

UTILIZACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

Ing. en Rec. Hídr. (M.Sc.) Mario Basán Nickisch

INTA-EEA Reconquista

Ruta Nac. N° 11, Km 773

CP 3560 Reconquista, Santa Fe, Argentina

TE/FAX: (54)(3482)420117

E-mail: mbasan@correo.inta.gov.ar

Resumen:

En diversas regiones de Argentina es importante analizar el potencial aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano mediante tecnologías apropiadas para el consumo humano. Especialmente teniendo en cuenta que los recursos hídricos subterráneos en muchos ambientes tienen por lo general problemas de cantidad y/o calidad y donde el Estado da respuestas parciales de solución.

La demanda de los Territorios de trabajo del INTA ha sido sistemática para el abastecimiento de las poblaciones rurales y periurbanas y de su producción. En el caso específico del consumo humano se ha desarrollado tecnología apropiada en base al recurso hídrico disponible respetando los conocimientos existentes.

Un tema prioritario fue conocer la fuente de agua disponible, para ello se realizaron estudios estadísticos de la variable de entrada: la precipitación, aplicándole modelos probabilísticos estadísticos con análisis de baja recurrencia.

Eso permitió analizar series anuales de precipitaciones lo suficientemente largas para tener la garantía de contemplar los años hidrológicos secos, húmedos y medios y satisfacer la demanda de agua todos los años.

Las superficies de captación consisten en techos ya existentes bien acondicionados con diversos materiales que garanticen la estanqueidad y el escurrimiento o directamente en superficies con techos de chapa de zinc implementadas específicamente para lograr el volumen requerido.

En las canaletas y bajadas se implementan prefiltros de malla plástica y con el tamaño suficiente y cantidad para que sean capaces de manejar y conducir las lluvias, cualquiera sea su intensidad.

Luego se instala un filtro para terminar de eliminar las impurezas de la superficie de captación. Esto garantiza el almacenamiento de agua limpia, que es fundamental en el tratamiento posterior del accionar del cloro o lavandina.

Los depósitos pueden ser de diferentes materiales (mampostería, ferrocemento, plástico, etc.). Y siempre es conveniente que tengan mecanismos de extracción del agua que permitan el cierre adecuado del reservorio.

A las familias se las debe capacitar en el tratamiento del agua mediante cloración o hervido para que ésta sea segura para el consumo humano y también en el mantenimiento de las diversas partes del sistema.

Palabras claves: agua de lluvia, consumo humano, tecnologías apropiadas, agua segura.

Introducción:

Las poblaciones, especialmente aquellas de las regiones semiáridas y áridas de la Argentina tienen la cultura de captar agua tanto para el consumo propio como el de sus producciones (animales y pequeños riegos por escorrentía).

Para el consumo humano las poblaciones rurales se abastecen de represas donde ingresan y consumen agua también los animales, con las consecuencias sanitarias de consumir un agua bacteriológicamente contaminada.

Es un desafío lograr que esas represas estén cercadas y que el agua se extraiga a través de mecanismos de bombeo para poder filtrar y tratar el agua para el consumo humano por un lado y lograr el manejo y distribución para los animales y huertas.

Otra metodología muy común es la de construir depósitos de mampostería (aljibes, calicantos, etc.), los cuales han demostrado ser altamente eficientes en el almacenamiento de agua, con construcciones de varias décadas, sin mostrar deterioros en su construcción.

Algunos de los problemas de estos sistemas consisten en que son construidos sin el diseño apropiado ni las normas constructivas adecuadas y se ocupan materiales de baja calidad.

Muchas veces las áreas de captación no tienen las dimensiones acordes a las precipitaciones del lugar ni al volumen que se requiere captar. Sus materiales son inadecuados para poder captar el agua de lluvia en su superficie, para luego dirigirla al depósito.

Las canaletas y bajadas no tienen el tamaño ni el número necesario para poder conducir toda el agua captada por los techos hacia los depósitos cuando se producen lluvias de alta intensidad.

Entre la superficie de captación (los techos) y el depósito en la mayor parte de los casos no hay mecanismos de filtrado de los materiales que pudieran existir al momento de las lluvias (material vegetal, insectos, sedimentos, etc.) lo que pone en riesgo la calidad del agua almacenada.

Los depósitos de almacenamiento generalmente no disponen de cierre superior, ni de mecanismos de bombeo para extraer el agua, tampoco mecanismos de rebalse, ni mecanismos de tratamiento del agua para conservarla segura para el consumo humano.

Objetivo: Lograr sistemas de captación, almacenamiento, tratamiento y manejo del agua de lluvia que permitan satisfacer las demandas de consumo humano, diseñados de acuerdo a las lluvias del lugar, bajo la premisa de tecnologías apropiadas para ambientes rurales y periurbanos.

