



Sistemas Alternativos de Captación

Cosecha de Aguas Lluvia



Guía de estándares de
Sistemas Sanitarios Sustentables
Para áreas protegidas y zonas rurales

Subsidia



Mandante



Ejecuta



Co-ejecuta



Organismos interesados



Esta guía tiene como objetivo ilustrar soluciones sanitarias sustentables de servicios básicos, que pueden ser implementadas en localidades rurales extremas, aisladas o escasamente pobladas de nuestro país, donde no es posible construir soluciones convencionales para la provisión de agua potable y la evacuación de las aguas servidas. Además, propone la captación de agua desde fuentes que no están consideradas de manera recurrente, a pesar de las condiciones a las cuales están sometidas las localidades rurales como consecuencia de la escasez hídrica.

En este proyecto, el Ministerio de Salud, a través de la División de Políticas Públicas Saludables y Promoción de la Subsecretaría de Salud Pública, ha participado como co-ejecutor, con el objetivo de proporcionar información y aportar experiencia sobre los patrones sanitarios que deben considerarse para validar, desde tal perspectiva, estas alternativas de soluciones, y de esta manera incorporarlas en los procesos de actualización normativa de agua potable y aguas servidas que se están realizando en la actualidad.

Con todo lo anterior, se busca contribuir a mejorar la calidad de vida de la población rural de nuestro país, otorgando alternativas de soluciones sanitarias que se ajusten a las necesidades de los territorios y con estándares sanitarios que permiten proteger la salud de las personas y de su entorno.

Ministerio de Salud





1. ¿Qué es la cosecha de aguas lluvia?

2. ¿Dónde cosechar el agua de lluvia?

- 2.1. Dónde
- 2.2. Zonas de Contaminación
- 2.3 Tamaño del Terreno

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de lluvia?

- 3.1. Triple impacto
- 3.2. Calcula tu producción y tu consumo
- 3.3. Proyecto sanitario y normativa

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

- 4.1. Componentes del sistema
 - 4.1.1. Superficies de captación
 - 4.1.2. Canaletas recolectoras
 - 4.1.3. Acueducto
 - 4.1.4. Sistema de almacenamiento
 - 4.1.5. Sistema de tratamiento
 - 4.1.6. Sistema de distribución
- 4.2. Operación y mantenimiento

1

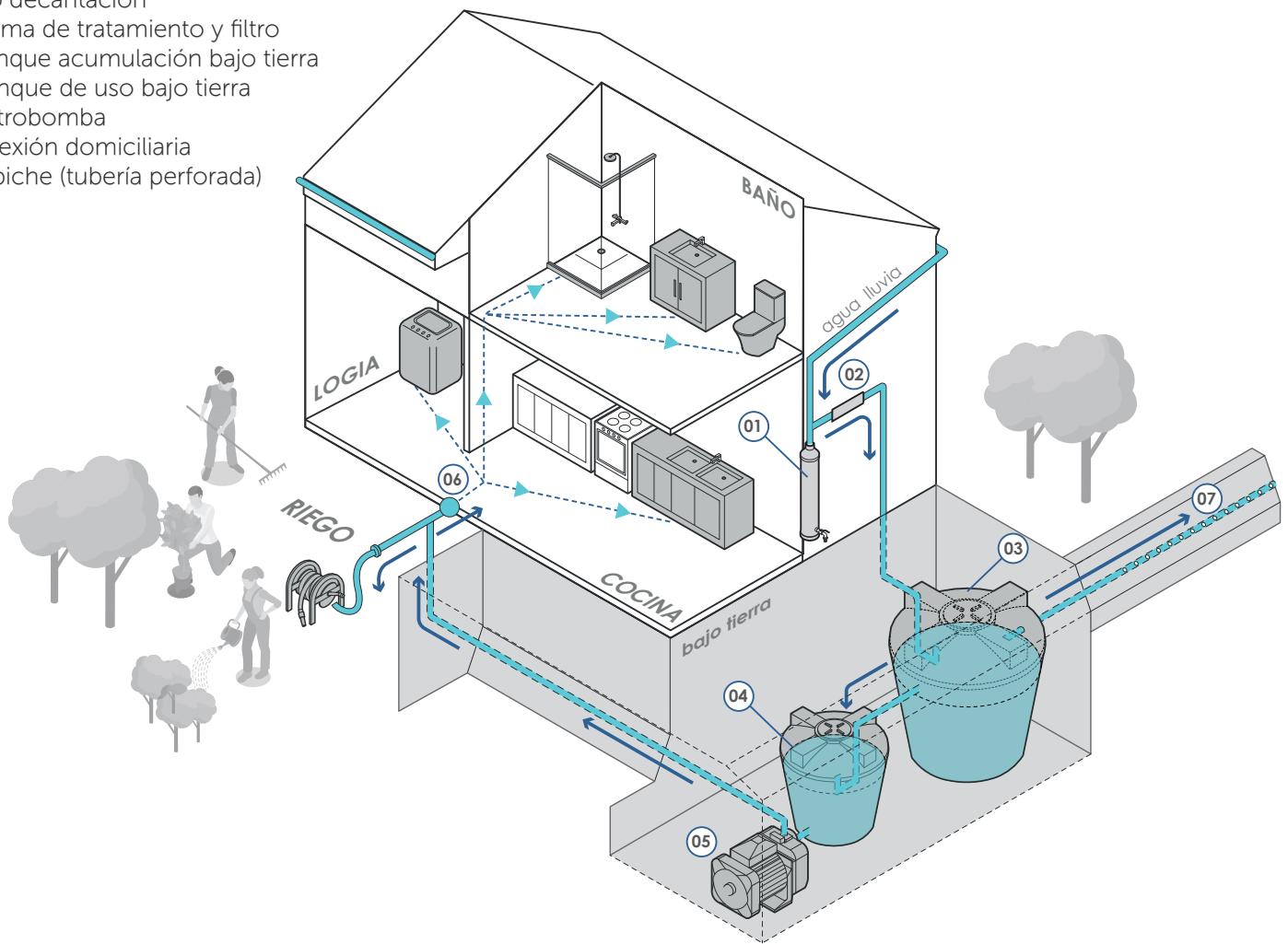
¿Qué es la
cosecha de
aguas lluvia?

1. ¿Qué es la cosecha de aguas lluvia?

La cosecha de aguas lluvia es un sistema de abastecimiento de agua, que aprovecha la lluvia que cae en un territorio. El agua es captada por medio de superficies captadoras, y luego es almacenada y tratada para su uso posterior..

El sistema se compone de:

- 01/ Filtro decantación
- 02/ Sistema de tratamiento y filtro
- 03/ Estanque acumulación bajo tierra
- 04/ Estanque de uso bajo tierra
- 05/ Electrobomba
- 06/ Conexión domiciliaria
- 07/ Despiche (tubería perforada)



1. ¿Qué es la cosecha de aguas lluvia?

Componentes de un sistema de aguas lluvia

1. Superficie captadora es impermeable. Hace escurrir el agua hacia las canaletas que se disponen para su recolección. La superficie puede estar sobre el suelo o en altura (techos).

2. Canaletas de recolección son las que recogen el agua caída en la superficie captadora.

3. Acueducto es la tubería que canaliza por gravedad el agua recolectada.

4. Sistema de almacenamiento, distribución y tratamiento

Este es proyectado para almacenar el agua acumulada, para darle tratamiento y para desinfectarla. Finalmente, es conducida hacia los puntos de consumo.



1. ¿Qué es la cosecha de aguas lluvia?

¿Puedo abastecerme de agua a través de un sistema de cosecha de aguas lluvia?

La cosecha de aguas lluvia es considerada un sistema de fácil implementación, capaz de producir agua para distintos usos domésticos y productivos.

Al captar agua suficiente, y conduciéndola hacia un sistema de almacenamiento, podremos contar con agua disponible cuando la necesitemos.

Una cosecha de aguas lluvia, debe estar emplazada en una zona de lluvia, y asegurar el acceso al agua de forma continua, o bien, ser complementada con otras fuentes hídricas.



2

¿Dónde
cosechar
el agua de
lluvia?

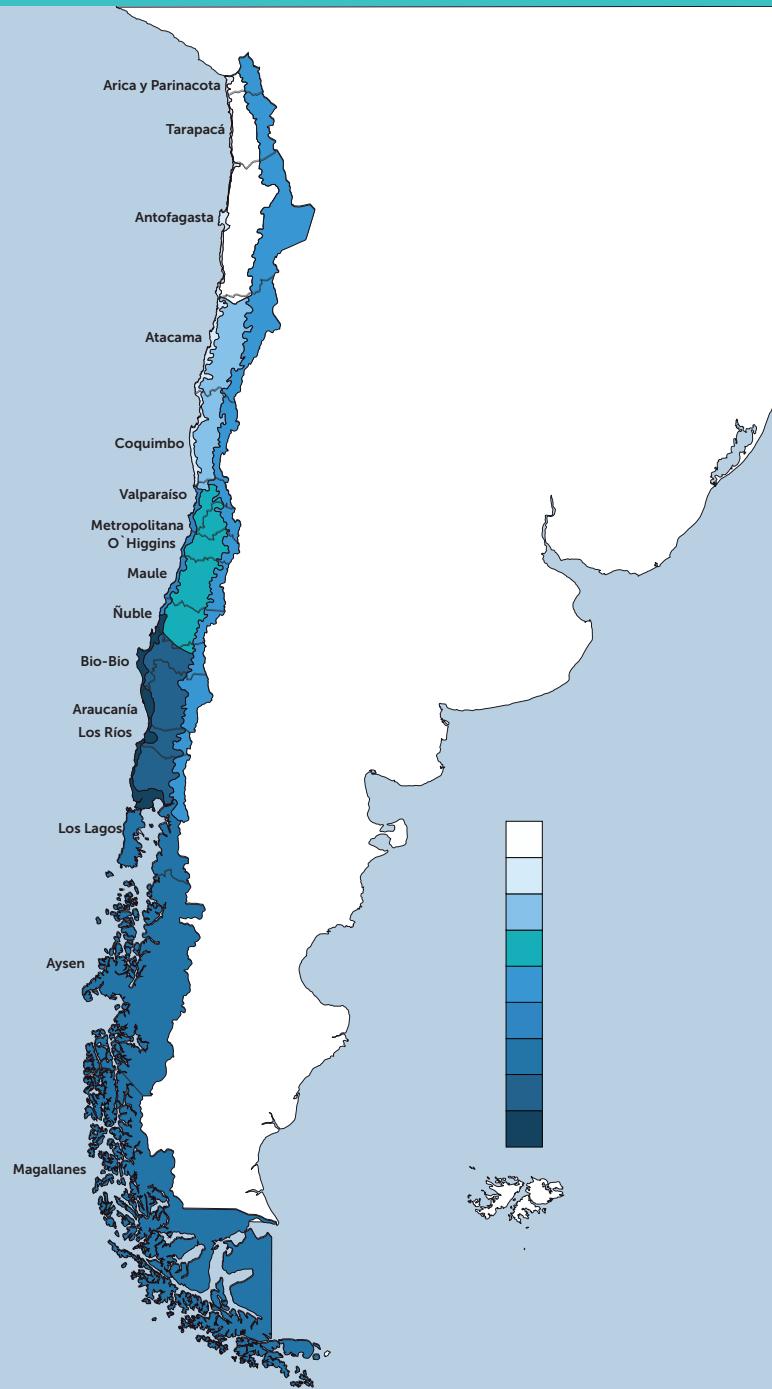
2. ¿Dónde cosechar el agua de lluvia?

2.1. Dónde

En Chile existe una gran proporción del territorio que recibe abundante lluvia. Para captar agua de lluvia, debes estar emplazado en una zona que te permita captar una cantidad de agua que sea un aporte significativo a tus necesidades hídricas.

