

GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA



**Organización
Panamericana
de la Salud**



*Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud*

**ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y
SALUD AMBIENTAL**



**Centro Panamericano de
Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente
CEPIS/OPS**



Lima, 2004

Tabla de contenido

	Página
1. Introducción	3
2. Ventajas y desventajas	3
3. Factibilidad	3
3.1 Factor técnico	4
3.2 Factor económico	4
3.3 Factor social	4
4. Componentes	4
5. Tratamiento	8
6. Diseño	8
6.1 Bases del diseño	8
6.2 Criterios de diseño	8
Ejemplo 1	10
Ejemplo 2	14
7. Bibliografía	15

Lista de cuadros

Cuadro 1 Datos básicos	12
Cuadro 2 Cálculo para un techo de 50 m ²	13
Cuadro 3 Cálculo para un techo de 60 m ²	13
Cuadro 4 Cálculo para un techo de 65 m ²	13

Lista de figuras

Figura 1 SCAPTA Sistema de captación de agua pluvial en techos	5
Figura 2 Canaletas de recolección	6
Figura 3 Interceptor de primeras aguas	7
Figura 4 Tanque de almacenamiento	7

Guía de diseño para captación del agua de lluvia

1. Introducción

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como **SCAPT** (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta.

La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

2. Ventajas y desventajas

La captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia,
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas,
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales,
- No requiere energía para la operación del sistema,
- Fácil de mantener, y
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección.

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos, y
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

3. Factibilidad

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

3.1 Factor técnico

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

- a) *Producción u “oferta” de agua*; está relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- b) *Demanda de agua*; La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

3.2 Factor económico

Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales.

Los aspectos de higiene personal y lavado de ropa deben atenderse con otras fuentes de agua. Asimismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

3.3 Factor social

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

4. Componentes

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento (véase figura 1).

- a) *Captación*: La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo.

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc. La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se requiere una buena fuente de arcilla y combustibles para su cocción.

El forraje (paja) por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de bebida.

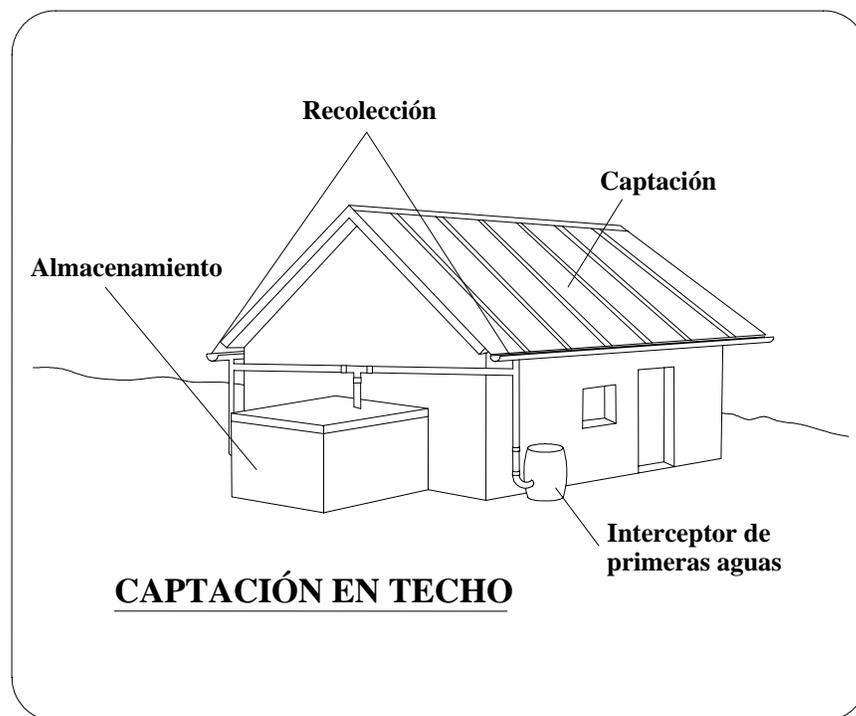


Figura 1. SCAPT - Sistema de captación de agua pluvial en techos

- b) *Recolección y Conducción*: Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo (véase figura 2).