Materiales y métodos:

Los sistemas constan básicamente de:

- a) Un área de captación.
- b) Un sistema de canaletas y bajadas.
- c) Un sistema de prefiltrado, cucharas y cámaras de inspección.
- d) Un sistema de filtrado.
- e) Un depósito de almacenamiento.
- f) Un mecanismo de bombeo para extraer el agua.
- g) Un tratamiento de potabilización.

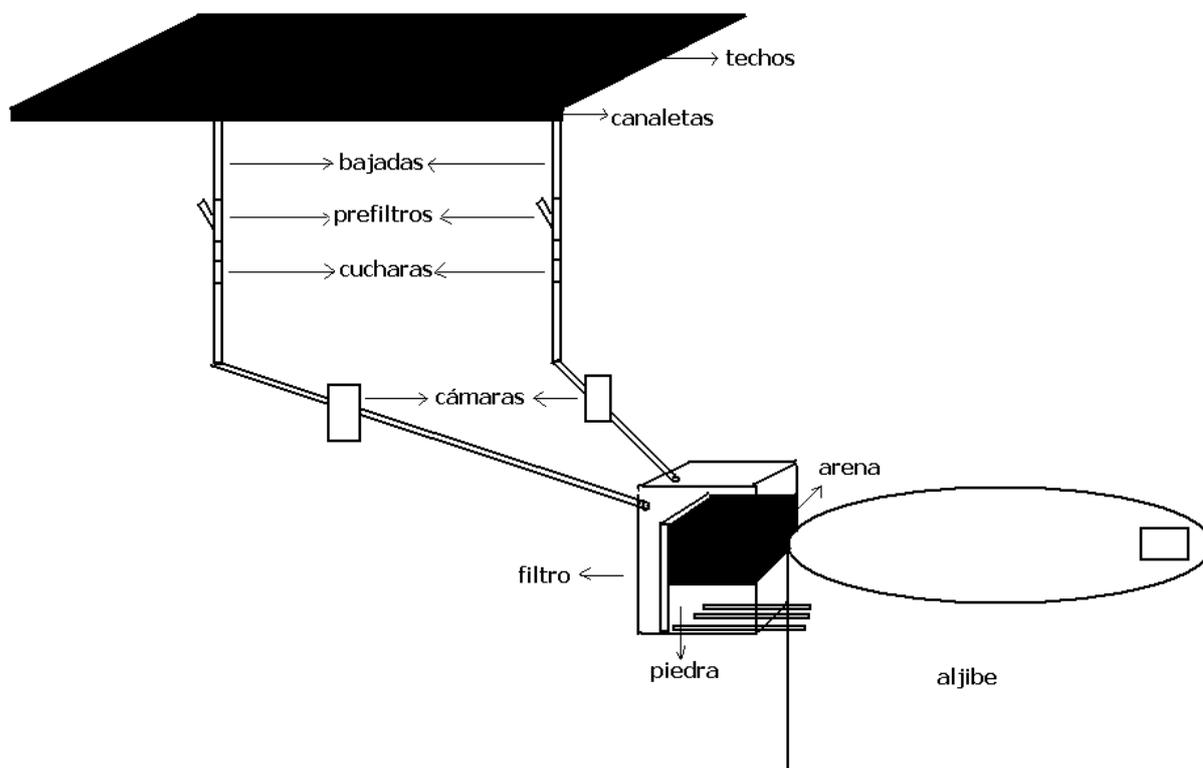


Figura 1: Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia, tratamiento y almacenamiento básico elaborado por Técnicos de INTA.

a) *El área de captación* pueden ser techos existentes reacondicionados o superficies nuevas compuestas por chapas de zinc con sistemas de soporte que permitan un desnivel adecuado para el escurrimiento superficial y lo suficiente robustos para que resistan el embate de los vientos extremos del lugar.

Su superficie sale del análisis de las lluvias del lugar, siendo recomendable contar con series de precipitaciones anuales lo suficientemente extensas (30 a 40 años como mínimo) para contemplar períodos hidrológicos secos, húmedos y medios.