Los costos de la implementación, y las posibilidades de acceso a otras fuentes de agua, determinarán tus posibilidades de implementar un sistema de cosecha de aguas lluvia.

En Chile se han implementado sistemas de cosecha de aguas lluvia de gran o mediana escala desde la región del Maule hacia el sur. Sin embargo, existen proyectos incipientes reportados en distintos puntos de la zona central y norte grande, llegando incluso hasta el altiplano cordillerano.



2. ¿Dónde cosechar el agua de lluvia?

2.2. Zonas de contaminación

La **calidad del aire** esta determinada por la cantidad de material particulado que existe en él. Este material particulado podría ser arrastrado por el agua de lluvia, deteriorando la calidad del agua cosechada, y haciéndola no apta para algunos usos (en particular todos los que tienen que ver con la ingestión del agua).

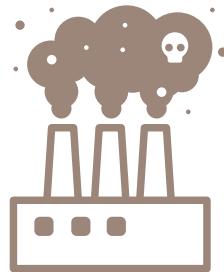
La estrategia de desechar las primeras aguas de lluvia caída, reduce significativamente el arrastre de material particulado hacia el agua cosechada. Al igual que tratamientos de depuración o filtración, pueden ayudar a eliminar algunos contaminantes, pero hay contaminantes como los químicos y pesticidas que son de muy difícil tratamiento.

El uso de aguas lluvia en lugares de alta contaminación, debe asegurar siempre un estricto control de la calidad del agua, evaluando responsablemente los usos más apropiados para ésta.

Las principales fuentes de contaminación del aire en Chile son:



Transporte



Actividades industriales



Calefacción a leña
en contextos urbanos



Uso de pesticidas
en actividades agrícolas

2. ¿Dónde cosechar el agua de lluvia?

2.3. Tamaño del terreno

La **cosecha de aguas lluvia** por lo general, va exigir grandes volúmenes de almacenamiento y/o de captación, y pueden ocupar una porción de terreno significativa.

Limitantes respecto al tamaño de los terrenos, podrían ser una variable a considerar a la hora de evaluar un lugar para la cosecha de aguas lluvias.



3

¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

Evalúa la factibilidad de implementar un sistema de cosecha de aguas lluvia en tu zona. Asegura un proyecto que sea sostenible de manera social, económica y ambiental.

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.1. Triple Impacto



Sustentabilidad Económica

La sustentabilidad económica de un proyecto se medirá en función del monto de la inversión, de los costos de su operación o mantenimiento en el tiempo y de los beneficios generados a lo largo de la vida del proyecto.

Incluso con una baja precipitación anual de 100 milímetros, y un techo de 150 m², puedes cosechar cerca de 10.000 litros de agua en el año.

En una zona de gran precipitación de 2.000 milímetros anuales, ese mismo techo podría cosechar más de 200.000 litros de agua. Para poder almacenar esa agua, tendrás que disponer de un estanque de gran capacidad. El estanque de almacenamiento puede llegar a ser uno de los costos más significativos en un sistema de cosecha de aguas lluvia, y la inversión se justificará siempre que la cantidad de agua producida sea significativa para el uso que se le quiera dar.

Por otra parte, cosechar agua en los techos siempre será más barato que construir una superficie de captación, pero esta posibilidad dependerá del estado en que se encuentren los techos y de su materialidad.

La operación y mantenimiento de este sistema será sencilla, pero fundamental para asegurar una larga vida al sistema.

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.1. Triple Impacto



Sustentabilidad Social

La sustentabilidad social se logra a través de un proyecto que resulte valioso para todos sus participantes. Un proyecto así, resultará en infraestructura bien mantenida y en un uso responsable del agua.

Aunque cosechar el agua de lluvia ha sido un uso tradicional siempre, hacerlo de forma responsable será fundamental para que ésta pueda ser considerada una práctica valiosa para una comunidad. Almacenar y tratar el agua de manera de que ésta se conserve siempre en óptimas condiciones, exigirá un esfuerzo adicional que demandará tiempo y recursos.

NO hacerlo significa un riesgo inaceptable para la salud.



Sustentabilidad Ambiental

La sustentabilidad ambiental se asegura a través de un proyecto poco invasivo, que no genere impactos negativos en su entorno.

Cualquier agua cosechada volverá siempre al territorio. Los caudales de agua fluirán de vuelta a la tierra y pueden afectarla de distintas maneras.

Asegurar un destino para las aguas servidas tratadas y los rebalses, permitirá que no se generen impactos negativos en el entorno.

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

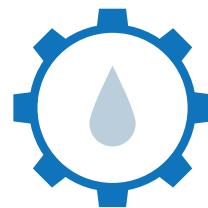
¿Cuántos litros de agua potable consumirás al año?

Para poder dimensionar el tamaño de tu cosecha de aguas lluvias y la magnitud del almacenamiento, deberás calcular:



Usos Domésticos

¿Cuánta agua consume una persona al día para sus usos domésticos?. Esto se refiere a todos los usos del agua que se relacionan con los quehaceres domésticos.



Usos para actividades productivas

Además de tus usos domésticos, calcula los usos de tus actividades productivas. Si prestas un servicio turístico, deberás estimar cuánta agua usarás para ofrecerlo.

Recuerda distinguir entre servicios turísticos de alojamiento (aquellos en los que tus usuarios pernoctan en el lugar) y todo el resto de servicios para pasantes (en los que los usuarios pasan solo una porción del día contigo).

Las **excepciones** confirman la norma: Hay excepciones que debes considerar. La cantidad de agua que ocupará una persona puede presentar variaciones importantes para ciertos escenarios de excepción, como por ejemplo, zonas de climas desérticos o con escasez hídrica, zonas remotas, zonas de conservación, etc.

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

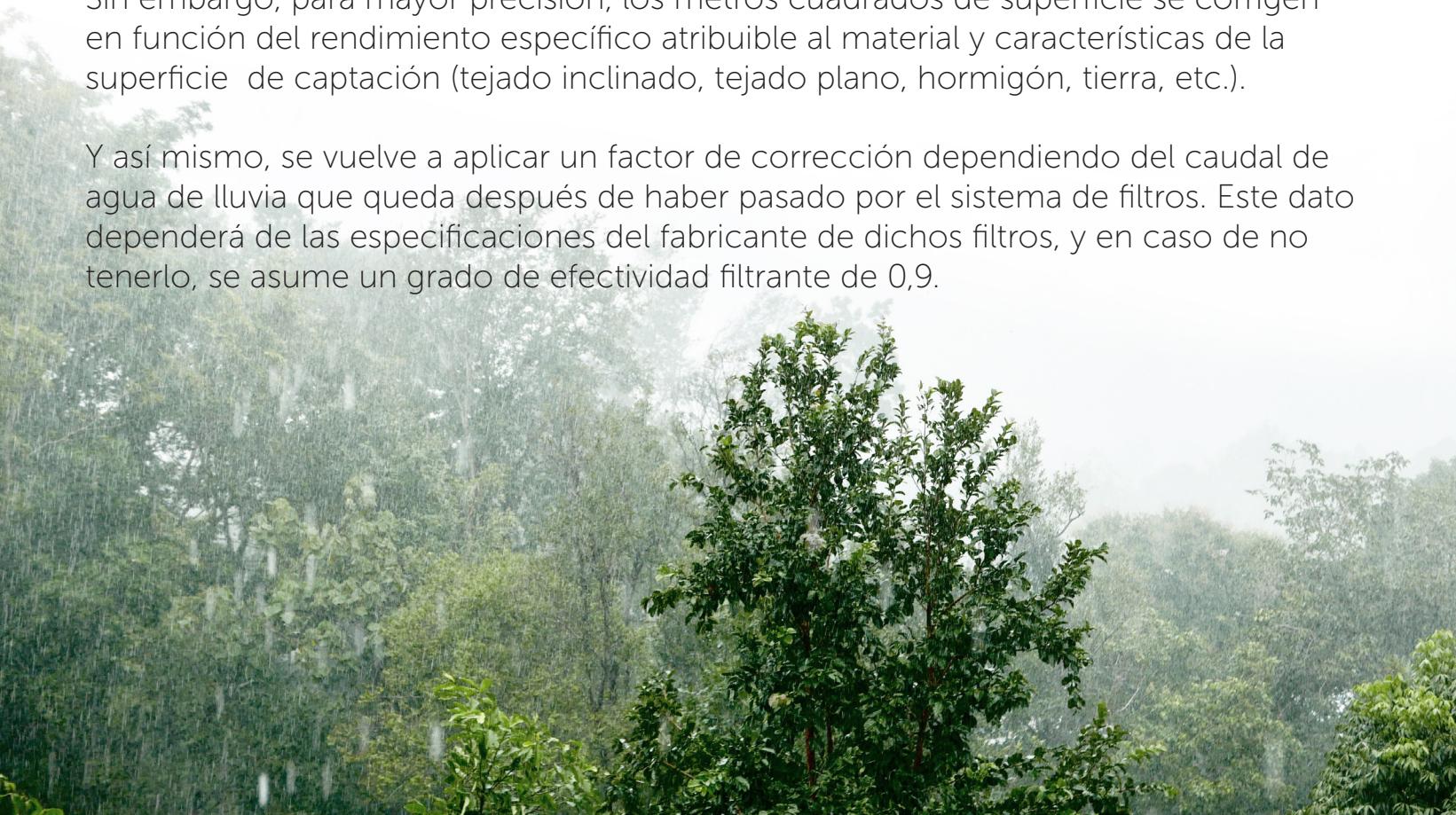
¿Cuántos litros de agua potable producirás al año?

Es posible estimar la **producción de agua** aproximada que cosecharás al año, a partir de la cantidad de lluvia proyectada para la zona de emplazamiento y la extensión de la superficie de captación.

A grandes rasgos, se puede decir que la cantidad de agua producida es equivalente a los **metros cuadrados de superficie** multiplicados por la **precipitación anual de la zona**.

Sin embargo, para mayor precisión, los metros cuadrados de superficie se corrigen en función del rendimiento específico atribuible al material y características de la superficie de captación (tejado inclinado, tejado plano, hormigón, tierra, etc.).

Y así mismo, se vuelve a aplicar un factor de corrección dependiendo del caudal de agua de lluvia que queda después de haber pasado por el sistema de filtros. Este dato dependerá de las especificaciones del fabricante de dichos filtros, y en caso de no tenerlo, se asume un grado de efectividad filtrante de 0,9.



3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

¿Cuántos litros de agua producirás al año?

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ANUAL DE AGUA LLUVIA EN LITROS

$$= \Sigma (A \times e) \times Pa \times Nf$$

A: Superficie de captación (m²)

e: Coeficiente de rendimiento de revestimiento de techo

Pa: Precipitación anual (mm)

Nf: Grado de efectividad filtrante (si no tienes esta información, puedes utilizar un factor de 0,9 como reemplazo)

COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (e)

Fuente: MINVU, 2018

Naturaleza de la superficie	Coeficiente (E)
Tejado duro inclinado	0.8
Tejado plano sin gravilla	0.8
Tejado plano con gravilla	0.8
Tejado verde intensivo	0.3
Tejado verde extensivo	0.5
Superficie empedrada / con empedrado compuesto	0.5
Revestimiento asfáltico	0.8
Superficie hormigón sin pulir	0.6
Camino de tierra compacta no inclinado	0.6
Camino de tierra compacta con inclinación entre el 5% y 15%	0.5

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

¿Cuántos litros de agua producirás al año?

$$\text{Sup. de captación} = \frac{\text{Coef. de Rendimiento}}{\text{x}} \times \text{Precipitación Anual}$$

+ Grado de efectividad filtrante

COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (e)

Fuente: MINVU, 2018

Naturaleza de la superficie	Coeficiente (E)
Tejado duro inclinado (ej. zinc)	0.8
Tejado plano sin gravilla	0.8
Tejado plano con gravilla	0.8
Tejado verde intensivo	0.3
Tejado verde extensivo	0.5
Superficie empedrada / con empedrado compuesto	0.5
Revestimiento asfáltico	0.8
Superficie hormigón sin pulir	0.6
Camino de tierra compacta no inclinado	0.6
Camino de tierra compacta con inclinación entre el 5% y 15%	0.5

GRADO DE EFECTIVIDAD

FILTRANTE

Según especificaciones del fabricante.
Si no hay información, se asume 0,9.