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Para el caso de las primeras aguas es necesario contar con un dispositivo de descarga, pues constituyen una posible fuente de contaminación.



Figura 2.
Canaletas de recolección

- c) *Interceptor*: Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente (ver figura 3). En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo.
- d) *Almacenamiento*: Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario, en especial durante el período de sequía (ver Figura 4). La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:
- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración,
 - De no más de 2 m de altura para minimizar las sobre presiones,
 - Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar,
 - Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias,
 - La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
 - Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes:

- Mampostería para volúmenes menores 100 a 500 L
- Ferrocemento para cualquier volumen.
- Concreto para cualquier volumen.

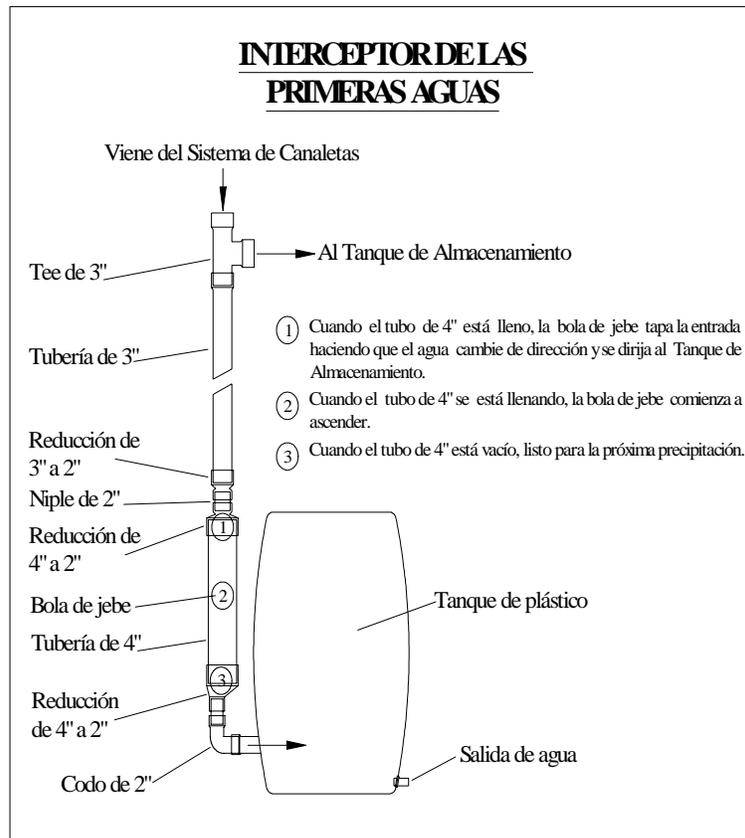


Figura 3. Interceptor de Primeras Aguas

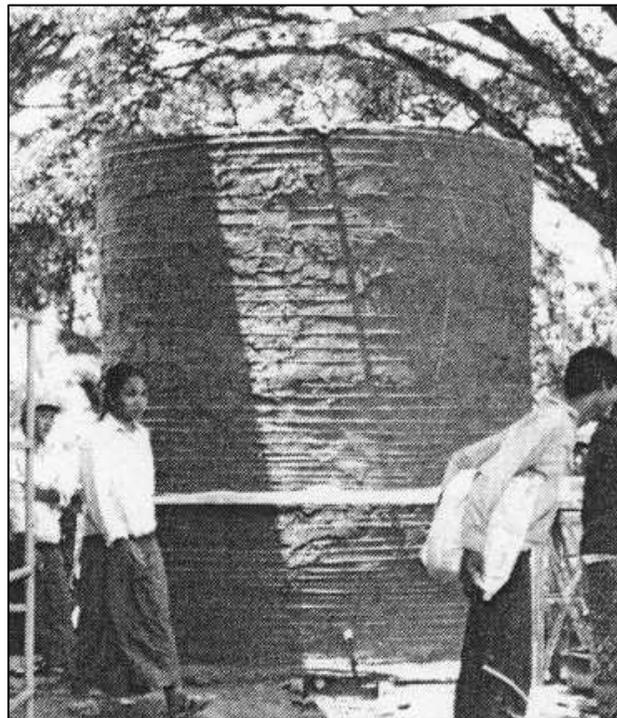


Figura 4. Tanque de Almacenamiento

5. Tratamiento

Es necesaria que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta. El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.

