaduras, velocidad del viento y otros factores. Mientras que el coeficiente de escurrimiento depende del tipo de material del área de captación (tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de escorrentía (Ce) para diferentes materiales.

Material del área de captación	Ce
Concreto	0.6 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.9
Azotea, Tejas	0.8 - 0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7 - 0.9
Suelo con pendiente menor al 10%	0.0 - 0.3

Fuente: (Anaya et al., 2020)

Tabla 2. Datos Históricos de Lluvia de la Estación Caisán Centro (102-007), Renacimiento, Chiriquí, Panamá

Meses	Precipitación promedio	Precipitación neta*
Enero	42.30	32.40
Febrero	43.10	33.00
Marzo	98.10	75.00
Abril	194.50	148.80
Mayo	462.50	353.80
Junio	412.20	315.30
Julio	296.50	226.80
Agosto	413.10	316.00
Septiembre	529.90	405.40
Octubre	568.00	434.50
Noviembre	334.00	255.50
Diciembre	75.00	57.40

Fuente: (ETESA, 2020)

*La precipitación neta es el resultado de multiplicar la precipitación promedio por el coeficiente de captación (0.85) y el coeficiente de escurrimiento en una superficie de hojas de metal acanalado (0.9).

La estimación del volumen, correspondiente a la demanda de agua, se puede realizar de varias formas. La misma dependerá del uso que se le piense dar al agua captada. En este proyecto se considera el consumo humano y las actividades domésticas en el IPT de Monte Lirio.

En cuanto al tercer caso, la fórmula que se debe emplear es la siguiente:

$$V = AC \cdot P \cdot Ce \cdot Cc$$

Tabla 3. Demanda de agua para consumo humano y doméstico en el IPT Monte Lirio.

Factores de consumo		Número de usuarios	Demanda
Consumo humano (L/p/d). *	5.0	506	2,530.00
Uso doméstico (L/p/d). **	25.0		12,650.00
Consumo humano y doméstico en escuelas (L/p/d). ***	20.0		10,120.00

*Dotación para consumo recomendada por la OMS (OMS, 2010).

**Dotación mínima para uso doméstico de acuerdo con la FAO (FAO, 2013).

***Consideración de diseño de acuerdo al consumo escolar (10 horas diarias aproximadamente).

Canaletas y tubos de bajada

Las canaletas son las estructuras encargadas de colectar el agua de lluvia cuando el área de captación es un techo. Pueden ser tan sencillas como las hechas a partir de un tubo cilíndrico de PVC ranurado, hasta muy complejas como las elaboradas de acero a través de procesos de hojalatería. Mientras que los tubos de bajada conducen el agua desde las canaletas hacia el almacenamiento. Al momento de diseñar este sistema de conducción se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las canaletas deben tener un soporte fuerte que pueda sostener su peso y el del volumen de agua.
- Se recomienda colocar un tubo de bajada para cada 100 m². Para mayores áreas se puede considerar colocar los tubos cada 5-9 metros de distancia.



Figura 1. Instalación de canales y tubos de bajada en el IPT de Monte Lirio.

Filtro o sedimentador

Las primeras lluvias suelen arrastrar sedimentos finos, hojas, u otros desechos de gran tamaño presentes en los techos o laderas utilizados para captar el agua. Por eso se utiliza un separador de primeras aguas lluvias que evite que estos desechos entren al sistema de almacenamiento.



Figura 2. Separador de primeras lluvias con capacidad de 200 L (izq.) y 40 L (der.).



Figura 3. Filtro para hojas y partículas de gran tamaño.

Tanque de almacenamiento

Es el lugar donde se guarda el agua hasta que se le de uso. Los diferentes modelos para la reserva de agua lluvia pueden ser estanques recubiertos con geomembrana, tanques de plástico, tanques australianos o tanques flexibles (hidroacumuladores). En algunos casos es posible adaptar su diseño para utilizar materiales de la localidad.

La capacidad de almacenamiento se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$V = DM \times (MS + 1)$$

Donde:

V = Volumen de cisterna

DM = Demanda mensual

MS = Meses de sequía

1 = Factor de seguridad



Figura 4. Tanque australiano para almacenamiento de agua (izq.).
Tanque flexible para almacenamiento de agua (der.).



Figura 5. Tanques de PVC para almacenamiento de agua.