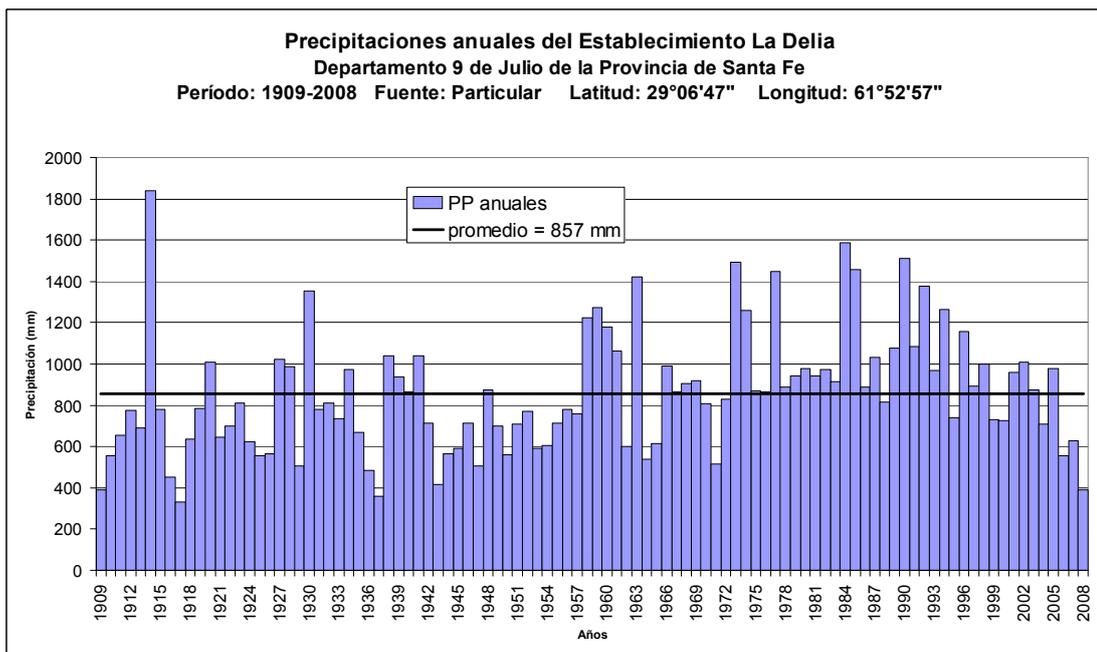


Figura 2: Precipitaciones anuales del Establecimiento “La Delia”, Dpto. 9 de Julio, Provincia de Santa Fe, Argentina.

En la Figura 2 se puede apreciar la alta componente aleatoria de la variable precipitación. Por ello, no se debe trabajar con los valores promedios históricos para captar agua de lluvia.

Se recomienda realizar análisis probabilísticos de esta variable, en base al mejor ajuste de los Modelos desarrollados para tal efecto (Normal, Log Normal, Wakeby, Pearson, Log Pearson, Exponencial, General de Valores Extremos), recomendándose trabajar con un período de retorno o recurrencia de 1,25 años.

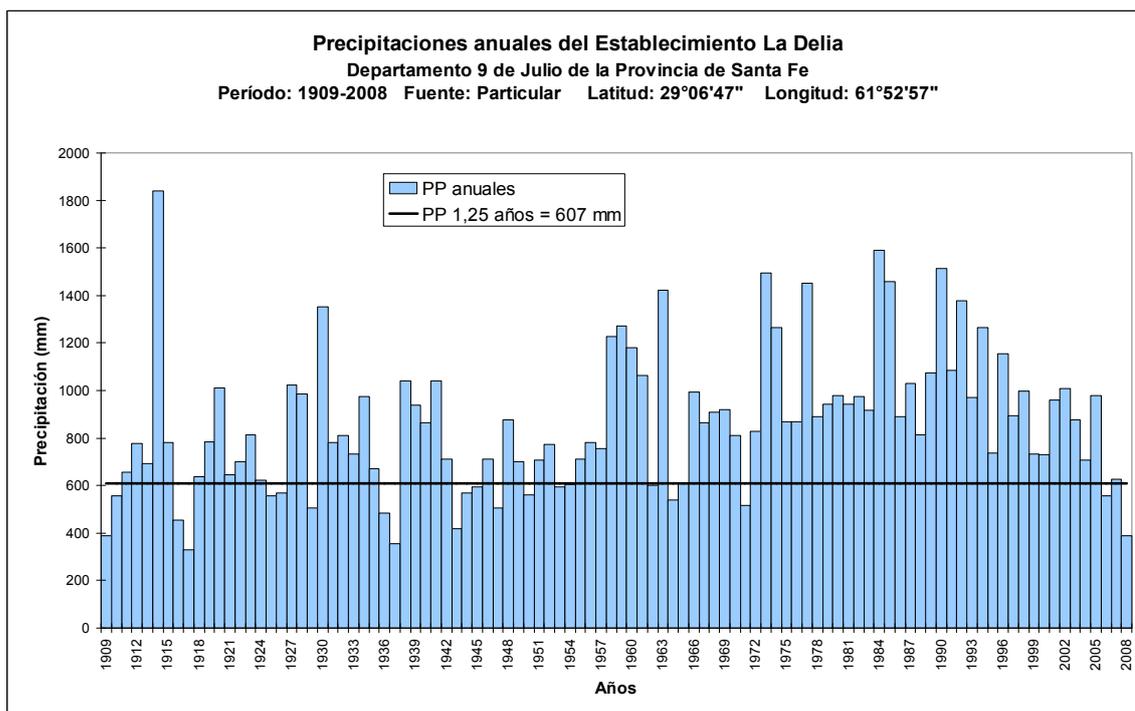


Figura 3: Recurrencia de 1,25 años para precipitaciones anuales del Establecimiento “La Delia”, Dpto. 9 de Julio, Provincia de Santa FE, Argentina.