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

¿Cuántos litros de agua producirás al año?

Podríamos estimar el rendimiento de, por ejemplo, un techo duro inclinado con grado de efectividad filtrante promedio (0,9), de la siguiente manera:

**Litros de agua cosechada en superficie tipo al año
(Tejado duro inclinado, sistema de filtros de efectividad filtrante 0.9)**

Milímetros de agua caída al año	Metros cuadrados de superficie de captación								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	7200	10800	14400	18000	21600	25200	28800	32400	36000
200	14400	21600	28800	36000	43200	50400	57600	64800	72000
300	21600	32400	43200	54000	64800	75600	86400	97200	108000
400	28800	43200	57600	72000	86400	100800	115200	129600	144000
500	36000	54000	72000	90000	108000	126000	144000	162000	180000
600	43200	64800	86400	108000	129600	151200	172800	194400	216000
700	50400	75600	100800	126000	151200	176400	201600	226800	252000
800	57600	86400	115200	144000	172800	201600	230400	259200	288000
900	64800	97200	129600	162000	194400	226800	259200	291600	324000
1000	72000	108000	144000	180000	216000	252000	288000	324000	360000
1100	79200	118800	158400	198000	237600	277200	316800	356400	396000
1200	86400	129600	172800	216000	259200	302400	345600	388800	432000
1300	93600	140400	187200	234000	280800	327600	374400	421200	468000
1400	100800	151200	201600	252000	302400	352800	403200	453600	504000
1500	108000	162000	216000	270000	324000	378000	432000	486000	540000
1600	115200	172800	230400	288000	345600	403200	460800	518400	576000
1700	122400	183600	244800	306000	367200	428400	489600	550800	612000
1800	129600	194400	259200	324000	388800	453600	518400	583200	648000
1900	136800	205200	273600	342000	410400	478800	547200	615600	684000
2000	144000	216000	288000	360000	432000	504000	576000	648000	720000

Fuente: Elaboración propia, en base a datos aportados por MINVU, 2018

3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

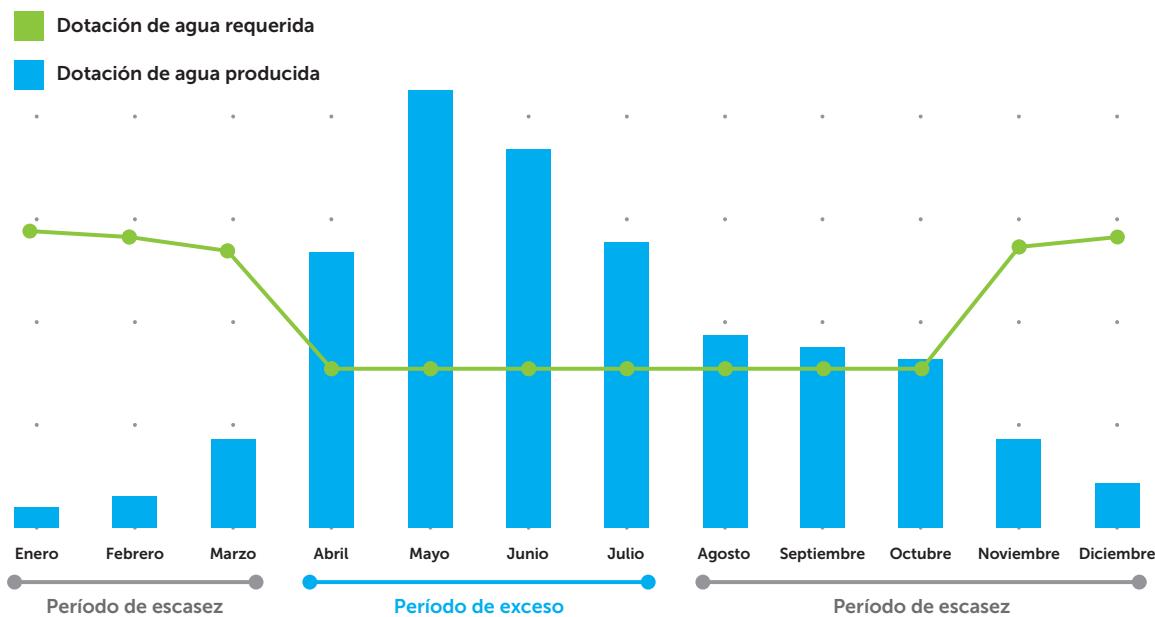
3.2. Calcula tu producción y consumo

Producción Discontinua

Es importante considerar que la producción de agua mediante el uso de cosecha de aguas lluvia no es continua, si no que está sujeta a la distribución temporal de las precipitaciones a lo largo del año.

Abastecimiento Continuo

Aunque el sistema de producción de agua no sea continuo, un proyecto sanitario debe asegurar un abastecimiento continuo. En caso de no contar con fuentes complementarias, será necesario proyectar un acopio de agua suficiente para abastecernos aquellos días en que la producción de agua es menor a la que necesitamos. Deberá hacerse un análisis diario, de manera de asegurar una dotación de agua continua, en todas las estaciones del año.



3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.2. Calcula tu producción y consumo

Análisis diario

Para asegurar una dotación de agua continua, deberás hacer un análisis diario (o mensual) de los datos de dotación disponible de todas tus fuentes de agua y la dotación requerida.

Los meses en que consumes menos agua de la que produces, tendrás un ahorro de agua que será almacenado en tu estanque. La máxima capacidad de ahorro de agua estará dada por la capacidad máxima de tu sistema de almacenamiento.

Agua remanente en estanques



3. ¿Cómo evaluar un proyecto de cosecha de aguas lluvia?

3.3. Proyecto sanitario y normativa

Normativa

Como sistema de producción de agua potable, una cosecha de aguas lluvia puede proveernos agua en cantidad y calidad suficientes, además de forma continua, lo que la hace una fuente viable desde el punto de vista normativo.

Para usar agua de lluvia como agua potable, se deberá hacer un estudio de la calidad del agua cruda y disponer de los tratamientos que aseguren estándares de calidad adecuados. En zonas libres de contaminación, el agua de lluvia por lo general cumplirá con la NCH409, pudiendo a veces presentar una acidez leve que se deberá tratar.

La contaminación atmosférica podría deteriorar la calidad del agua.

Si no se cuenta con fuentes complementarias, será importante considerar un acopio de agua suficiente para garantizar disposición de agua de forma continua. además de proyectar el volumen de almacenamiento adecuado.

En una memoria de cálculo, se deberá detallar el procedimiento para estimar la dotación requerida y la dotación producida en todas las estaciones del año, proyectar los períodos de escasez y abundancia, y determinar el volumen de almacenamiento necesario.

REGLAMENTOS

- "Reglamento de los Servicios de Agua Destinados al Consumo Humano", del Ministerio de Salud y sus modificaciones.

NCH

- Norma Chilena 409/1

4

¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

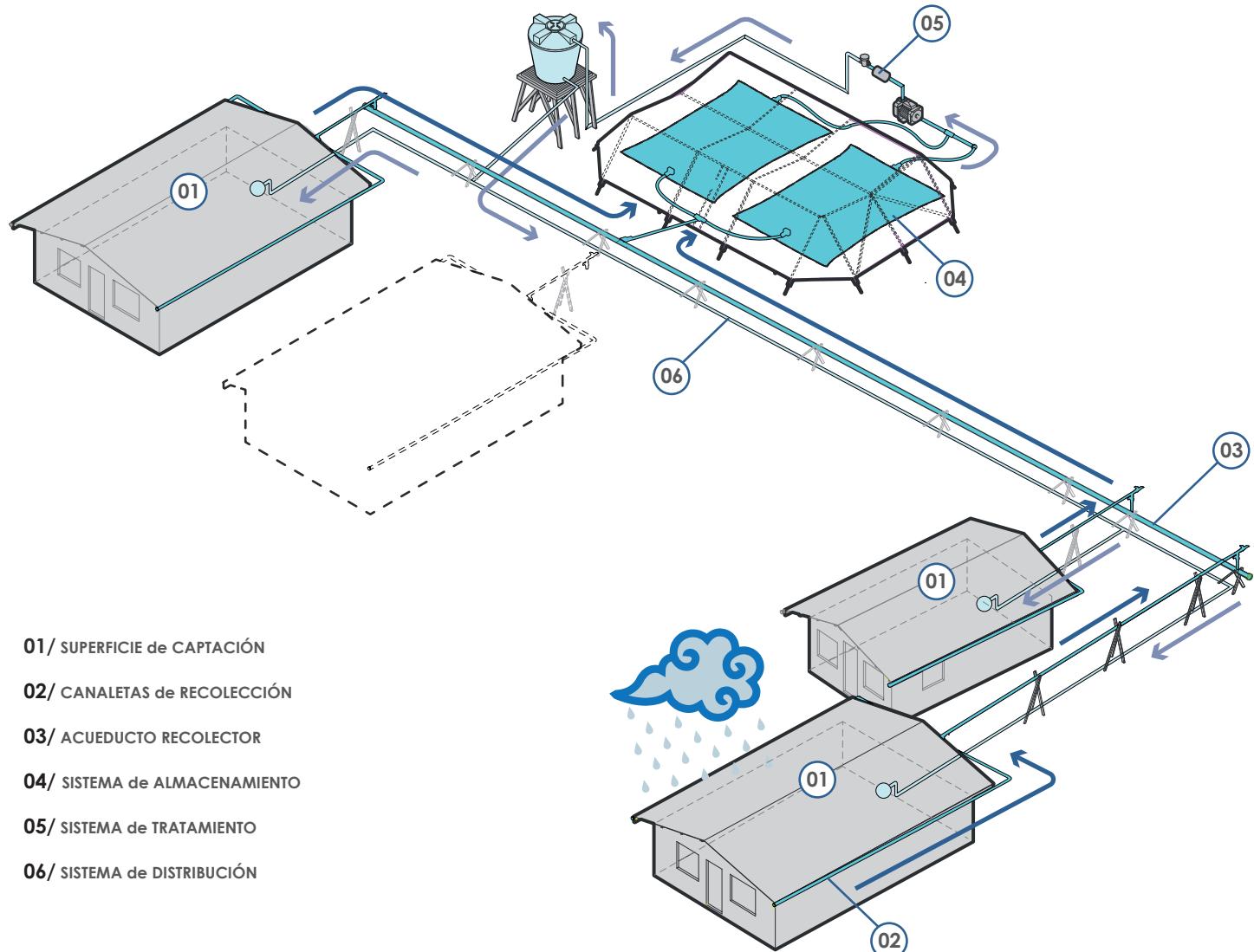
Analiza los componentes del sistema, define el diseño y planifica la construcción.

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

Captación en techos

Para diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia, mediante captación en techos, debes tener en cuenta algunos elementos, de simple construcción.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.1. Superficies de captación

Lo primero a tener en cuenta para la captación en techos es la materialidad. Se recomiendan materiales como el zinc, por ser un material de muy baja absorción, favoreciendo el flujo de la escorrentía en dirección hacia las canaletas de forma íntegra. Se debe resguardar que la materialidad del techo no desprenda metales pesados u orgánicos, restos de pintura o cualquier elemento que pueda contaminar el agua cosechada.