Mecanismo de bombeo

En algunas ocasiones cuando el movimiento por gravedad no es viable, es importante utilizar un sistema de bombeo para movilizar el agua desde el sitio de almacenamiento hacia el sitio donde se planea utilizar el líquido. Existen varias opciones viables para la extracción del agua almacenada. Puede ser una bomba centrífuga domiciliaria (requiere corriente convencional de 110V/220V), una motobomba, o una bomba manual. Incluso es posible el uso de energías renovables para bombear el agua almacenada (Basán et al., 2018).



Figura 7. Motobomba.



Figura 6. Bomba centrífuga eléctrica.



Figura 8. Dos diferentes tipos de bomba manual.



4. TRATAMIENTO DEL AGUA LLUVIA

Antes de poder ser apta para su uso el agua lluvia podría requerir de cierto tratamiento, de modo que cumpla con los parámetros mínimos establecidos de acuerdo con la normativa nacional. El tipo de tratamiento a implementar dependerá, generalmente, del uso que se le desea dar al agua captada. En este sentido, la implementación de sistemas de filtración y una leve dosificación con cloro generalmente constituyen una medida de tratamiento adecuada para usos domésticos.



Figura 9.
Dosificador de
cloro, Acualim
cloroflotador.

Existe una amplia gama de posibilidades para el tratamiento si el agua se planea utilizar para consumo humano. La medida más básica y de menor costo es la aplicación periódica de dosis de cloro o iones de plata. Sin embargo, se pueden agregar al sistema de tratamiento filtros de arena profunda, carbón activado y suavizador para eliminar olores, sólidos, minerales disueltos y otros contaminantes. Otro mecanismo que ha demostrado ser efectivo es la aplicación de iones de plata para la eliminación de organismos patógenos presentes en el agua (Silva et al., 2002; Cáceres, 2018).



Figura 10. Filtro de grava, arenas sílicas y carbón activado.



Figura 11. Dispositivo para la aplicación de iones de plata colidal.

Existen ciertos procesos de mayor complejidad, usualmente necesarios cuando se planea utilizar el agua en procesos industriales o para comercialización de agua potable. La osmosis inversa, por ejemplo, es otro proceso de tratamiento y purificación de agua el cual mejora la eficiencia del sistema, pero tiene un mayor costo.

Otros sistemas emplean una leve exposición a rayos ultravioleta como parte del proceso de desinfección. Así también, existen plantas de tratamiento y purificación que realizan inyecciones de ozono para eliminar microorganismos. Es recomendable que antes de aplicar la Luz UV se coloque un pulidor con microfiltro para la retención de partículas muy pequeñas.



Figura 12 A



Figura 12.B

Figura 12.A) Sistema de osmosis inversa. 12.B) De derecha a izquierda: a) Pulidor con microfiltro, b) Lámpara de luz UV, c) Inyector de ozono.

5. INSTALACIÓN DE UN SCALL

El proceso de instalación de un SCALL es el siguiente:



Inspección

Inicia con una inspección del sitio, a fines de identificar los parámetros de diseño y dimensionamiento del sistema. Durante la inspección inicial se debe identificar lo siguiente:

- Área con potencial para la captación de agua lluvia (puede ser un techo o una superficie impermeabilizada).
- Espacio disponible para la instalación del tanque de almacenamiento.
- Distancia entre el posible punto de almacenamiento y el sitio donde se utilizará el agua.

Además, es importante limpiar el área de captación antes de iniciar el proceso de instalación para asegurar la entrada mínima de sedimentos y desechos al sistema de conducción.

Instalación de canaletas

1. Siempre iniciar la instalación desde la parte del techo donde se instalará la bajante del agua. Asegurarse de que la siguiente canaleta traslape sobre la primera produciendo un flujo ininterrumpido del agua. Repetir el proceso hasta que se hayan instalado las canales suficientes para cubrir el borde del techo.
2. En cada una de las uniones entre canaletas se debe colocar una capa de impermeabilizante adecuado para el contacto con el agua.
3. Las canales, sea cual sea su naturaleza, deben ser fijadas a través de un soporte fuerte, capaz de soportar el peso del agua.

Nota:
El traslape
entre cada
canaleta no
debe ser menor
a 10 cm.