Esto minimiza el riesgo de quedarse sin agua en los años hidrológicos secos.

La otra variable de diseño es la demanda que se debe cubrir, por ello se analiza la cantidad de personas que van a ser abastecidas por ese sistema de agua.

Esa variable (cantidad de personas que se deben abastecer) se calcula en base a la curva de crecimiento de la población en 20 ó 30 años, o directamente se realiza un incremento en un 20 ó 30% de la población actual que se quiere abastecer.

Además, se asume que un 10% del agua que cae en la superficie de captación no llegará al depósito de agua por salpicaduras ante lluvias de alta intensidad y por potenciales pérdidas en los mecanismos de conducción hasta el depósito, más el manejo no prolijo de extracción hasta el consumo.

Por lo tanto, de la fórmula siguiente: Volumen = Superficie x Altura, se despeja la variable que se quiere calcular:

$$\text{Superficie} = \text{Volumen} / \text{Altura}$$

Donde:

Superficie: es la superficie de captación de diseño del sistema que se busca (m²).

Volumen: se calcula en base a la cantidad de personas que se quiere abastecer (curva de crecimiento de 30 años o un 20 ó 30% de incremento de la población actual) más un 10% de incremento previendo pérdidas, con un consumo promedio de 3 a 5 litros/día por persona en los 12 meses (m³).

Altura: precipitación anual con una recurrencia de 1,25 años (m).

b) *El sistema de canaletas y bajadas.*

El Sistema de canaletas y bajadas es la parte más económica del sistema y se ha detectado que normalmente es la principal falla en esos sistemas (roturas, subdimensionamiento, malas instalaciones, etc.)

Las canaletas deben ser lo suficientemente grandes para que puedan conducir el agua captada en los techos, cualquiera sea la intensidad de la lluvia, con un diámetro no inferior a 100 a 115 mm.

Deberán contemplar bajadas con cañerías de zinc o PVC de alto impacto (clase 6 ó 10) diámetro de 100 a 115 mm, previendo una bajada en las canaletas por cada 25 a 30 metros cuadrados de superficie de captación.

El material de las mismas puede ser de PVC o de zinc, donde su encastre debe ser perfecto y tener suficientes ganchos de sujeción para que soporten el peso de las mismas con su máxima carga de agua, siendo recomendable que los ganchos se ubiquen cada 1,5 m de espaciamiento y estén bien empotrados a la pared o techo.

Las canaletas es conveniente que se instalen con un desnivel adecuado para que el agua escurra sin dificultad hacia las bajadas, con una pendiente de 0,005 (5 cm por cada 10 m de longitud).

Siempre deben limpiarse antes y durante el período lluvioso, prestando la atención necesaria a las hojas y cualquier otro elemento que puedan saturar el sistema de prefiltrado y filtrado.

c) *Un sistema de prefiltrado y cucharas.*

Siempre es conveniente que todos los caños de bajada tengan un sistema de prefiltrado, consistente en una bifurcación de cañerías con una malla plástica fijada con una abrazadera y tres remaches o tornillos pasantes, que impide el paso de basura (material vegetal, insectos, etc.)

Es un mecanismo muy práctico en su instalación, en su funcionamiento y en su limpieza, ya que con la introducción de una mano se puede retirar los elementos retenidos.



Figura 4: Sistema de prefiltrado y cuchara para eliminar el material vegetal, insectos y sedimentos proveniente de los techos.

El sistema de cuchara es muy práctico para eliminar los sedimentos con el primer escurrimiento de las primeras lluvias. El agua sucia se deriva hacia otro sector (puede almacenarse para el riego de huertas) y cuando el agua comienza a salir limpia se cierra y pasa el agua limpia al depósito.

La cuchara tiene el gran problema que si no hay personas en el momento de la lluvia, o se pierde toda el agua de esa lluvia porque nadie la cierra, o pasan sedimentos al depósito por no estar abierta. Ninguna de estas dos cosas es deseable en los sistemas que se proponen.

Este problema del manejo de las cucharas se maximiza en los Establecimientos Escolares, donde las mejores tormentas para captar agua de lluvia se producen en el verano durante el receso escolar.

Se pueden implementar cámaras de inspección, una por cada bajada planificada, construidas con mampostería o ferrocemento y tapas con buen cierre, con una altura tal que no permita el ingreso de agua superficial de escurrimiento, cualquiera sea su origen. Las mismas son útiles especialmente en aquellas cañerías de una determinada longitud donde puede haber riesgos de sedimentación y necesidad de limpiezas periódicas de sedimentos.

d) *Un filtro de arena* antes del ingreso al depósito.