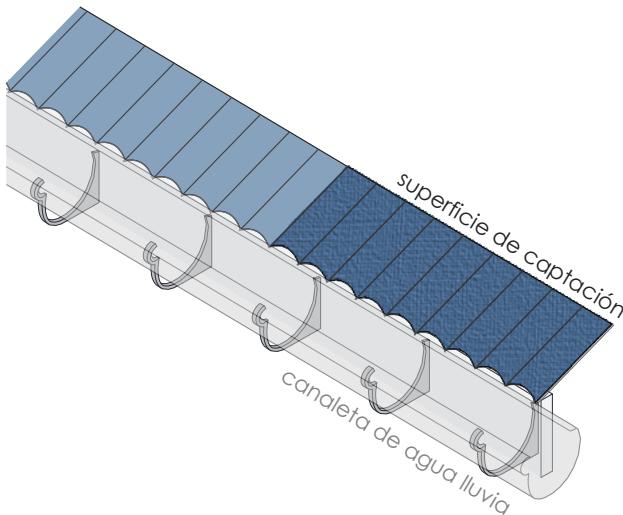
4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

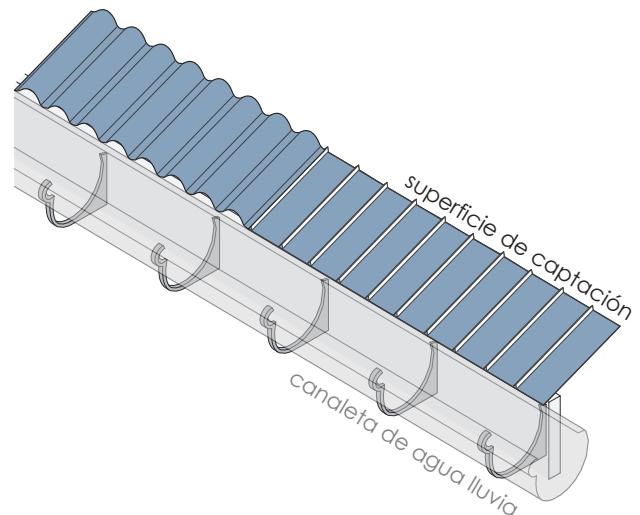
4.1.1. Superficies de Captación

Los **materiales pétreos, arcillas, cerámicas o cemento** (materiales porosos) no son óptimos para una buena cosecha, pues el agua no fluye en un 100% hacia las canaletas. De todas formas, estos materiales pueden utilizarse considerando una perdida de entre 10% y 20% de la lluvia captada (coeficiente de rendimiento).

La **teja asfáltica** desprende elementos tóxicos, por lo que no se recomienda para sistemas de agua para consumo. **Materiales tratados** con alquitrán o cualquier otro elemento tóxico que pueda desprenderse, se deben evitar en este tipo de sistemas.



Los materiales más utilizados suelen ser de acero o **aluminio** (superficies no porosas) como planchas acanaladas, lisas u onduladas.

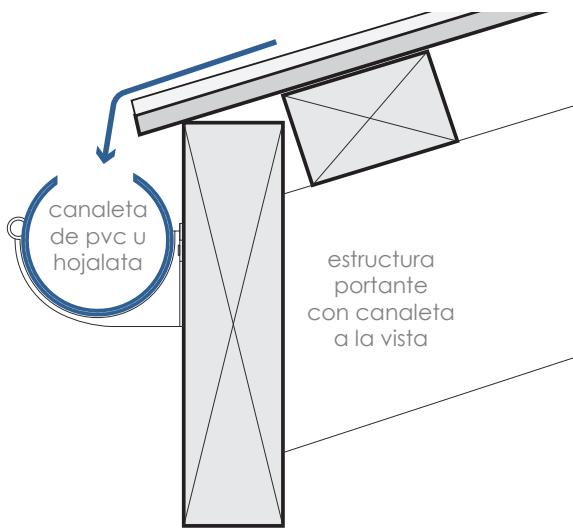


4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

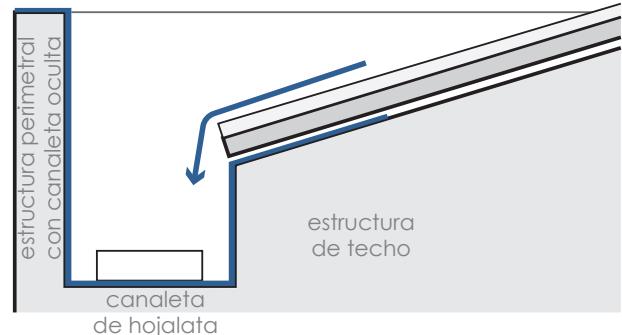
4.1.2. Canaletas Recolectoras

El tipo más común de canaleta recolectora es un conducto abierto que se instala al final de un techo inclinado para recoger el agua que escurre sobre éste. Comúnmente se utilizan dos tipos de estructuras para recolectar aguas lluvias.



En este tipo de estructura la canaleta queda a la vista. La canaleta se sostiene sobre fijaciones, las cuales pueden ser de distintas materialidades. Este conducto se adhiere al techo por medio de una estructura de soporte comúnmente llamada “tapacán”.

Sistema de techo americano o canal escondida.
La canaleta se proyecta como parte de la estructura de techo y queda oculta detrás de la fachada.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

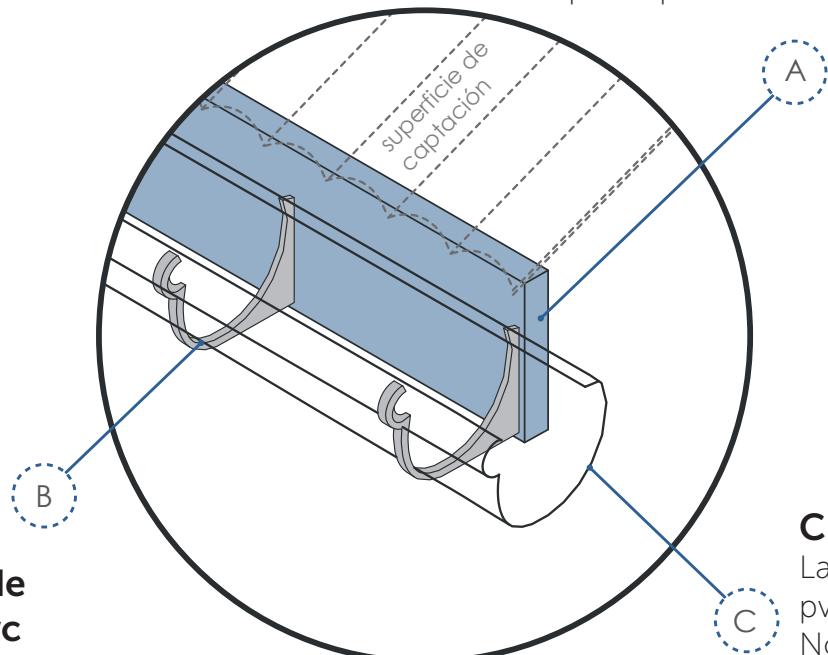
4.1.2. Canaletas Recolectoras

Una buena estructura de apoyo para las canaletas servirá para que ésta quede fija, no se rompa o deteriore y se eviten filtraciones. Además, servirá para darle la pendiente necesaria a la canaleta para que el agua escurra en la dirección deseada.

Un sistema de cosecha de aguas lluvia podría requerir el rediseño de esta estructura de apoyo (o tapacán). Para los casos en donde la canaleta quede a la vista, se recomienda instalar un tapacán de tabla para instalar las fijaciones de forma óptima.

A Tapacán

Recomendamos que el tapacán sea de tablón de medidas 2"x8" o 2"x10", ya que es necesario tener un alto suficiente para el declive dado por la pendiente de la canaleta.



B Fijación de Canaleta pvc

Las fijaciones también se encuentran en pvc u hojalatería, y son de fácil acceso y manipulación.

C Canaleta Agualluvia

Las canaletas pueden ser de pvc o de hojalatería a medida. No deben usarse canaletas soldadas con plomo u otra sustancia tóxica

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

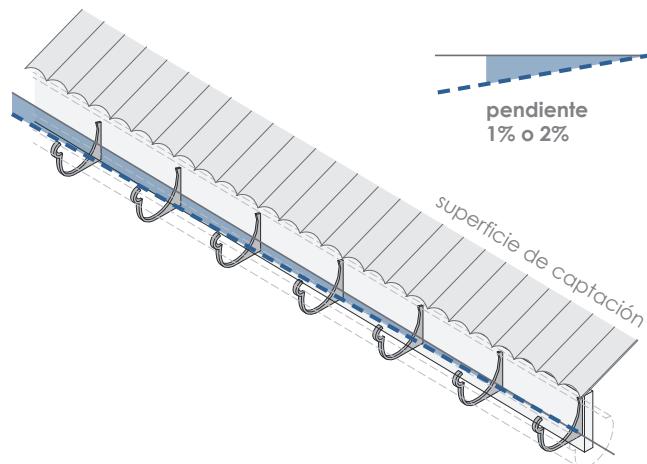
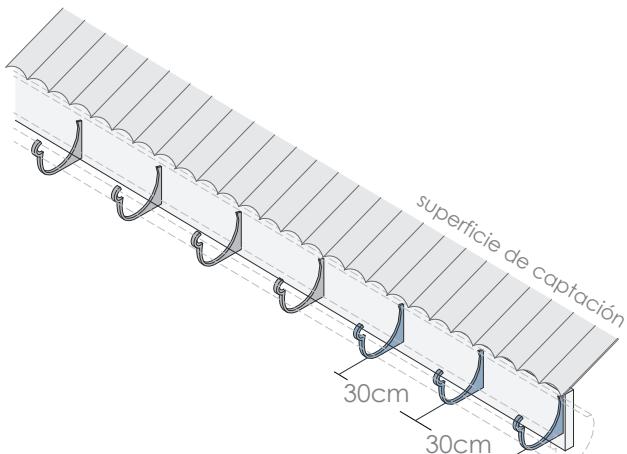
4.1. Componentes del sistema

4.1.2. Canaletas Recolectoras

Lograr una pendiente adecuada tanto en la canaleta recolectora, como a lo largo de todo el acueducto que llevará el agua a su lugar de almacenamiento, es fundamental en un buen sistema de cosecha. Una pendiente entre 1% y 2% es recomendable para que el agua fluya sin problemas, por lo que trazar la pendiente con precisión será fundamental antes de instalar fijaciones y canaletas.

Pendiente

a) como ya tienes tu pendiente calculada, deberás marcar en el tapacán una línea guía para colocar las fijaciones (línea en azul punteada en el esquema)



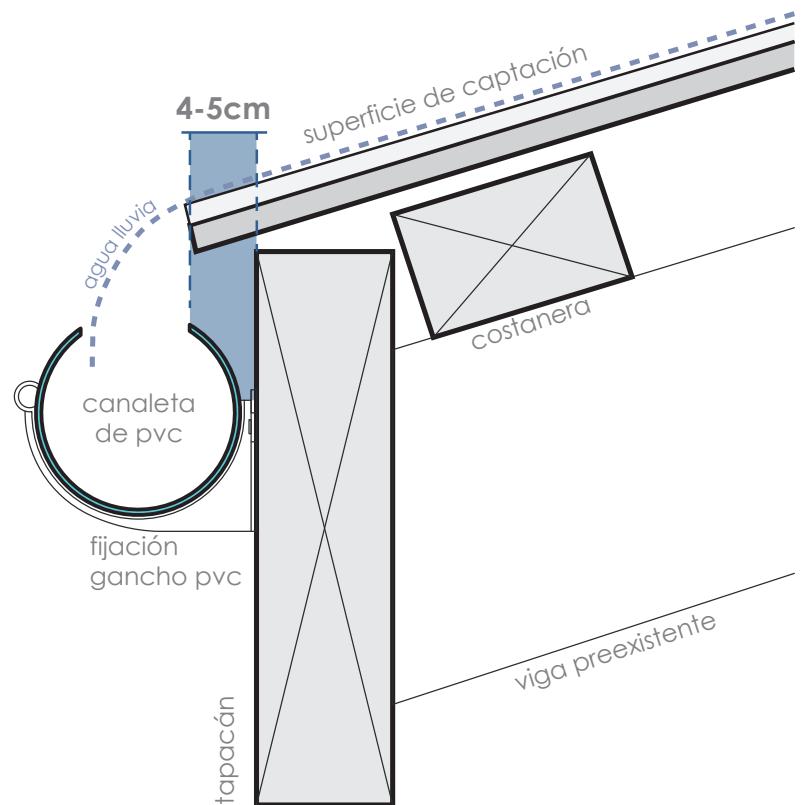
b) utilizando la línea guía, ahora te sugerimos instalar las fijaciones cada 30cm aprox. entre ellas. Trata de rematar con fijaciones en los extremos del tapacán.