6. Diseño

6.1 Bases del diseño

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años,
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación,
- Número de personas beneficiadas, y
- Demanda de agua.

6.2 Criterios de diseño

Este método conocido como: “**Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento**” toma como base de datos la precipitación de los 10 ó 15 últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina a) el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento, o b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo.

Los datos complementarios para el diseño son:

- Número de usuarios,
- Coeficiente de escorrentía;

- calamina metálica	0.9
- tejas de arcilla	0.8 - 0.9
- madera	0.8 - 0.9
- paja	0.6 - 0.7
- Demanda de agua.

Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

Determinación de la precipitación promedio mensual; a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m²/mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo.

$$Pp_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

- n : número de años evaluados
p_i : valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)
Pp_i : precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados.
(mm/mes)

Determinación de la demanda; a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

- Nu : número de usuarios que se benefician del sistema.
Nd : número de días del mes analizado
Dot : dotación (L/personaxdía)
D_i : demanda mensual (m³)

Determinación del volumen del tanque de abastecimiento; teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de esorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

- Pp_i : precipitación promedio mensual (litros/m²)
Ce : coeficiente de esorrentía
Ac : área de captación (m²)
A_i : Oferta de agua en el mes “i” (m³)

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan por que no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados.

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por:

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + (Nu \times Nd_i \times Dd_i) / 1000$$

Aai : oferta acumulado al mes “i”.

Dai : demanda acumulada al mes “i”.

$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3)$$

Vi : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

Ai : volumen de agua que se captó en el mes “i”.

Di : volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

Ejemplo 1. Determinación del área mínima de techo requerida y del volumen del tanque de almacenamiento

Determinar el área de techo y el volumen del tanque del almacenamiento más económico según las precipitaciones y demanda mensual de agua indicada en el cuadro 1, teniendo en cuenta los siguientes criterios de diseño

Material de techo	: teja de arcilla
Coefficiente de escorrentía	: 0.8
Personas a ser beneficiadas	: 6
Costo de reservorio por m ³	: US\$ 50
Costo de techo por m ²	: US\$ 10

Para el análisis matemático, se asumirán áreas de techo de 50, 60 y 65 m² respectivamente.

En los cuadros adjuntos, se pueden apreciar los cálculos efectuados y que se sintetizan como sigue:

Área de techo (m ²)	Diferencias acumulativas (m ³)	
	Máximo valor (volumen de almacenamiento m ³)	Mínimo valor (volumen de reserva m ³)
50	12.10	-2.87
60	15.63	1.47
65	17.39	3.64

Del análisis del cuadro anterior en donde se sintetizan los resultados, se nota que no debe considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 metros cuadrados por haberse obtenido valores negativos durante tres meses, lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante los últimos tres meses del año. De este modo, el área idónea que puede atender la demanda debe ser igual o mayor a 60 m².

El volumen de almacenamiento neto para un área de techo de 60 m² debe ser de 14.16 m³ (15.63 – 1.47) y de 13.75 (17.39-3.64) para un techo de 65 m². Si se considera una reserva mínima de 1.47 m³, los costos que representa cada una de las implementaciones para las dos áreas de techo remanentes, es decir para 60 y 65 m² son:

Área de Techo (m ²)	Volumen del Tanque (m ³)	Costo (US\$)		
		Techo	Tanque	Total
60	15.63	600.00	781.50	1381.50
65	15.22	650.00	761.00	1411.00

El costo de implementación del sistema más económico conformado por un techo de un área de 60 m² y un reservorio de 15.63 m³ con una capacidad extra de almacenamiento de 1.47 m³ es de US\$1.381.50. Aumentaría a US\$ 1411.00 si el techo tuviera un área de 65 m² y el reservorio de 15.22 m³.