Para eliminar el inconveniente de tener que estar presentes en el momento de las lluvias para manejar las cucharas y poder desviar el agua con sedimentos e impurezas Técnicos del INTA junto con Productores diseñaron sistemas de filtros de arena que no permiten el paso de esos sedimentos ni de cualquier otro elemento que pudiese haberse filtrado en el prefiltro o en las cámaras de inspección.

Al filtro se lo puede construir de mampostería o con ferrocemento. Comienza con una loza inferior, en la cual va apoyada la cañería perforada con orificios de 8 a 10 mm de diámetro en el sector filtrante. Esta cañería une el filtro con el depósito de agua.

El número y diámetro de esas cañerías debe ser igual o superior al de las cañerías de llegada que provienen del área de captación. Con esto se logra que el filtro no vea rebasada su capacidad de funcionamiento ante lluvias de alta intensidad.

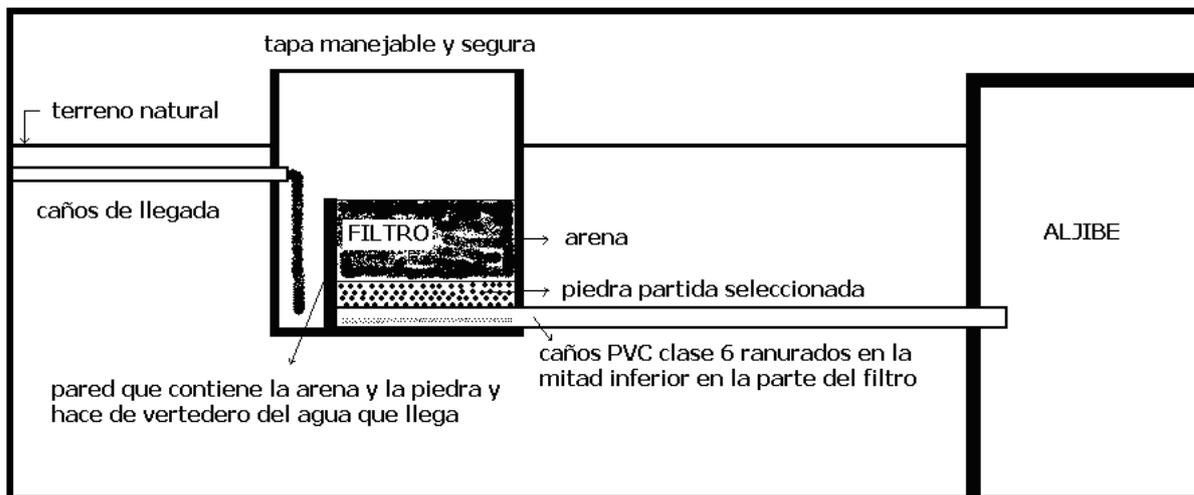


Figura 5: Sistema de filtrado de agua proveniente de la superficie de captación para eliminar sedimentos y almacenar agua limpia en el depósito. Diseño llevado a cabo por Técnicos de INTA.

Si se decide construirlos con mampostería, las paredes del filtro se construyen de 15 cm de espesor con ladrillos comunes de barro cocido de buena calidad, unidos con mezcla de cemento normal CPN 40 y arena, con un revestimiento interior que contemple también material hidrófugo, para que sea estanco.

Las cañerías de llegada deben desembocar en un primer compartimento sin elemento filtrante, que haga de decantador, para luego por una pared que separa a este compartimento del filtro hace que el agua que ingresa pase a la superficie

filtrante por vertedero, por lo cual esa pared debe estar perfectamente nivelada a cero.

La superficie filtrante del filtro de arena va acorde a la superficie de captación: por cada 100 metros cuadrados de superficie de captación se recomienda 1 metro cuadrado de superficie filtrante de arena.

El filtro en la parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) debe cargarse con piedra partida de $\frac{3}{4}$ e incluso con piedra de menor tamaño, por ejemplo de 1 a 2 mm de diámetro, con un espesor de 30 cm. Luego debe ir arena gruesa con un espesor de 20 cm y por último 10 cm de arena fina hasta alcanzar la pared de vertedero que une con el primer compartimento.

El material filtrante es la arena fina. Ésta es sostenida por la arena gruesa y, a su vez, ésta es sostenida por la piedra partida. La función de la piedra partida es no permitir la filtración de la arena a través de la cañería agujereada al depósito de agua.

El filtro debe poseer una tapa segura y práctica para inspeccionar su limpieza y funcionamiento, que puede ser una losa de espesor mínimo o directamente de chapa con articulaciones, a la cual se le puede colocar un sistema de seguridad, como un candado. Antes de las primeras lluvias y durante el período lluvioso del verano debe inspeccionarse para corroborar su limpieza y la buena disposición del material filtrante.