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.2. Canaletas Recolectoras

Una distancia de 4 a 5 cms. entre el final del techo y la apertura de la canaleta, te puede ayudar a optimizar la recogida de agua y evitar filtraciones y perdidas. No olvides ir probando la forma en que el agua escribe mientras construyes el sistema.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.3. Acueducto

Para sistemas con más de una superficie de captación, es posible implementar un acueducto recolector que cumpla la función de recolectar todas las aguas cosechadas y conducirlas hacia un sistema de almacenamiento común. Este acueducto estará conformado por tuberías cerradas (por lo general de PVC) que recibirán el flujo de las canaletas recolectoras instaladas para las distintas superficies de captación.

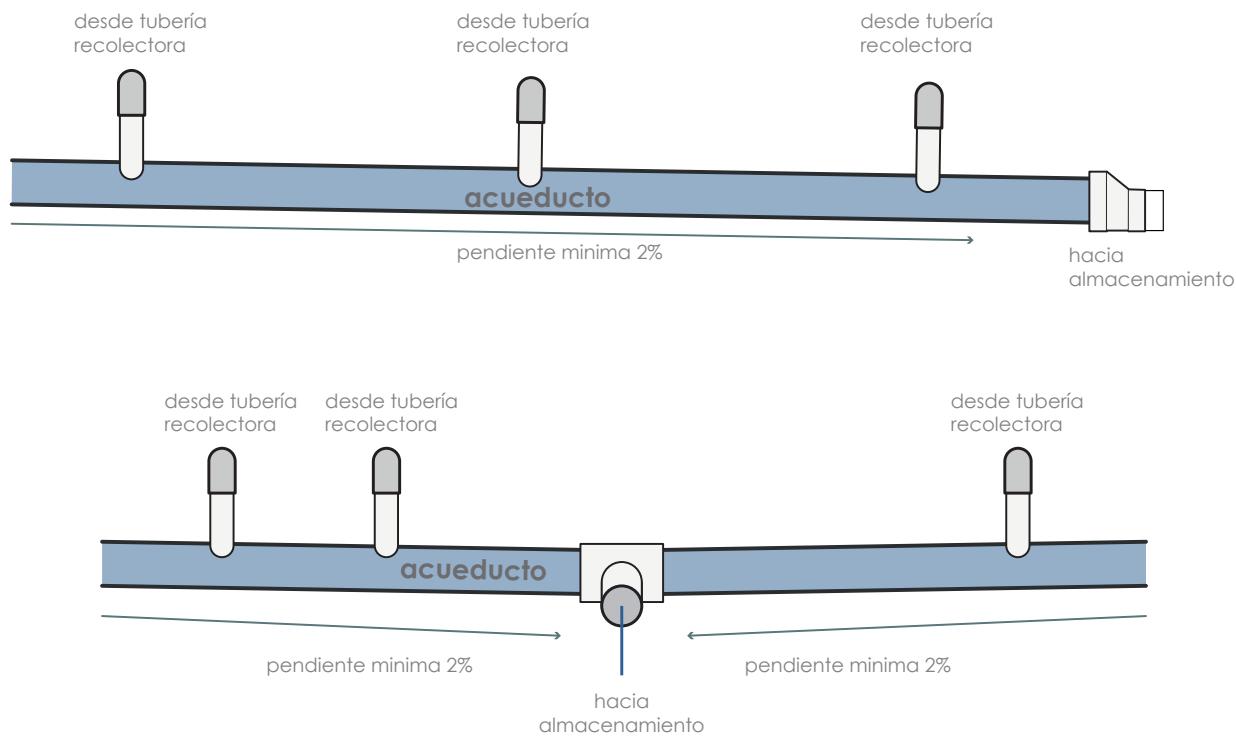
Se recomienda que la tubería del acueducto sea de mayor diámetro para lograr una estructura más robusta, y para albergar todo el caudal sin riesgo a la saturación de agua.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.3. Acueducto



Dependiendo de la ubicación de las superficies de captación y de los estanques, la configuración del acueducto puede adoptar distintas formas. Puede escurrir en una sola dirección, o desde los dos extremos hacia un punto central, dependiendo de las pendientes que se le vaya dando a la estructura y la topografía del terreno.

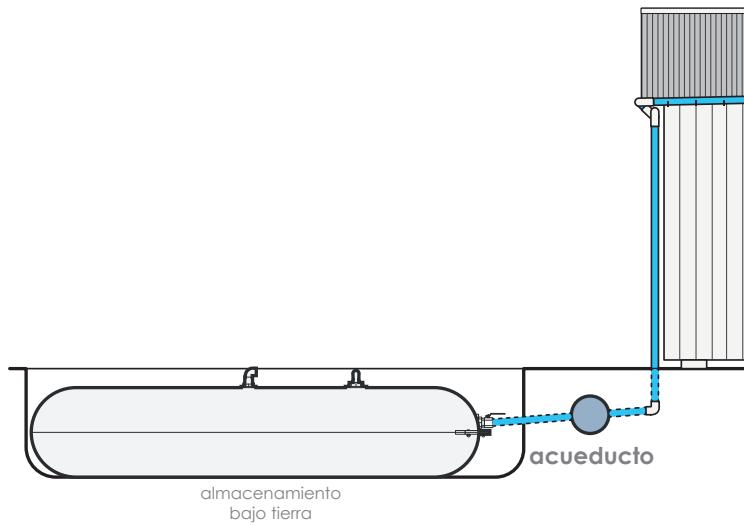
4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

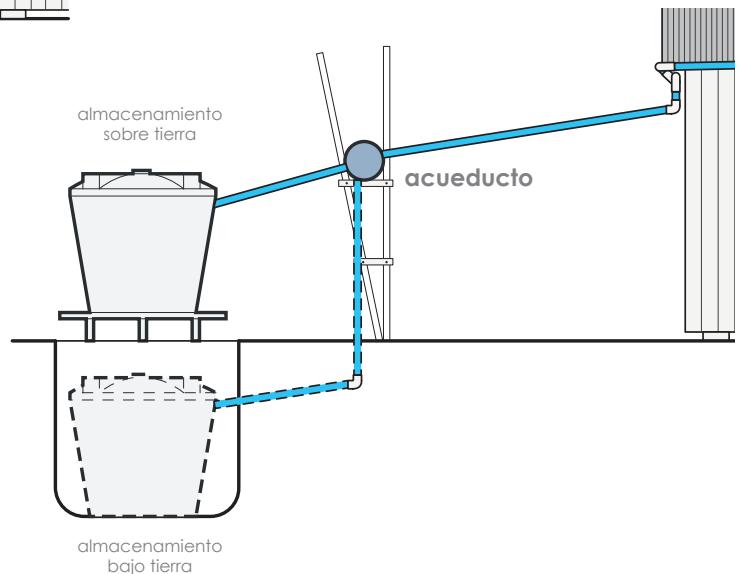
4.1.3. Acueducto

El acueducto puede ir enterrado, a ras de suelo o elevado.

Un **acueducto enterrado** requerirá también de un estanque enterrado y necesitará de excavaciones profundas. Un **acueducto a ras de suelo** deberá contar con una estructura de protección y un estanque levemente enterrado. Finalmente, un **acueducto elevado** requerirá de una estructura de soporte firme que asegure que éste quede protegido de golpes de cualquier tipo (faenas, animales, etc).



Acueducto enterrado.
Requiere un almacenamiento bajo tierra a mayor profundidad para lograr una pendiente natural óptima.



Acueducto elevado mediante estructura de soporte resistente. Esta configuración permite contar con un almacenamiento sobre o bajo tierra, ya que la estructura de soporte puede modificarse para lograr una pendiente natural óptima.

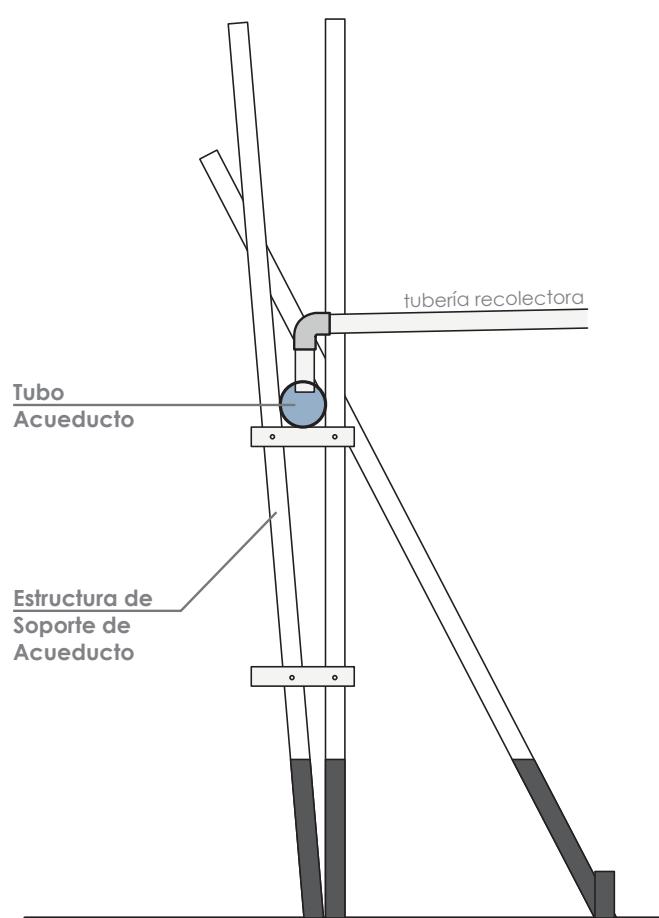
4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.3. Acueducto

Un buen diseño de la estructura de soporte, permite darle firmeza a un acueducto elevado, evitando que se flecte hasta que se rompa, o bien, que sea arrasado por animales, vehículos, o que ceda a las presiones del viento y los temporales.

En este detalle, se ve un diseño de soporte que permite que la canaleta quede bien encajonada en la estructura, evitando que se desplace, y que por medio de una serie de diagonales de madera, estacas y poyos, amarra las vigas para que éstas trabajen de forma colaborativa y no queden expuestas.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.4. Sistema de almacenamiento

Es uno de los componentes más importantes de un sistema de cosecha de aguas lluvias. La capacidad de almacenamiento que logres instalar serán los litros de agua que te abastecerán durante las estaciones secas, que en Chile son bastante pronunciadas.

Contar con una dotación suficiente de agua será requisito ineludible si piensas implementar un sistema de cosecha de aguas lluvias para consumo doméstico como única fuente de abastecimiento. Sin embargo, si sólo cosechas el agua como fuente complementaria a tu sistema, tu almacenamiento puede ser más acotado.

Sólo como referencia, puedes visualizar que un estanque de 5.000 litros podrá abastecerte solamente durante 10 días, en una vivienda de 4 personas.