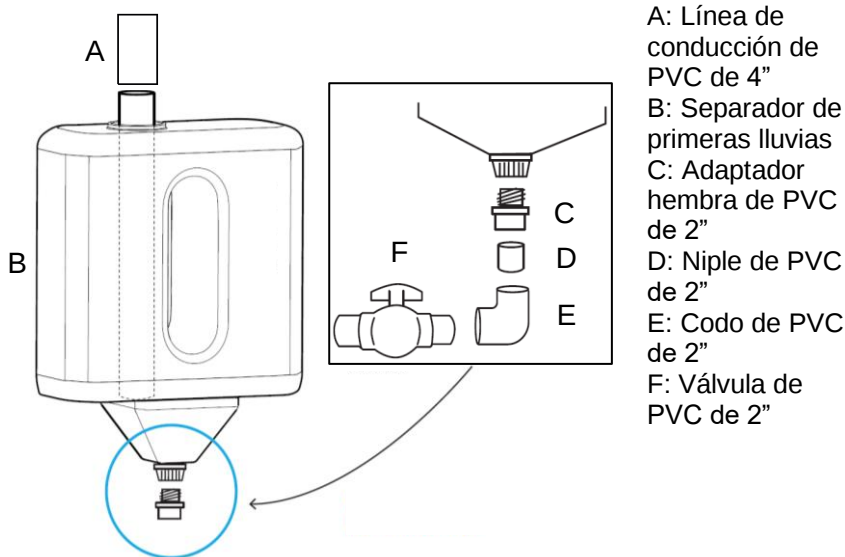
Es recomendable utilizar equipo de protección para las manos (guantes), a fin de evitar cortaduras con los bordes afilados de las canales galvanizadas.

Instalación filtro de hojas y separadores de primeras lluvias

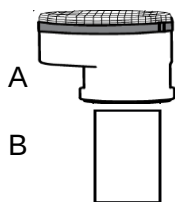
1. Construir una base de concreto donde se colocará la mesa de acero que servirá de soporte para el separador de primeras lluvias.
2. Acoplar el sedimentador a un tupo de PVC de 4 pulgadas en su entrada y colocar una válvula de drenado para realizar procesos de limpieza y mantenimiento.

Nota:

A mayor área de captación, mayor será el volumen que deberá ser interceptado por el sedimentador. Incluso podría requerirse de varios separadores de primeras lluvias conectados en serie.



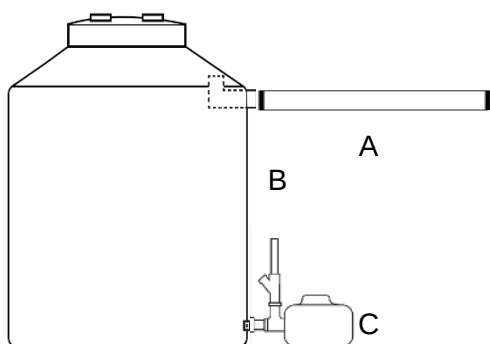
3. En cuanto al filtro de hojas, su instalación es muy sencilla. Lo único que se debe hacer es acoplar el mismo a un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro. No requiere de pegamento, el filtro viene con un empaque de caucho incluido el cual evita las fugas. Este se deberá colocar después del separador de primeras aguas lluvias.



A: Filtro de hojas
B: Tubo de PVC de 4" de diámetro

Instalación de tanque de almacenamiento

1. Nivelar el espacio dispuesto para la instalación del tanque de almacenamiento y acondicionar una plataforma donde se coloque dicho tanque. Esta plataforma puede ser un piso de concreto para tanque vertical de PVC. En caso de que sea un tanque flexible y el suelo no sea muy estable, deberá colocar una cama de 4 cm de piedra de construcción (#4), luego una cama de 4 cm de arena sobre un pliego de geomembrana o plástico negro.
2. Colocar el tanque en la posición determinada por el diseñador y conectar la línea de conducción.
3. Dibujar sobre el tanque la apertura del rebosadero considerando el área de captación y la precipitación de la zona. Normalmente, recomendamos usar una tubería de 4" con una malla mosquitera para evitar el ingreso de insectos o anfibios.



A: Línea de conducción de PVC de 4" de diámetro
B: Tanque de almacenamiento
C: Descarga de agua mediante bomba eléctrica.

Instalación del mecanismo de bombeo

La instalación del sistema de bombeo es muy sencilla, ya sea que se implementa una bomba manual, eléctrica, e incluso solar. El proceso consiste en realizar las conexiones pertinentes de alimentación y propulsión de la bomba.