Una variante a este diseño es la siguiente:

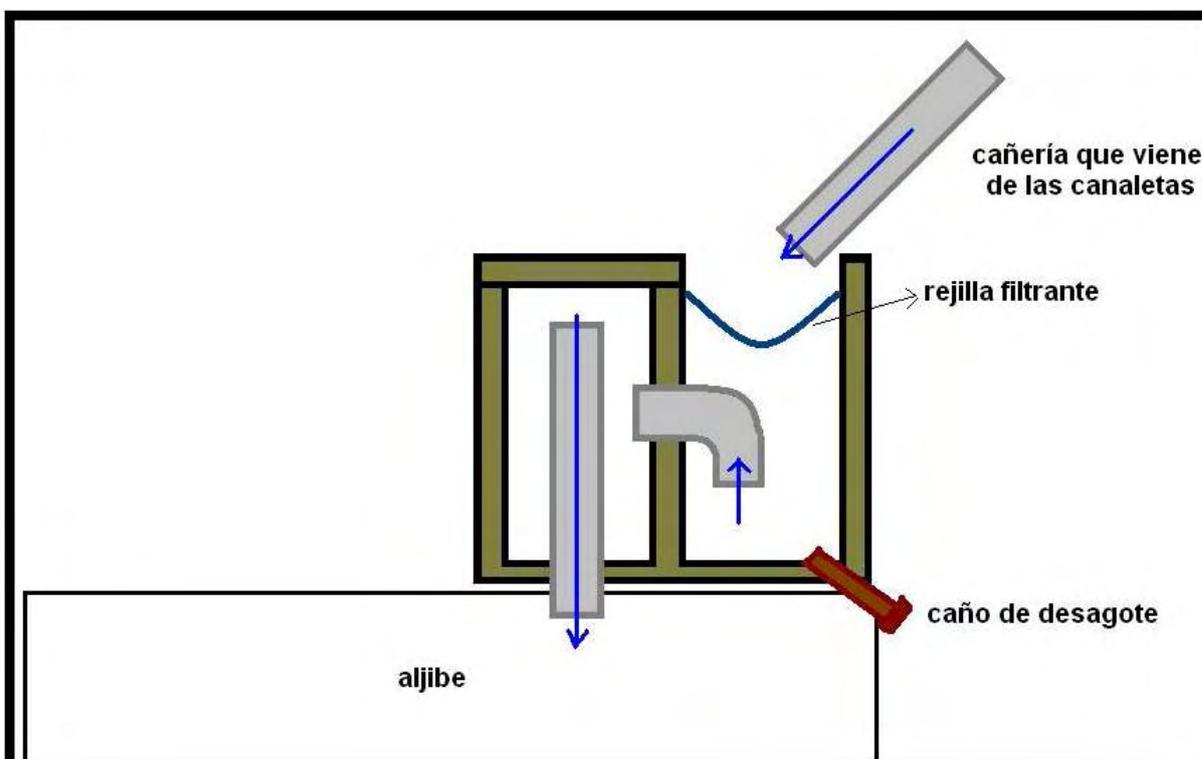


Figura 6: Sistema de filtrado de agua proveniente de la superficie de captación para almacenar agua limpia en el depósito. Diseño del Productor Alejandro Lahite.

e) *Un depósito de almacenamiento* que permita conservar el agua durante todo el año.

Su volumen se calcula en base a la cantidad de personas que se quiere abastecer (curva de crecimiento poblacional para 20 ó 30 años, o adoptando directamente que va a existir un 20 ó 30% de incremento de la población actual) más un 10% de incremento previendo pérdidas, con un consumo promedio de 3 a 5 litros/día por persona en los 12 meses del año.

El depósito de almacenamiento se puede construir de diversos materiales (mampostería, ferrocemento, plástico, madera, metálico), donde deben prevalecer las normas constructivas que garanticen su comportamiento ingenieril en lo que hace a soportar adecuadamente presiones externas e internas, y una adecuada estanqueidad en lo que se considere su vida útil, siendo deseable que la misma sea de 30 a 50 años como mínimo.

Es importante consultar a los usuarios acerca de los materiales, preferencias, analizar alternativas de costos, lugares de implementación por el acceso de materiales de construcción, costumbres / idiosincrasias, capacidad local constructiva, por alguna de las alternativas.

Pueden ir enterrados, semienterrados o en superficie, dependiendo de la capacidad portante de los suelos, de la existencia de piedras en el perfil del suelo, de la existencia de agua subterránea con niveles muy altos, donde su dimensionamiento y diseño deberá contemplar estas alternativas.

Pero lo que es muy importante es su ubicación. Es altamente recomendable que no se encuentre cerca de potenciales focos de contaminación: letrinas, pozos sépticos, basurales, etc. Su entorno debe estar convenientemente higienizado y libre de animales domésticos, en lo posible con un cercado perimetral que impida el ingreso cercano de esos animales.

Deben tener cañería de rebalse con malla de plástico reforzada para impedir el ingreso de animales a una altura tal que no pueda entrar el agua por escorrentía superficial.