Cuadro 1. Datos básicos

Método del CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Demanda diaria por persona (lppd)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
10	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	10

Precipitación mensual (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1980	0	0	9	0	0	74	270	92	0	0	0	16
1981	18	8	13	26	58	22	501	89	80	0	26	0
1982	10	0	0	81	71	0	105	308	10	37	0	23
1983	0	0	0	0	0	0	431	68	18	1	0	0
1984	0	0	0	0	0	9	34	42	0	0	0	0
1985	0	10	0	0	64	0	226	338	0	110	0	15
1986	8	24	7	0	57	16	308	110	23	0	0	0
1987	17	0	0	3	0	24	95	136	48	0	0	6
1988	25	0	0	0	0	34	196	101	57	0	0	0
1989	0	78	0	0	5	11	67	201	10	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	67	250	186	92	0	15	0
1991	18	0	4	0	25	23	176	291	46	0	0	25
1992	0	26	0	0	0	2	316	234	141	0	0	0
1993	39	0	0	5	2	112	174	79	101	0	0	0
1994	28	0	14	0	0	109	267	212	79	0	0	0
Prom	10.87	9.73	3.13	7.67	18.80	33.53	227.73	165.80	47.00	9.87	2.73	5.67

Demanda total mensual para la familia de seis personas (litros)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1860	2520	2790	2700	1860	1800	1860	1860	1800	1860	1800	1860

Cuadro 2. Cálculo para un techo de 50 m²

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m ³)		Demanda (m ³)		Diferencia (m ³)
		parcial	acumulado	Parcial	acumulado	
Julio	227.73	9.109	9.11	1.86	1.86	7.25
Agosto	165.80	6.632	15.74	1.86	3.72	12.02
Setiembre	47.00	1.880	17.62	1.80	5.52	12.10
Octubre	9.87	0.395	18.02	1.86	7.38	10.64
Noviembre	2.73	0.109	18.13	1.80	9.18	8.95
Diciembre	5.67	0.227	18.35	1.86	11.04	7.31
Enero	10.87	0.435	18.79	1.86	12.90	5.89
Febrero	9.73	0.389	19.18	2.52	15.42	3.76
Marzo	3.13	0.125	19.30	2.79	18.21	1.09
Abril	7.67	0.307	19.61	2.70	20.91	-1.30
Mayo	18.80	0.752	20.36	1.86	22.77	-2.41
Junio	33.53	1.341	21.70	1.80	24.57	-2.87

Cuadro 3. Cálculo para un techo de 60 m²

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m ³)		Demanda (m ³)		Diferencia (m ³)
		parcial	acumulado	parcial	acumulado	
Julio	227.73	10.931	10.93	1.86	1.86	9.07
Agosto	165.80	7.958	18.89	1.86	3.72	15.17
Setiembre	47.00	2.256	21.15	1.80	5.52	15.63
Octubre	9.87	0.474	21.62	1.86	7.38	14.24
Noviembre	2.73	0.131	21.75	1.80	9.18	12.57
Diciembre	5.67	0.272	22.02	1.86	11.04	10.98
Enero	10.87	0.522	22.54	1.86	12.90	9.64
Febrero	9.73	0.467	23.01	2.52	15.42	7.59
Marzo	3.13	0.150	23.16	2.79	18.21	4.95
Abril	7.67	0.368	23.53	2.70	20.91	2.62
Mayo	18.80	0.902	24.43	1.86	22.77	1.66
Junio	33.53	1.610	26.04	1.80	24.57	1.47

Cuadro 4. Cálculo para un techo de 65 m²

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m ³)		Demanda (m ³)		Diferencia (m ³)
		parcial	acumulado	Parcial	acumulado	
Julio	227.73	11.842	11.84	1.86	1.86	9.98
Agosto	165.80	8.622	20.46	1.86	3.72	16.74
Setiembre	47.00	2.444	22.91	1.80	5.52	17.39
Octubre	9.87	0.513	23.42	1.86	7.38	16.04
Noviembre	2.73	0.142	23.56	1.80	9.18	14.38
Diciembre	5.67	0.295	23.86	1.86	11.04	12.82
Enero	10.87	0.565	24.42	1.86	12.90	11.52
Febrero	9.73	0.506	24.93	2.52	15.42	9.51
Marzo	3.13	0.163	25.09	2.79	18.21	6.88
Abril	7.67	0.399	25.49	2.70	20.91	4.58
Mayo	18.80	0.978	26.47	1.86	22.77	3.70
Junio	33.53	1.744	28.21	1.80	24.57	3.64

Ejemplo 2

Determinación de la dotación de agua y del volumen del tanque de almacenamiento para un área de de techo definida.