Adicionalmente, debe asegurarse la provisión de energía para el funcionamiento de la misma, y que permanezca protegida de las condiciones ambientales (principalmente de la lluvia).

En este sentido, se puede optar por diversas opciones:

- Provisión de energía eléctrica convencional para el bombeo del agua.
- Instalación de paneles solares para la generación de energía eléctrica. Esta alternativa es importante en regiones que sufren de cortes de energía constantes o simplemente no cuentan con suministro energético.
- Implementación de bombas de tipo manual (altamente recomendada para sitios sin potencial para un sistema solar y que, por temas de accesibilidad, no cuentan con suministro energético).

Este proyecto cuenta con un sistema híbrido que funciona con 2 bombas eléctricas de 110-120 V que consume 9.5 A la de 1 HP, la de 0.5 HP consume 5 A y 1 solar sumergible de 1700 watts.



Figura 13. Paneles solares instalados para la generación de energía para el bombeo de agua.



Figura 14. Panel de control de la bomba solar.

Instalación del sistema de tratamiento del agua lluvia

El sistema instalado en el IPT de Monte Lirio consta de los siguientes componentes:

1. Bomba de succión de agua lluvia (0.5 HP)
2. Filtro de anillos
3. Tanque de agua cruda (500 litros)
4. Hidroneumático JET (1.0 HP)
5. Filtro de zeolita
6. Filtro de carbón activado
7. Filtro pulidor para sedimentos finos (10 micras)
8. Filtro pulidor para sedimentos finos (5 micras)
9. Lámpara de luz UV
10. Tanque de agua tratada (4300 litros)
11. Clorinador en línea

Para la instalación de la bomba de succión y el hidroneumático únicamente se debe asegurar el acceso a energía eléctrica para su funcionamiento.

En cuanto a los filtros multimedios (zeolita y carbón activado), se debe rellenar la carcasa de fibra de vidrio con el material filtrante correspondiente, y siguiendo las recomendaciones del fabricante de acuerdo al modelo de filtro a instalar. Es importante instalar un sistema de “bypass” que permita realizar mantenimientos específicos (cambio de medio filtrante, reparación por daños en el filtro) sin detener las operaciones del sistema.

Por otro lado, para los filtros pulidores se debe fijar a una superficie firme la base para las carcasas porta filtros. Posteriormente, acoplar las carcasas a su respectiva base. Finalmente se debe colocar los cartuchos filtrantes dentro de cada carcasa.

En cuanto a la lámpara de luz ultravioleta, fijar el contenedor de acero a la pared siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además, se debe sujetar a la pared el controlador del dispositivo. Es importante asegurar el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento de este equipo. De igual forma, se recomienda instalar un sistema de “bypass” que permita realizar mantenimientos específicos (cambio de lámpara, reparación por daños) sin detener las operaciones del sistema.

La instalación del clorinador en línea y el filtro de anillos es muy sencilla. Únicamente se deben conectar a la línea de conducción con pegamento PVC. Adicionalmente, en el caso del clorinador, se debe instalar un “baypass” para ocasiones de mantenimiento y regulación de la dosificación de cloro.



Figura 15. De izquierda a derecha:

- Filtro de zeolita
- Filtro de carbón activado
- Filtro pulidor de 10 micras
- Filtro pulidor de 5 micras



Figura 16. Clorinador en línea (izq.) y filtro de anillos (der.).



Figura 17. De izquierda a derecha:

- Lámpara de luz Ultravioleta
- Hidroneumático JET (1.0 HP)
- Bomba de succión de agua lluvia (0.5 HP)

6. MANTENIMIENTO DE UN SCALL

El mantenimiento es una de las labores más importantes para asegurar el normal funcionamiento del sistema. Por lo tanto, se debe tomar en consideración las siguientes recomendaciones.

Área de captación

Se recomienda que la limpieza de los techos se realice antes del inicio del periodo de lluvias. La limpieza de los techos tiene como finalidad retirar basura, tierra, polvo, excremento de pájaros, insectos muertos o cualquier otro agente contaminante que altere las propiedades del agua de lluvia.



Figura 18. Ejemplos de techos sucios y rodeados por árboles antes de la instalación.

- Los techos también deben limpiarse antes de la instalación para asegurar que el agua captada será de la mejor calidad.
- Los árboles cercanos al área de captación deben ser podados para evitar que se acumulen muchas hojas en el techo y que puedan obstruir el paso del agua por el sistema de conducción.