Siempre es conveniente que tengan un acceso superior seguro y práctico más una escalera interior para poder entrar periódicamente a inspeccionar/limpiar/arreglar filtraciones al depósito.

Es deseable que estos depósitos siempre tengan un diseño cilíndrico, para uniformizar tanto las presiones externas del suelo como las internas del agua.

Los depósitos construidos con mampostería son altamente confiables si se construyen con materiales adecuados y se siguen las normas ingenieriles básicas, donde la experiencia de los productores en muchas zonas del país indican que nunca tuvieron problemas, con más de 50 años de haberse construido.

En la parte inferior, cuando los suelos son colapsables, siempre es conveniente arrancar con hormigón de cascote con un espesor de 10 a 30 cm, en directa relación con la capacidad del depósito. A mayor capacidad, mayor espesor.

Luego se realiza una loza inferior de hormigón armado de 10 cm de espesor, con hierro de 10 mm de diámetro.

Las paredes laterales se construyen con un espesor de 15 cm para depósitos de hasta 15.000 ltrs de capacidad, luego se recomienda paredes de 20 cm de espesor hasta 30.000 litros, para luego hacer paredes de 30 cm de espesor para depósitos de más de 30.000 ltrs.

Es importante elegir ladrillos cocidos de alta calidad, cemento portland normal CPN 40 con agua de buena calidad. Cuando se dispone de agua con sulfatos para la construcción se debe ocupar cemento puzolánico tipo CP40.

Los encadenados laterales deben ir cada 2 m de altura con hierro de 8 mm de diámetro, y un revoque de 1 a 2 cm de espesor con material hidrófugo.

El depósito debe terminar con una tapa de loza de 10 cm de espesor, donde se le puede construir una viga central para mayor seguridad.

En el caso de depósitos construidos con ferrocemento, se puede pedir mayores detalles al Técnico especializado en esta tecnología, Guillermo López (tecnosapropiadas@yahoo.com.ar), perteneciente a la SsAF con sede en Santiago del Estero y participante del Proyecto de Investigación del INTA PE AERN 291682 "Manejo Integral del Agua para la Agricultura Familiar y Productores de Secano"

Otra opción de depósito son los tanques de plástico, que según la demanda, pueden ir complementarios hasta lograr el volumen final:

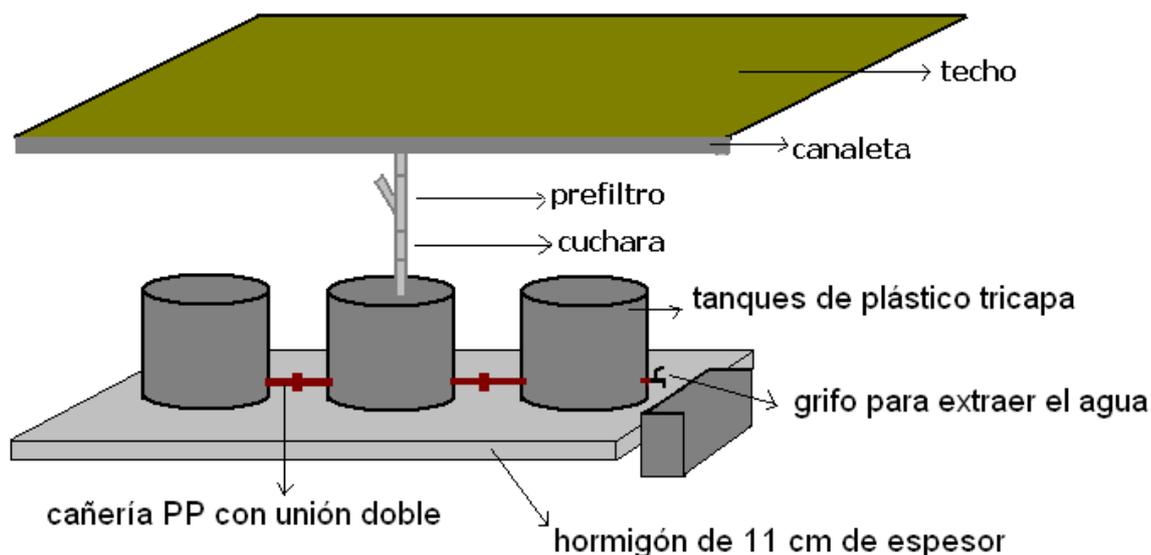


Figura 7: Diseño de un sistema de captación de agua de lluvia con tanques de plástico elaborado por Técnicos de INTA.

f) *Un mecanismo de bombeo para extraer el agua.*

Siempre es conveniente implementarle al depósito una bomba centrífuga domiciliaria si se dispone de corriente convencional (220 V) o alimentada con energía eólica o solar. La alternativa de bombeo mediante una bomba manual para la extracción del agua almacenada es totalmente válida, tanto para extracción como para elevarla a depósitos elevados.