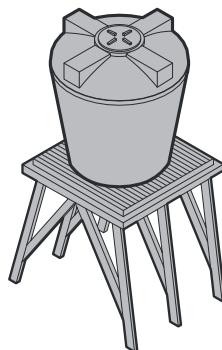
4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.4. Sistema de almacenamiento

Para lograr un abastecimiento de gran escala, puedes usar estanques flexibles de gran tamaño, un sistema de varios estanques rígidos, o estanques auto-construidos.

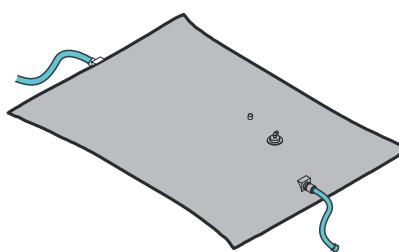
Es recomendable pensar en almacenamientos de gran escala que vayan desde los 10.000, 20.000, 30.000 o 60.000 litros, dependiendo del uso de tus actividades domésticas y productivas.



**ESTANQUES CÓNICOS
PLÁSTICOS**

Pueden instalarse sobre o bajo tierra, según conveniencia.

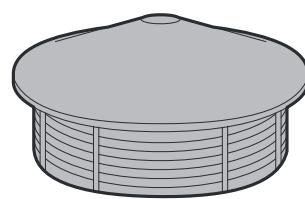
Su capacidad varía entre 200 y 50.000 Lts.



ESTANQUES FLEXIBLES

Pueden instalarse sobre cualquier superficie nivelada y apisonada. Son de fácil instalación y traslado, y no requieren mayor mantención.

Su capacidad varía entre 10.000 y 100.000 Lts o más.



**ESTANQUES FIJOS
PREFABRICADOS**

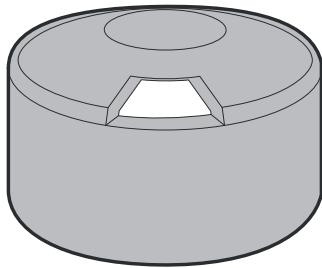
Ocupan un mayor espacio superficial de m². Pueden tener pérdidas por evaporación.

Su capacidad varía entre 200.000 y 5.000.000 Lts

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

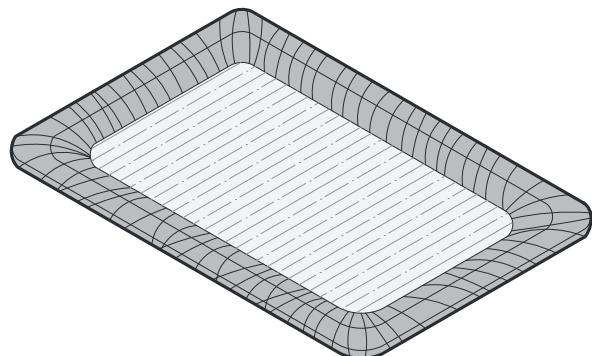
4.1.4. Sistema de almacenamiento



Estanques / Cisternas de autoconstrucción de hormigón

Pueden instalarse sobre cualquier superficie, tierra nivelada y hormigonada. Requiere mantenición constante.

Su capacidad máxima es de 100.000 Lts



Embalse de regulación corta

Ocupan un mayor espacio superficial de m². Pueden tener pérdidas por evaporación.

Su capacidad varía entre 200.000 y 5.000.000 Lts

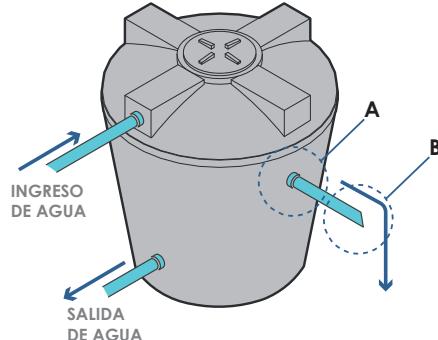
4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

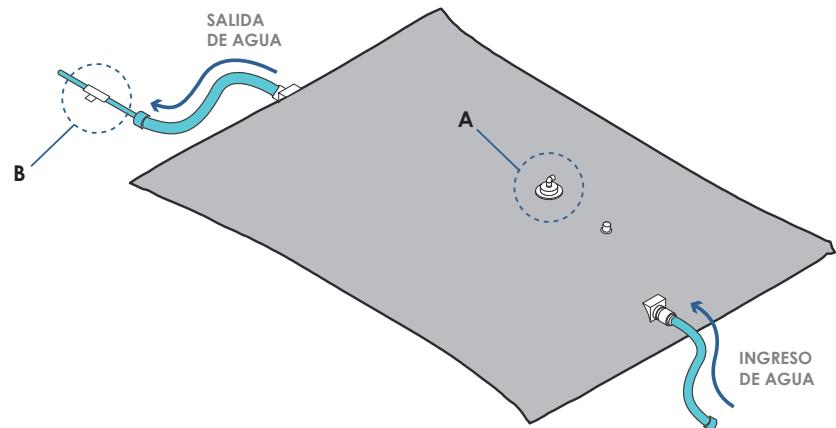
4.1.4. Sistema de almacenamiento

Todo estanque debe contar con su respectivo despiche para canalizar el exceso o rebalse de agua. Es importante dar curso a esta agua de forma segura o bien implementar un sistema de dren para que ésta se infiltre rápidamente.

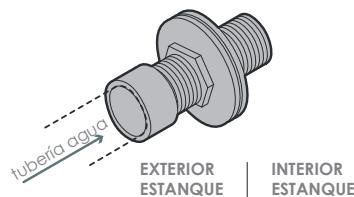
El despiche en el estanque cónico puede estar en cualquier lado de la parte superior del estanque, antes del nivel máximo de agua. El despiche en el estanque flexible es preferible que se encuentre en el extremo final del estanque. En ambos casos, el despiche puede ser controlado manualmente por medio de una llave de bola.



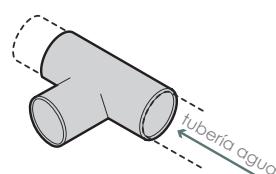
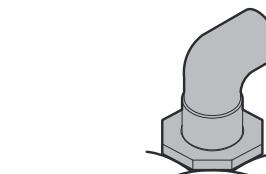
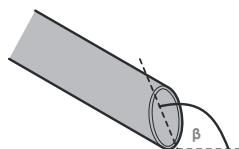
A. PIEZA SALIDA DE ESTANQUE



A. CODO HIDRÁULICO/ REBOSADERO



B. DESPICHE



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.4. Sistema de almacenamiento

Estanque de consumo inmediato

Muchos sistemas de almacenamiento cuentan con estanques de consumo inmediato para acumular el agua que será consumida durante algunos pocos días.

Implementar un estanque de consumo inmediato tiene varias ventajas. Por un lado, puedes incorporar filtros y sistemas de desinfección justo antes de que el agua entre en el estanque. Con esto te aseguras que la desinfección no pierda efectividad.

Por otro lado, si le das altura a este estanque (estanque elevado) puedes usar la diferencia de nivel a tu favor para generar gravedad natural y poder distribuir el agua desde este estanque hacia los puntos de consumo, lo que te evitará la activación de la bomba cada vez que se abra la llave.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Pese a que el agua de lluvia es un agua de buena calidad (muchas veces superior a aguas subterráneas o escorrentía), el sistema de cosecha y el trayecto que recorre el agua hasta llegar a su lugar de almacenamiento puede contaminar el agua cosechada.

El agua podría arrastrar fecas de animales, musgos o líquenes, polvo o material particulado en suspensión, sales provenientes del mar (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄) o gases disueltos (CO₂, NO_x, SO_x).

Desviar los primeros litros de agua caída en los techos permite reducir en gran medida las posibles fuentes de contaminación. Desviar entre 0,5 y 2 milímetros (dependiendo de las posibles fuentes de contaminación que se detecten) es recomendable para efectuar una buena limpieza del sistema antes de empezar a cosechar. Este tipo de filtro es conocido como despiche de las primeras lluvias o "Tlaloque".



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Despiche de las primeras lluvias o Tlaloque

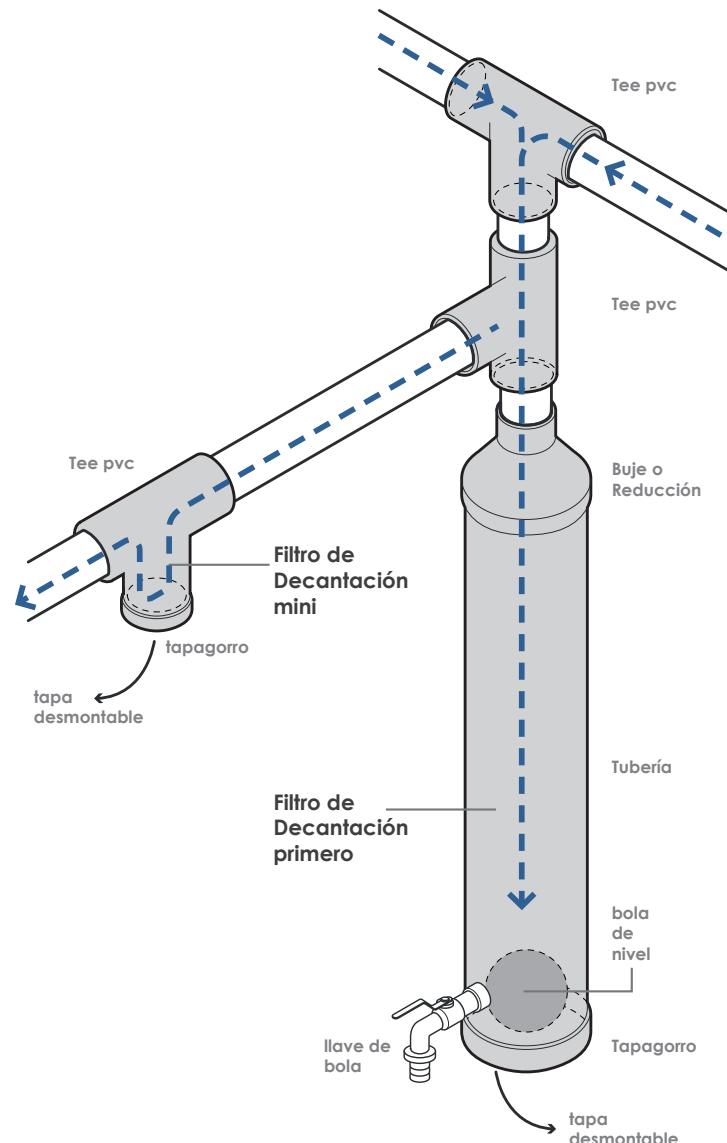
Para construir este filtro se puede usar un tubería o botellón que tenga capacidad suficiente para contener el agua a desechar. Este se instala en el punto donde se van a interceptar las aguas (a la salida de cada casa, o a la salida de cada canaleta, dependiendo del diseño específico de tu sistema).

Deberás calcular aproximadamente cuántos litros de agua deberás desviar para despichar el primer 0,5/2,0 mm de agua caída que limpiará el sistema.

Dentro del cilindro (tubería) se introduce una bola de plumavit o flotador (bola de nivel) que pueda bloquear la entrada del agua una vez que el recipiente esté lleno. De esta manera, el agua que se coseche a continuación, ya no entrará a este recipiente, sino que pasará de largo para ingresar al sistema de canalización de las aguas.

Es importante que el recipiente cuente con algún mecanismo para limpiar los sedimentos que decantarán de estas primeras aguas sucias, como una tapa inferior removible (tapagorro).