Sistema de almacenamiento

La limpieza del tanque tiene la finalidad de eliminar los sedimentos que se hayan acumulado en el fondo del mismo y evitar la generación de malos olores producto de la descomposición de la materia orgánica. El tanque de almacenamiento debe ser totalmente drenado y limpiado al menos una vez al año. Solo bajo condiciones de extrema suciedad en el suministro de agua se recomienda realizar las labores de limpieza y mantenimiento cada 6 meses.

Procedimiento de mantenimiento:

1. Verificar el normal funcionamiento de cada uno de sus componentes (válvula flotadora, bridas de acceso, etc.)
2. Revisar el interior del tanque en busca de presencia de moho y/o sedimentos
3. Drenar el tanque
4. Limpiar el interior del tanque utilizando detergente especial para el contacto con agua potable



Figura 19. Tanque sucio con sedimentos (arriba), Técnico realizando mantenimiento de tanque (abajo izq.), Tanque limpio (abajo der.).

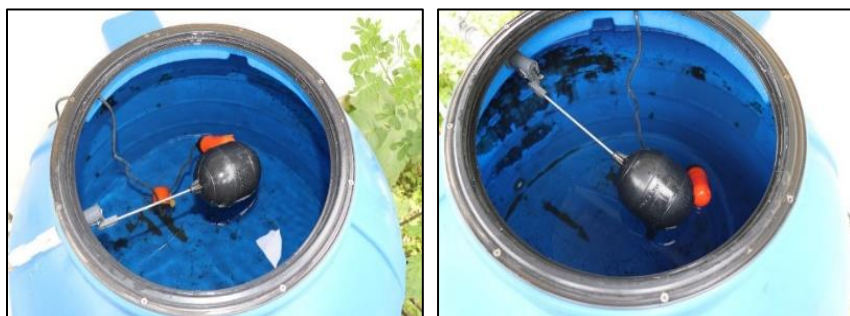


Figura 20. Acumulación de moho en tanque por falta de mantenimiento.

Línea de conducción

La línea de conducción debe permanecer limpia para evitar que el agua entre en contacto con agentes extraños y se contamine. Esto requiere que las canaletas sean limpiadas por lo menos dos veces por año, una antes del inicio del periodo de lluvias. Es recomendable que cualquier fuga o ruptura identificada en el sistema de conducción sea reparada inmediatamente.



Se debe revisar por lo menos dos veces al año que las canaletas y los soportes estén bien fijos.

Si la zona donde se instaló el sistema cuenta con una alta presencia de árboles, se requiere realizar el mantenimiento con mayor frecuencia.

El proceso de mantenimiento es muy sencillo, y consiste de lo siguiente:

1. Verificar la presencia de hojas en el sistema de conducción
2. Remover las hojas y cualquier otro material orgánico
3. Limpiar con abundante agua

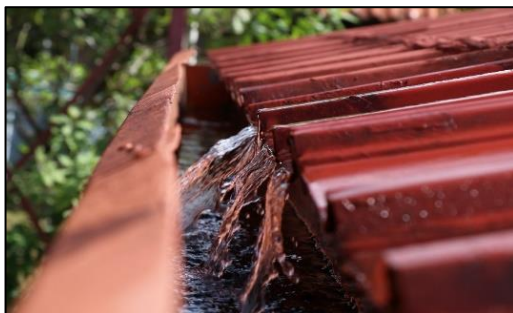


Figura 21. Canales con alto contenido de hojas y otros materiales orgánicos por falta de mantenimiento (izq.), Mantenimiento y limpieza de canales (der.)



Figura 22. Canal averiado producto de malas prácticas de mantenimiento y limpieza.



Figura 23. Canaleta con alto contenido de materia orgánica, evidencia de falta de mantenimiento y limpieza.

Filtro de hojas y sedimentador

El filtro de hojas debe revisarse periódicamente y limpiarse al menos una vez por semana. Es importante considerar que si la zona donde se instaló el sistema cuenta con una alta presencia de árboles podría requerirse de más de una limpieza a la semana.

1. Verificar presencia de hojas y materia orgánica en el filtro.



2. Limpiar el filtro de hojas removiendo cualquier material identificado en el paso uno.



3. De ser necesario, limpiar el filtro de hojas rociando agua para eliminar las partículas difíciles de remover manualmente por su reducido tamaño.