Determinar la dotación de agua per cápita promedio y el volumen del tanque de almacenamiento más económico para una vivienda con un área de techo de 50 m² y en la que habita una familia de cinco personas. El techo está fabricado con tejas de arcilla cocida. Considerar para el presente caso, los datos de precipitación del cuadro anterior.

Material de techo : tejas de arcilla
 Área de techo existente : 50 m²
 Coeficiente de escorrentía : 0.8

La determinación de la oferta de agua para el techo de 50 m² se realiza de forma similar al ejemplo anterior.

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m ³)	
		Parcial	Acumulado
Julio	227.73	9.109	9.11
Agosto	165.80	6.632	15.74
Setiembre	47.00	1.880	17.62
Octubre	9.87	0.395	18.02
Noviembre	2.73	0.109	18.13
Diciembre	5.67	0.227	18.35
Enero	10.87	0.435	18.79
Febrero	9.73	0.389	19.18
Marzo	3.13	0.125	19.30
Abril	7.67	0.307	19.61
Mayo	18.80	0.752	20.36
Junio	33.53	1.341	21.70

Del cuadro se puede observar que la oferta de agua que brinda el techo de 50 m² a lo largo del año es de 21.7 m³. Considerando una reserva de 1 m³ de agua, se tiene que la dotación diaria de agua para cada una de las cinco personas que habitan en la vivienda es:

$$\frac{(21.7\text{m}^3 - 1.0\text{m}^3) \times \left(\frac{1000\text{lt}}{\text{m}^3}\right)}{365\text{días} \times 5\text{hab.}} = 11.34 \text{ litros/hab - día}$$

A partir de la dotación diaria establecida en 11.34 litros/hab-día se calcula la demanda de agua y se determina la oferta de agua de lluvia. A partir de estos datos se halla el volumen del tanque de almacenamiento y que es de 12.44 m³, con una reserva de 1.0 m³.

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m ³)		Demanda (m ³)		Diferencia (m ³)
		parcial	Acumulado	Parcial	acumulado	
Julio	227.73	9.109	9.11	1.73	1.73	7.38
Agosto	165.80	6.632	15.74	1.73	3.45	12.29
Setiembre	47.00	1.880	17.62	1.73	5.18	12.44
Octubre	9.87	0.395	18.02	1.73	6.90	11.12
Noviembre	2.73	0.109	18.13	1.73	8.63	9.50
Diciembre	5.67	0.227	18.35	1.73	10.35	8.00
Enero	10.87	0.435	18.79	1.73	12.08	6.71
Febrero	9.73	0.389	19.18	1.73	13.80	5.38
Marzo	3.13	0.125	19.30	1.73	15.53	3.77
Abril	7.67	0.307	19.61	1.73	17.25	2.36
Mayo	18.80	0.752	20.36	1.73	18.98	1.38
Junio	33.53	1.341	21.70	1.73	20.70	1.00

7. Bibliografía

- Household Water Storage; Technical Brief No. 1 - Waterlines; 1984.
- Above - Ground Rainwater Storage; Technical Brief No. 14 - Waterlines; 1987
- Información y Capacitación en Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Bajo Costo, Módulo 4.1: Captación de Aguas de Lluvia; Banco Mundial - CEPIS; 1988.
- Rainwater Catchment Systems Provides Alternative Water Supply; International Rainwater Catchment Systems Association; 1990.
- Sistema para Recolección de Aguas de Lluvia; Bagasao, Teresita; 1990.
- Recent Developments in Rainwater Catchment Systems; Waterlines; 1992
- Rooftoprainwater Haverting; IRC; 2001.