Esto minimiza los riesgos de contaminar el agua debido a la apertura de la boca del depósito y a la introducción de tarros o baldes con sogas para poder extraer el agua y el peligro de accidentes de las criaturas especialmente. También contrarresta la posibilidad de proliferación de mosquitos (dengue) ni otros insectos.

g) *Un tratamiento de potabilización del agua almacenada.*

Después que el agua pasó por el prefiltro y el filtro se almacena limpia en el depósito, todavía no potable, ya que puede contener elementos patógenos que pongan en riesgo la salud de las personas por consumir esa agua sin terminar de tratar.

Una opción es hervir el agua durante 3 a 5 minutos para que se convierta en segura para el consumo humano.

La otra opción es agregarle cloro en la medida justa, de manera tal que tenga un cloro residual de 0,2 mgr/lt, según recomienda la Organización Mundial de la Salud.

Según investigaciones efectuadas por el INTA, con una gota de lavandina de calidad reconocida y sin vencimiento de su uso, es suficiente para lograr esa concentración de cloro residual, y en los aljibes se mantiene durante 30 a 45 días su capacidad de contrarrestar potenciales contaminaciones. Esto se debe a una temperatura mínima en el interior y a la escasa a nula luminosidad en su interior.

Cualquiera de las 2 metodologías es válida, pero el efecto residual del cloro de contrarrestar posteriores contaminaciones hace que tenga mayor garantía de potabilidad en el tiempo para el agua almacenada en los depósitos o aljibes.

Análisis y conclusiones:

Se ha evaluado técnica y socialmente que estos sistemas constituyen una alternativa válida para solucionar la demanda para el consumo humano en ambientes rurales y también en ambientes urbanos.

Se respetan los sistemas tradicionales de usos y costumbres de utilización de agua de lluvia para satisfacer la demanda del consumo humano, donde se pone énfasis en la implementación de los mecanismos complementarios, o de adecuado dimensionamiento, para dotar de agua en cantidad y calidad durante todo el año.

Estos sistemas funcionan tanto para unidades familiares como para sistemas comunitarios.

Si los sistemas son comunitarios es indispensable organizar a los usuarios en el uso equitativo del recurso, elaborando acuerdos y hasta un Reglamento de Uso junto con ellos donde queden en claro los derechos y obligaciones de cada familia. Es altamente deseable que el acuerdo o reglamento quede plasmado por escrito incluyendo a todos los usuarios del sistema.

Es indispensable que la población abastecida con estos sistemas cuente con fuentes alternativas (agua subterránea, canales, arroyos, ríos, etc.) para satisfacer la demanda de los otros usos domiciliarios, el de sus animales y para el riego de las huertas y de sus cercos o pasturas.

Estos sistemas pueden ser instalados y/o construidos, operados y mantenidos por los propios usuarios en base a una adecuada capacitación.

Son necesarias las capacitaciones en la implementación de cada una de las partes de los mismos, en la dosificación de cloro o lavandina y en enfermedades hídricas y aspectos sanitarios de estos sistemas.

Actualmente se encuentran construidos y en funcionamiento sistemas de estas características en varios puntos del país, con diversas variantes, de acuerdo a la demanda planificada y al tipo de uso para el cual se han proyectado, siendo manejados y mantenidos íntegramente por los propios usuarios.

Referencias:

Anaya Garduño, M. (1998) Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para uso doméstico y América Latina y El Caribe, IICA, México.

Basán Nickisch, M. H. (2010) Manejo de los Recursos Hídricos en Áreas de Secano, INTA-EEA Santiago del Estero.

Basán Nickisch, M. H. (2006) Sistemas Comunitarios que utilizan el agua de lluvia con propósitos múltiples, Mini Foro Iberoeka de Ica, Perú.

Basán Nickisch, M. H. (2003) Utilización del agua de lluvia con propósitos múltiples, XI Conferencia Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, México.

Basán Nickisch M. H. (2001) Captación y Manejo del Agua de Lluvia en Zonas Semiáridas y Áridas, 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, Campina Grande, Brasil.

Basán Nickisch M. H. (2000) Aprovechamiento del Agua de Lluvia en Zonas Semiáridas y Áridas, Congreso Nacional del Agua, Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

Irurtia C. y Michelena R. (1989) Manejo de Suelos y Aguas en la Región Chaqueña Semiáridas (I.N.T.A. - CO.NA.P.H.I.), Seminario Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras, Buenos Aires, Argentina.

Monteiro Rocha H., de Souza Silva A. y Teixeira de Lima Brito L. (1988) Captação de água de chuva no semi-árido brasileiro. Circular Técnica Nº 16 de Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Brasil.

Velasco Molina H. A. (1987) Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas, Campo 006. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia del Chaco.- PNUD – FAO, Argentina.