4. Luego el filtro estará listo para realizar el proceso adecuadamente.



Por su parte, el separador de primeras lluvias o sedimentador debe ser drenado después de cada evento de precipitación. Además,

debe lavarse al menos una vez al año, preferiblemente antes de la época lluviosa.

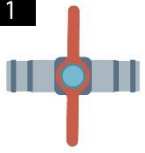
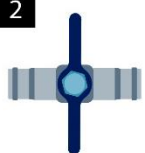
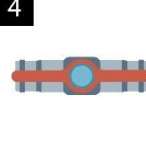


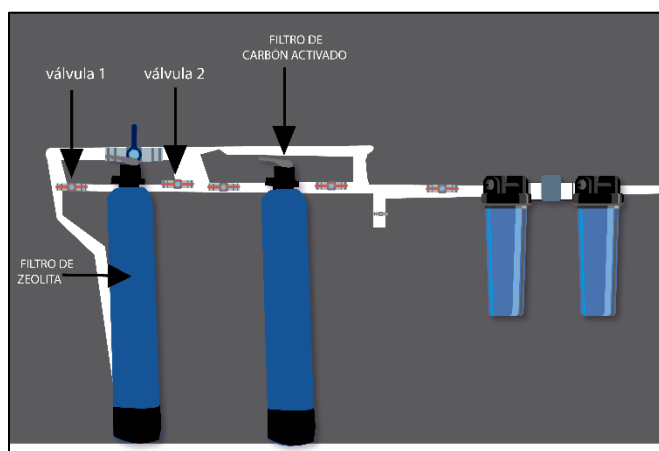
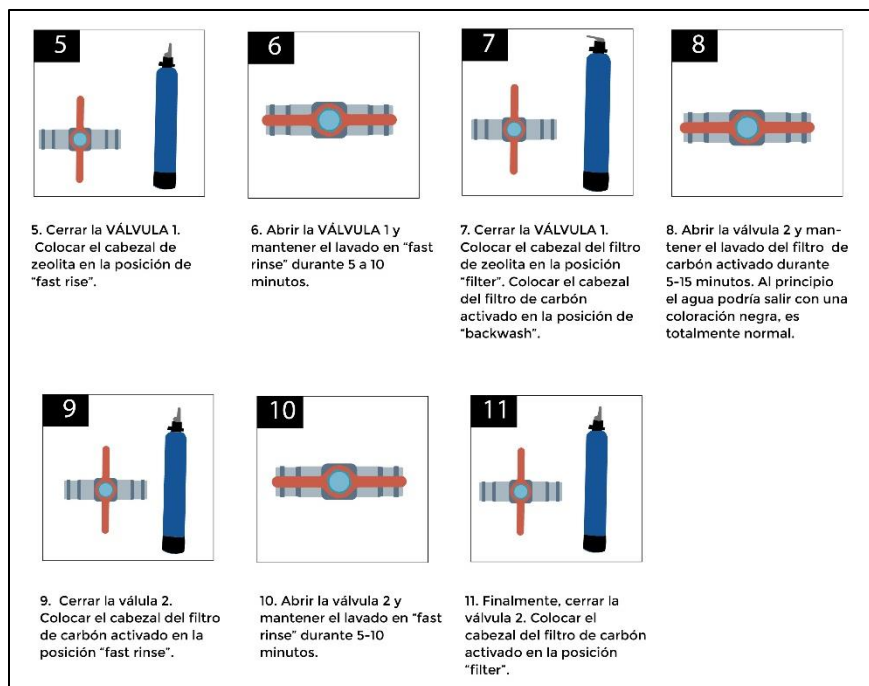
Figura 24. Drenado del separador de primeras lluvias.

Sistema de tratamiento del agua lluvia

El sistema de tratamiento se compone de varias fases. La primera fase es el filtrado a través de filtros multimedios y pulidores. La segunda, la desinfección a partir de luz ultravioleta. Y finalmente, la tercera es la aplicación de cloro.

El mantenimiento de los filtros multimedios consiste de un proceso de lavado individual, el cual debe durar entre 5 a 15 minutos. Dicho procedimiento es el siguiente:

			
1. Cerrar la VÁLVULA 1. Encender el hidroneumático JET de 1.0 HP.	2. El "bypass" debe permanecer cerrado durante todo el proceso.	3. Colocar el cabezal del filtro de zeolita en la posición de "backwash"	4. Abrir la válvula 1 y mantener el lavado durante 5 a 15 minutos. Al principio, el agua podría salir con una coloración blanquecina, es totalmente normal.