Otra recomendación es instalar una llave de agua, que permita el vaciado del filtro para prepararlo para las próximas lluvias.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Despiche de las primeras lluvias o Tlaloque

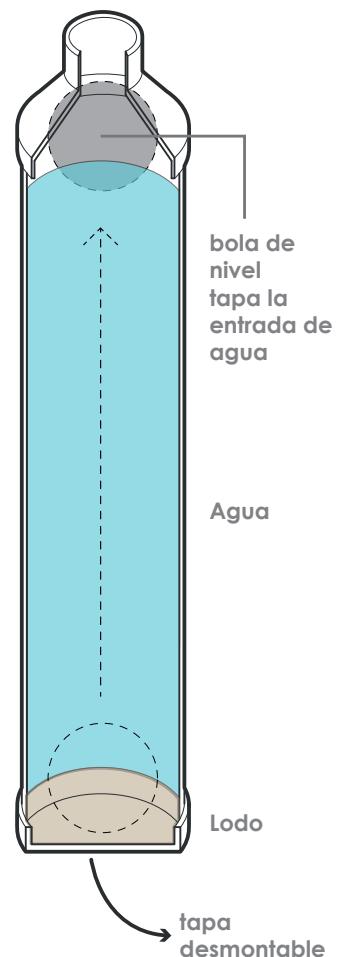
Para calcular el tamaño del filtro a utilizar, primero identifica cuál es la superficie a limpiar.

Debes tener en consideración que se utiliza uno de estos filtros por cada techo a dos aguas, o por cada construcción. Esto quiere decir, que si tienes tres techos en tres construcciones distintas, deberás ocupar tres Tlaloques.

Como ejemplo, si vas a limpiar un techo que tiene una superficie de captación de **50 m²** y deseas desviar los primeros milímetros de agua caída, puedes proyectar el volumen (litros) de agua para el filtro de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} &(\text{mm de agua a desviar}) \times (\text{Sup. de captación}) \\ &\quad = \text{litros de agua} \\ &1 \text{ mm} \times 50 \text{ m}^2 = 50 \text{ lts} \end{aligned}$$

Es decir, tengo que conseguir o fabricar un recipiente que me permita contener 50 litros de agua lluvia.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Despiche de las primeras lluvias o Tlaloque

Si vas a fabricar este filtro con tuberías de PVC, deberás recordar que el volumen de agua que el cilindro puede acumular es equivalente a:

$$\text{fórmula volumen de cilindro} = \text{Área (A)} \times \text{altura (h)}$$

en donde el **área del cilindro** = $\pi (\phi) \times r^2$

y donde **1 decímetro (dm3)** = **1 litro**

Por ejemplo:

Si el radio de la tubería es de 1 decímetro, y necesitamos desviar un volumen de 50 litros:

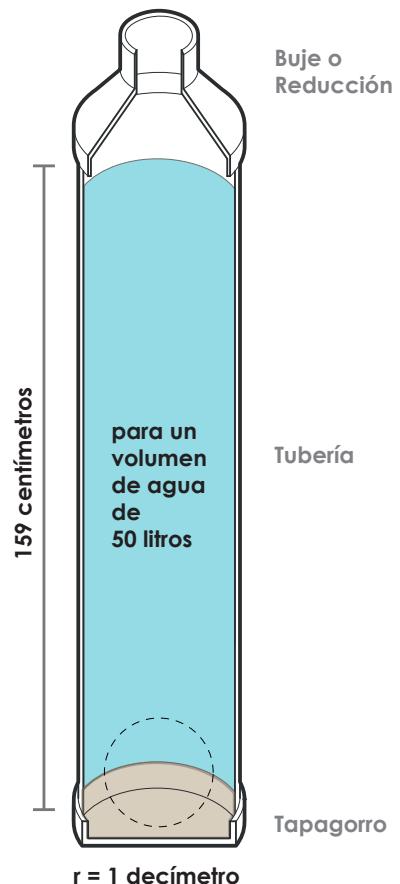
$$\text{Volumen del cilindro} = \pi \times 1 \text{ (decímetro)} \times h \text{ (decímetro)}$$

$$50 \text{ (litros)} = 3,14 \times 1 \text{ (decímetro)} \times h \text{ (decímetro)}$$

$$50 \text{ (litros)} / 3,14 = h \text{ (decímetro)}$$

$$h = 15,9 \text{ (decímetros)} = 159 \text{ (centímetros)}$$

Es decir, se necesitarían **159 centímetros de tubería** para fabricar el filtro.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

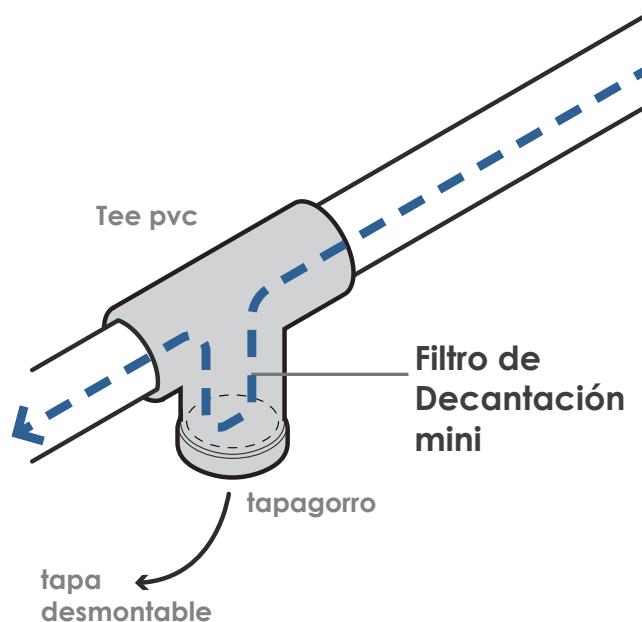
4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Mini filtro decantador

Incorporar una tee de registro (una pieza de fitting sanitario con forma de T y tapagorro), para interceptar el agua en algún punto de la canaleta recolectora, permite añadir un filtro de decantación al sistema. Esta pieza actuará decantando sedimentos que se arrastren en el agua hacia abajo, permitiendo que el agua fluya más limpia por la canaleta.

La tapa de esta pieza permite hacer limpieza del mecanismo, y debe ser mantenida frecuentemente. Esta es una forma sencilla de incorporar elementos filtrantes al sistema.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

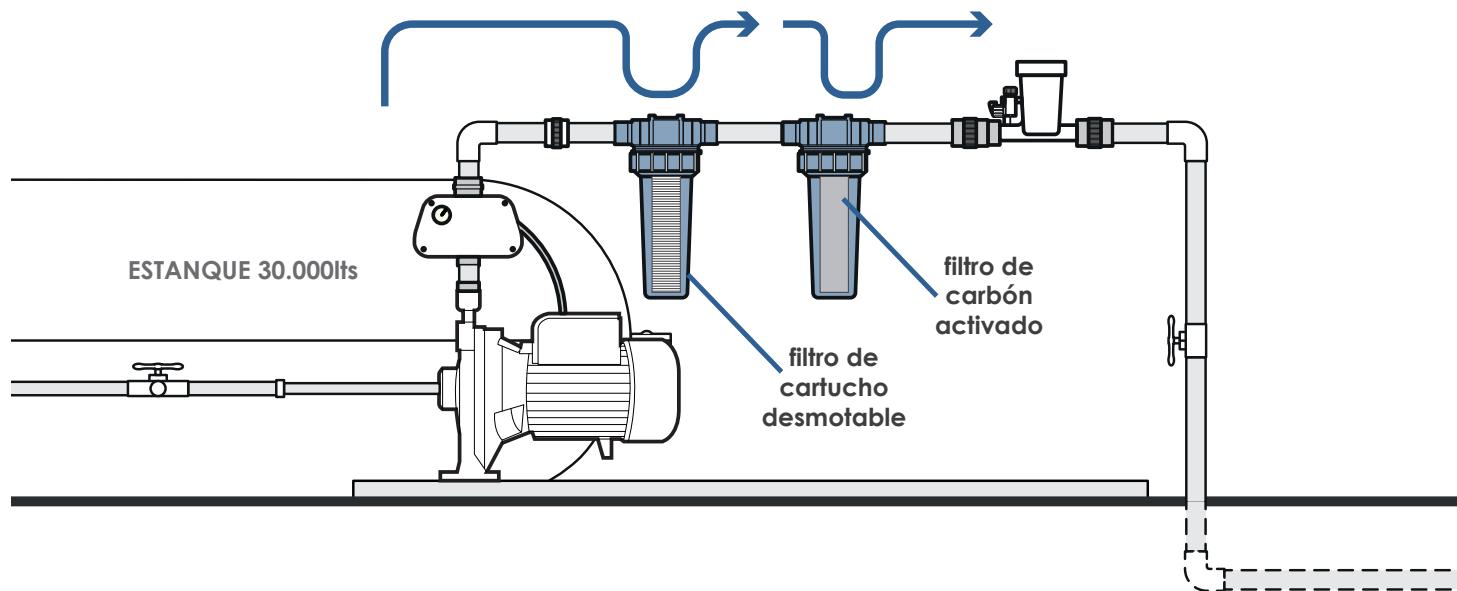
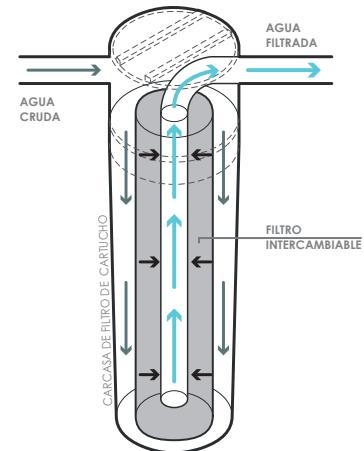
4.1.5. Sistema de tratamiento

Filtro de cartucho desmontable y filtro de carbón activado

Un filtro de cartucho es un elemento filtrante de forma cilíndrica y con el centro hueco. El agua fluye atravesando el cartucho de malla o membrana hacia adentro, reteniendo los sólidos en el exterior del cartucho.

Este cartucho debe ser lavado de forma frecuente y cambiado cuando muestre señales de deterioro. Este es un tipo de filtro de fácil acceso y operación sencilla.

Un filtro de carbón activado es un elemento filtrante que, mediante un lecho compuesto de carbón activo, retiene químicamente contaminantes contenidos en el agua. También constituye un filtro de fácil acceso y operación sencilla.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Desinfección

La desinfección es el último proceso, y uno de los más importantes para el tratamiento del agua destinada al consumo humano.

Su función es eliminar microorganismos patógenos que puedan estar presentes en el agua.

Para métodos de desinfección en áreas rurales y zonas remotas, es recomendable elegir aquellos que sean más rápidos y efectivos, que no afecten el color, olor o sabor del agua y que sean fáciles de aplicar y monitorear.