Después de este procedimiento, los filtros multimedia están listos para la operación del sistema. Es importante mencionar que al inicio de cada semana se debe realizar el lavado más prolongado (hasta 15 minutos en "backwash" y 10 minutos en "fast rinse"). Mientras que los demás días de la semana se puede realizar el lavado corto (5 minutos en cada posición).

Para el mantenimiento de los filtros pulidores, se debe revisar una vez al mes el estado de los mismos. De acuerdo a la cantidad de sedimentos encontrados, hacer el cambio del cartucho filtrante cada 3-6 meses.

En cuanto a la lámpara de luz ultravioleta, verificar el estado del controlador. El controlador, en una pantalla led, muestra el número de días que el sistema tiene en operación. La lámpara debe ser renovada cada año.

Para la dosificación del cloro se tienen dos mecanismos. El primero, un dosificador de hipoclorito de sodio o calcio al 65% de tipo flotador.

1. Retirar el tapón de esfera de foam y agregar 1/8 parte de una pastilla de cloro.
2. Una vez colocado el cloro, colocar de nuevo el tapón esfera de unicel en el cuerpo de plástico. Amarrar un extremo del hilo al flotador y el otro a la tapa o a una pieza fija del tanque, que permita recuperarlo y lanzar el flotador dentro del tanque.
3. Después de 15-20 días, según sea el caso, se recomienda recuperar el flotador con ayuda del hilo, retirar el tapón y colocar de nuevo la dosis adecuada de pastillas de cloro.

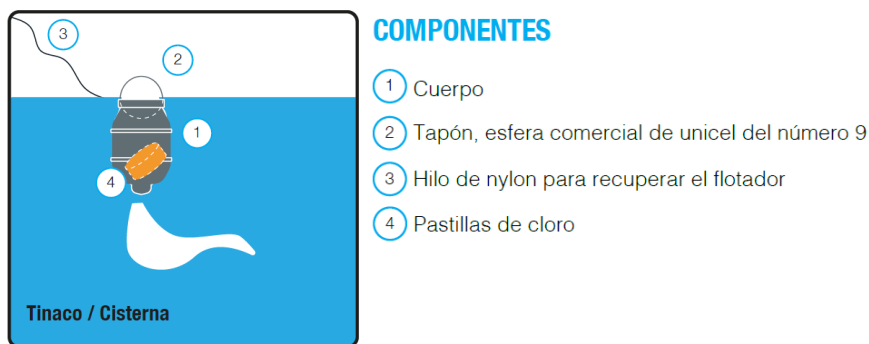


Figura 25. Cloroflotador y sus componentes.

OJO: No aplicar pastillas de cloro para piscina con concentraciones iguales o mayores al 90%

En el caso del clorinador en línea, debe verificarse la presencia de cloro cada 15-20 días.

1. Cerrar las válvulas de entrada y salida al clorinador.
2. Retirar el tapón del clorinador y agregar una pastilla de cloro.
3. Una vez colocada la pastilla, colocar de nuevo el tapón y abrir las válvulas de entrada y salida.
4. Después de 15-20 días, verificar la presencia de cloro y colocar de nuevo la dosis adecuada de pastillas de cloro, de ser necesario.

Para calcular la dosis de cloración en reservorios circulares debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{D}{C} \times \frac{V}{10}$$

Donde:

P= Peso de la pastilla de cloro en gramos

D= dosis para cloración (mg=/l)

C= % de cloro activo del producto (número entero)

V= volumen en litros del tanque

***Importante:** Para dosificar con hipoclorito de calcio o sodio al 65 o 70%, se recomienda que la variable **D** se utilice el valor de 1 mg/l.

Ejemplo: *para* calcular el volumen de un tanque circular, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V= volumen en metros cúbicos

π = Es una constante matemática definida como 3.1416

r = radio del círculo en metros

h= altura en metros

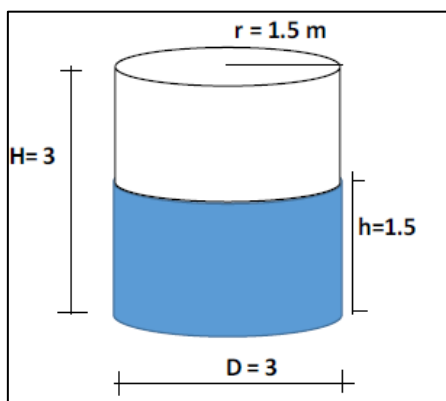


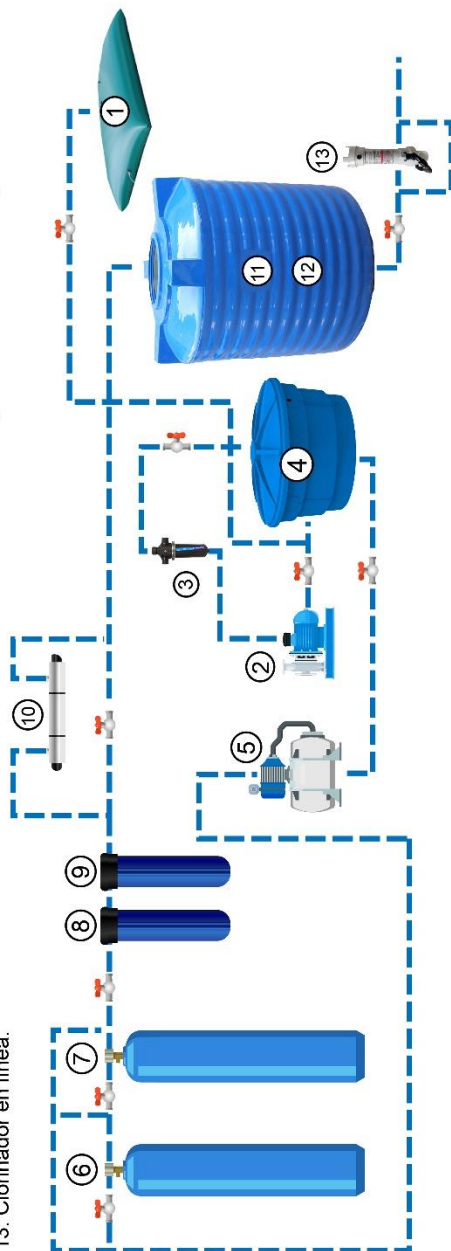
Diagrama del Sistema de Filtración y Desinfección para el Proyecto de Captación de Agua Lluvia en el IPT Monte Lirio, Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

1. Tanque flexible.
2. Bomba de succión de agua lluvia (0.5 HP).
3. Filtro de anillos.
4. Tanque de agua cruda (500 litros).
5. Hidroneumático JET (1 HP).
6. Filtro de zeolita.
7. Filtro de carbón activado.
8. Filtro pulidor de espuma para sedimentos (10 micras).
9. Filtro pulidor de espuma para sedimentos (5 micras).
10. Lámpara de luz UV.
11. Tanque de agua tratada (4300 litros).
12. Bomba solar sumergible (dentro del tanque de 4300 litros).
13. Clorinador en línea.



TÉCNICOS ESPECIALISTAS

ORGANIZACIÓN EJECUTORA



7. BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M. 2017. *Aprovechamiento del agua de lluvia. Calidad, cantidad y abastecimiento continuo para diversos usos*. Biblioteca básica de agricultura, México.
- Anaya, M., Pérez, A., López, N., Martínez, I. 2020. *Manual Técnico: Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL)*. 2da ed. Colegio de Postgraduados, México.
- Basán, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina, F., Jordan, P. 2018. Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura. *Aqua-LAC* 10: 15-25.
- Cáceres, J. 2018. *Uso de iones de plata y ozono en el tratamiento de agua para consumo humano*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- ETESA. 2020. Sección de Hidrometeorología de la empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Disponible en: <https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historicos>.
- FAO. 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile.
- OMS. 2010. *Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos* Editado por. Adams, J., Bartram, J., Chartier, Y., Sims, J. (eds.),.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2019. *World Population Prospects 2019: Highlights*.
- Panama Rainwater. 2021. *Diagrama del Sistema de Filtración y Desinfección para el Proyecto de Captación de Agua Lluvia en el IPT Monte Lirio, Provincia de Chiriquí, República de Panamá*. Panamá.
- Silva, S., Martínez, E., Álvarez, A. 2002. Tecnología alternativa compatible con el ambiente para el tratamiento de aguas de enfriamiento: ionización de plata y cobre. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 18: 117-130.