Además, es importante que el desinfectante deje una acción residual en el agua, para que el efecto perdure por más tiempo. Será determinante también la disponibilidad de energía eléctrica para evaluar los distintos mecanismos de desinfección.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Desinfección con cloro

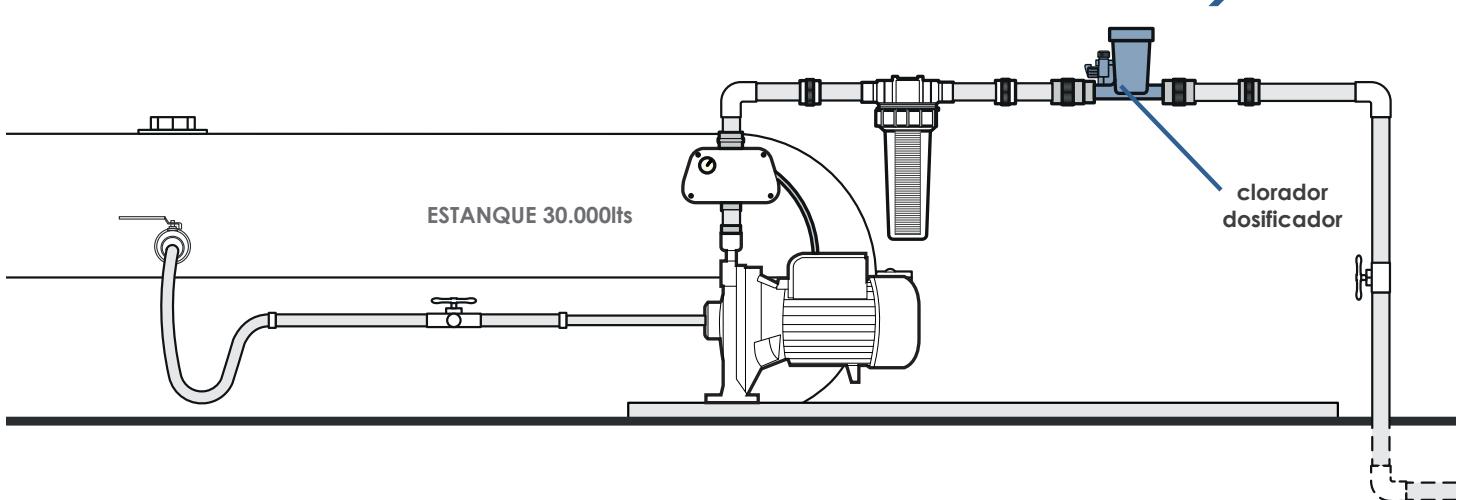
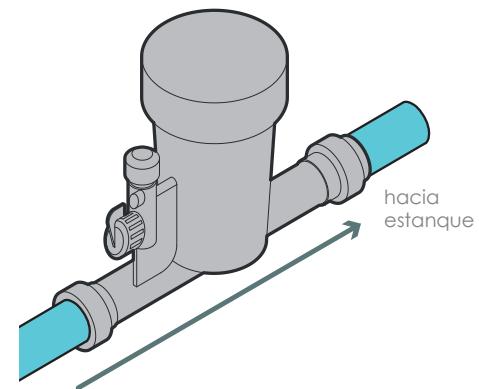
El cloro es uno de los métodos de desinfección más usados en áreas rurales y zonas remotas. Un equipo dosificador o alimentador de cloro será necesario como mecanismo de cloración. La disponibilidad de energía eléctrica en el terreno será un dato relevante a la hora de elegir un sistema dosificador.

El detalle muestra un equipo dosificador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración (HTH), las cuales se pueden obtener fácilmente de distribuidores locales.

Estos equipos son fáciles de manipular y de mantener, son económicos, duraderos y no requieren energía eléctrica para su funcionamiento. Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas.

Las tabletas se van reponiendo y la solución de cloro concentrado que se prepara en la cámara va cayendo al estanque.

En este caso, el equipo está instalado después del estanque de acumulación y justo antes de entrar al estanque de consumo inmediato.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Otros sistemas de desinfección

Teniendo en cuenta la oferta disponible en el mercado, te nombramos algunos otros sistemas de desinfección eficaces para la recolección de agua lluvia:

Existen sistemas con **tratamientos físicos** como:

- Osmosis inversa
- Radiación ionizante
- Luz ultravioleta
- Rayos gamma
- Ebullición de agua
- Congelación

Y sistemas con **tratamientos químicos** como:

- Ozono
- Permanganato de potasio
- Yodo líquido
- Tabletas de Bromo
- Peróxido de hidrógeno líquido
- Plata coloidal

La elección del método de desinfección más adecuado **dependerá de distintos factores como:** la calidad del agua a tratar, del caudal a desinfectar, de la disponibilidad de insumos locales, de la seguridad en la manipulación del sistema, de las capacidades de los operadores, de la disponibilidad de energía eléctrica, y otras múltiples variables.

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.5. Sistema de tratamiento

Almacenamiento de largo plazo

Si el agua cosechada va a estar almacenada durante un largo plazo, deben tenerse en consideración algunos resguardos especiales para evitar una contaminación del agua. Por razones sanitarias el agua **no** debiera en ningún caso permanecer almacenada por periodos superiores a 1 año.

Si necesitas mantener el agua en los estanques durante temporadas largas, como por ejemplo todo el invierno, lo más efectivo es asegurar que **el agua esté siempre circulando**. Esto exigirá vaciar o despichar el o los estanques para que ingrese agua fresca al sistema.

Vaciar una vez al mes, **un 10% de la capacidad del estanque** sería recomendable para estos casos. Para esta faena, se deberá implementar un cauce seguro para las aguas, o construir un sistema de drenaje.

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

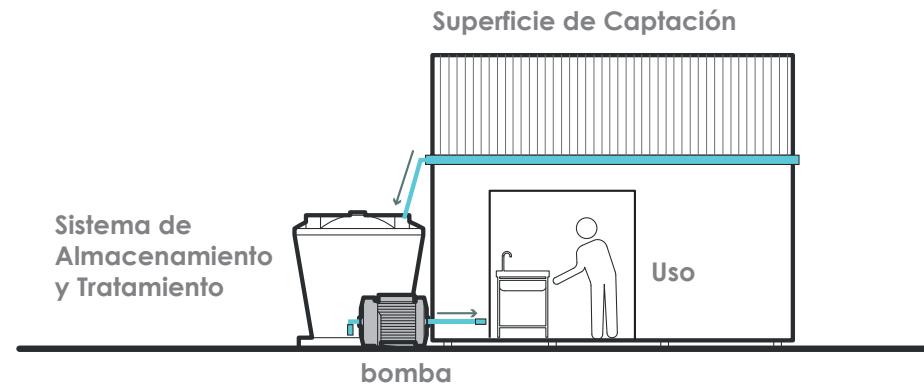
4.1.6. Sistema de distribución

Para diseñar el sistema de distribución, primero hay que entender la configuración de los distintos elementos del sistema y sus diferencias de cota.

La ubicación de la, o las superficies de captación de los estanques de almacenamiento y de los puntos de consumo, determinarán las posibilidades de usar la gravedad como medio de presión, o bien, la necesidad de instalar una electro-bomba.

Por lo general, el uso de la gravedad sólo es posible si la superficie de captación es distinta al punto de consumo, y está ubicada en una cota superior.

Si la superficie de captación está ubicada en el mismo lugar donde se encuentran los puntos de consumo, será necesaria una electro-bomba.



Distribución mediante electro-bomba. La superficie de captación coincide con el punto de consumo.

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

4.1.6. Sistema de distribución

Para implementar un sistema de distribución con presión mediante electro-bomba también hay varias alternativas. La forma más sencilla es mediante una bomba ubicada a la salida del estanque, que se active cuando se abran las llaves de agua en los puntos de consumo, pero, existen otras configuraciones que pueden aportar interesantes ventajas.



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.1. Componentes del sistema

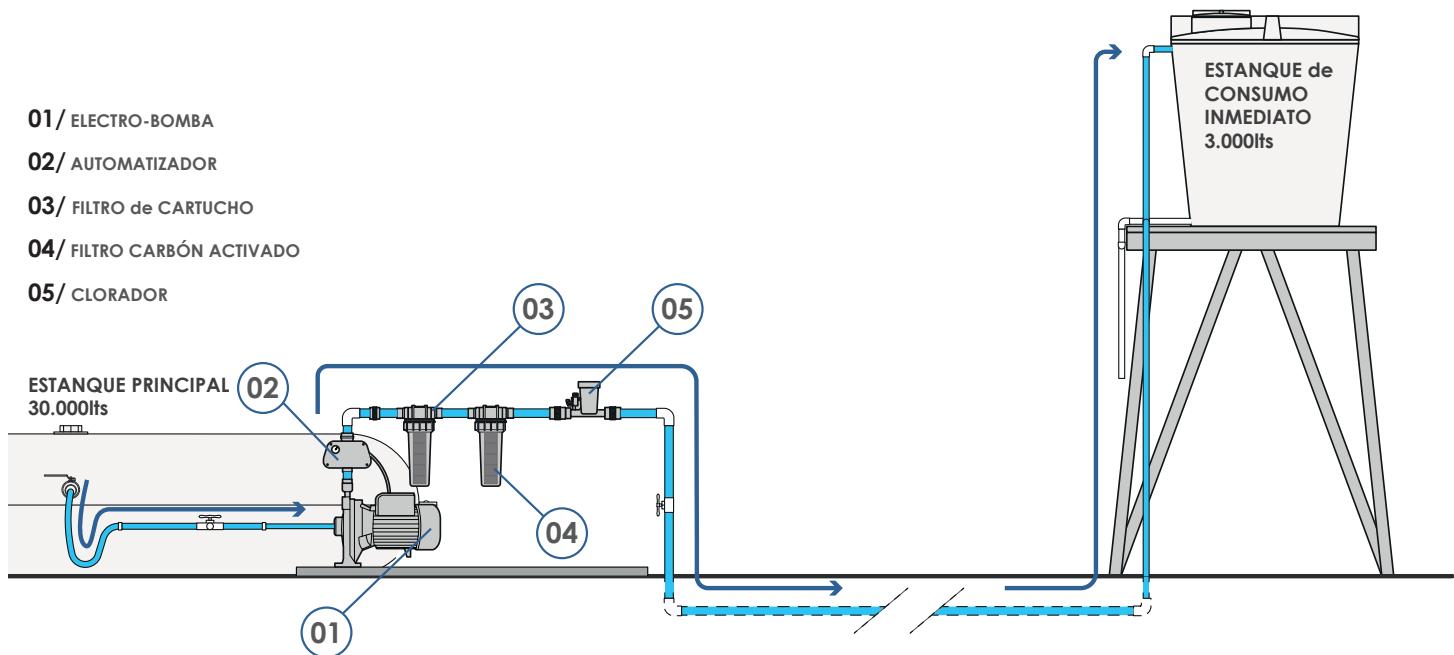
4.1.6. Sistema de distribución

En el siguiente detalle se muestra un sistema de dos estanques: un estanque de gran tamaño o **estanque principal**, y un estanque más pequeño de **consumo inmediato**.

La distribución de agua desde el estanque principal hacia el estanque de consumo inmediato, funciona mediante una electro-bomba, junto a un aparato automatizador que, en conjunto con un brazo flotador instalado al interior del estanque de consumo inmediato, activa la bomba cuando el nivel de agua baje de cierto punto.

Por otra parte, el estanque de consumo inmediato se encuentra elevado de manera que pueda distribuir el agua hacia los puntos de consumo por gravedad natural.

El detalle, además, muestra la desinfección (cloro) y tratamientos previos a la entrada del agua al estanque de consumo inmediato (filtros).



4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.2. Operación y mantenimiento

La mantención en general de este sistema es sencilla, y tanto los materiales como las piezas de reemplazo, son de fácil acceso en mercados locales.

Una adecuada mantención es vital para que todos los componentes duren muchos años de funcionamiento ininterrumpido.

Algunas de las faenas de operación consistirán en:

- > **Despicchar estanques de almacenamiento de largo plazo, disponiendo un cauce seguro para las aguas.**
- > **Limpiar sedimentos acumulados en filtros de primeras lluvias, abriendo la tapa inferior (tapagorro).**
- > **Limpiar sedimentos en filtro-mini decantador, abriendo la tapa inferior de éste.**
- > **Limpiar cartuchos de filtros, reposición de cartuchos, reposición de carbón activado u otras operaciones específicas de los sistemas de filtro implementados.**
- > **En caso de usarse sistemas de desinfección con cloro, se deberá medir la cantidad de cloro contenida en el agua tratada, para regular el artefacto dosificador y reponer el insumo de cloro correspondiente.**
- > **Operar el sistema de distribución encendiendo la bomba (en caso de no contar con automatizador).**

4. ¿Cómo diseñar un sistema de cosecha de aguas lluvia?

4.2. Operación y mantenimiento

Algunas de las faenas de mantenición consistirán en:

- > Reparar filtraciones de agua en techos, canaletas y acueducto.
- > Mantener estructuras de soporte y fijaciones
- > Lavado de estanques
- > Reposición de piezas y componentes