

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA
ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO
PREVIO A OPTAR EL GRADO DE

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

NOMBRE DEL ESTUDIANTE
ISABEL CRISTINA TAMARIZ MATA

NOMBRE DEL TUTOR
EVELYNG KATHERINE ASTUDILLO SANCHEZ, MSc.

SAMBORONDÓN, MAYO - 2016

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

APROBACIÓN TUTOR

Por medio de la presente hago constar que he guiado y leído el trabajo de investigación que tiene como título **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS** que como requisito para la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental, ha realizado **Isabel Cristina Tamariz Mata**, portadora de la cédula de identidad 0916238181 y código estudiantil UEES 2010175270. En virtud de ello, comunico que el trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para su presentación.



Evelyn K. Astudillo

Docente de la Escuela de Ciencias Ambientales

UEES

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Isabel Cristina Tamariz Mata
Universidad de Especialidades Espíritu Santo - Ecuador
itamariz@uees.edu.ec

Resumen

El artículo plantea una “Propuesta de un sistema de captación de aguas lluvias” para la escuela Juan León Mera ubicada en la comuna Loma Alta, provincia de Santa Elena. El problema de investigación partió del interés de aprovechar el agua de lluvia como fuente alternativa para el riego del área del huerto de la institución educativa. Dentro del documento se desarrollan principalmente tres aspectos: i) estimación de los volúmenes disponibles de agua lluvia ii) determinación de la demanda de agua para el riego del huerto escolar y iii) cálculo de los costos de construcción de la infraestructura básica para recolectar el agua lluvia. Los resultados obtenidos afirman que el aprovechamiento pluvial es técnicamente viable, ya que en el mes de febrero donde se identificó mayor precipitación, el volumen de agua fue de 182,09 m³ / mes. El volumen requerido para riego del huerto oscila entre 16,80 – 18,60 m³ / mes, de acuerdo al mes y los costos para la implementación del sistema son de \$2088, costo relativamente bajo debido a que se usarán materiales de fácil acceso y mano de obra local.

PALABRAS CLAVE: Recolección de aguas lluvias, almacenamiento, precipitación, ahorro de agua potable.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Abstract

The article presents the results of the research project "Proposal for a system of Rainwater Harvesting" carried out in the school Juan León Mera located in Loma Alta town, province of Santa Elena. The research problem arose from the interest to use the rainwater as an alternative for watering the garden area of the school. The three main aspects developed within this document are: i) estimate of the volumes of rainwater available and possible collection points, ii) determine the demand of water to irrigate the school garden and iii) calculating construction costs of basic infrastructure to collect rainwater. The results suggest that the rainwater harvesting project proposal is technically feasible, since the precipitation presented on the month of highest rainfall is February with a volume of 182 09 m³ / month. In relation to the volume required for irrigation of the garden ranging from 16,80 - 18,60 m³ / month according to the month. Finally the cost for implementing the system are \$2088, which are relatively low because of its easy access and the workforce used will be local.

KEYWORDS: Rainwater harvesting systems, catchment, storage, precipitation, potable water savings.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Introducción

En el año 1977, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua efectuada en Mar del Plata se llevó a cabo el Plan de Acción de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua; dentro de la cual se reconoció por primera vez el agua como un derecho humano. La ONU (1977) declara que “Todos los pueblos, cualquiera que sea su nivel de desarrollo o condiciones económicas y sociales, tienen derecho al acceso a agua potable en cantidad y calidad acordes con sus necesidades básicas”; por ello se debe considerar el acceso al agua potable como un derecho universal, ya que trae consigo una vida digna y libre de enfermedades.

La escasez de agua es un problema compartido por todos los continentes, y debido a la evidente dependencia del hombre por este recurso hídrico, se han desarrollado diversas estrategias para hacer frente a ello. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015) menciona que alrededor de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua; y, paralelamente 500 millones se aproximan a encontrarse en la situación. Además de que un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, en donde los países carecen del capital para establecer la infraestructura que transporte el agua disponible de los ríos y acuíferos.

En el último siglo, tanto el uso como el consumo del agua se ha visto incrementado a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población, y a pesar de no poder definir la escasez hídrica a nivel mundial, si se puede señalar una expansión en cuanto a las zonas de estrés hídrico. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015), estima que para el año 2025, 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua y dos terceras partes de la población mundial podrían hacerlo en condiciones de carencia de agua; es decir

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

que en menos de 10 años, 600 millones de personas de la población mundial ahora habitarían en zonas de escasez del recurso.

En adición, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2015), menciona que no toda la población en América Latina tiene acceso al agua potable, ya que en el 2000 el 85% de la población regional tenía acceso al agua potable y un 79% estaba cubierto por alguna forma de saneamiento básico.

En Ecuador, la disponibilidad del agua dulce es relativamente alta, aunque, el agua potable no está disponible para todas las regiones del país. De acuerdo al INEC, un 23.49% de ecuatorianos no les llega el suministro de agua potable, por lo cual el porcentaje de la población que si cuenta con este recurso básico es del 76.51% (El Universo, 2013).

Las zonas rurales presentan un bajo acceso al agua potable y al alcantarillado así lo menciona la Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (2001) cuando dice que el gran desafío es lograr eliminar las brechas existentes entre las zonas urbanas y rurales ya que el 73% de la población urbana dispone de una conexión domiciliaria al agua frente al 46% de las áreas rurales; y en las zonas rurales dispersas las cifras son aún inferiores, sólo el 18% goza de este tipo de acceso al agua.

La provincia de Santa Elena, presenta el problema de concentrar más población rural (42%) ya que está compuesta por 63 comunas dedicadas a actividades, principalmente, de agricultura y pesca; donde la cobertura de agua potable es insuficiente para la demanda de la población y el alcantarillado pluvial presente (5%) sólo en áreas urbanas (Astudillo, 2010).

La parroquia Colonche posee un 50% de cobertura de agua potable, donde la cobertura está destinada a la cabecera parroquial y hacia el sector norte en comunas como Manantial de Colonche, Las Lomas, Las Palmitas, Bambil Deshecho, Río Seco, Bambil Collao y Febres Cordero (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011). De igual

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

manera, la comuna Loma Alta, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, es una zona rural alejada y las condiciones de acceso al agua son bastante escasas así lo indica el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena (Fundación Santiago de Guayaquil, 2011).

De manera que, las comunas que carecen del servicio de agua potable se abastecen a través de tanqueros y por ello es necesaria la implementación de medidas alternativas que sirvan como herramienta para suministrar de agua a quienes carecen del fácil acceso a este servicio. La presente investigación propone un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias de bajo costo, fácil implementación y mantenimiento, como solución para el ahorro de agua potable en el riego de las áreas verdes de la Escuela Fiscal Mixta Juan León Mera.

El área escogida para desarrollar la presente investigación es la comuna Loma Alta, fundada el 10 de enero de 1937. Su extensión es de 6842 ha y está formada por 4 poblados: El Suspiro, La Unión, La Ponga y Loma Alta (Astudillo, 2010).



Figura 1: Mapa de ubicación de la comuna Loma Alta

Fuente: (Birdlife International & Conservation International , 2005)

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Revisión marco teórico

Ciclo hidrológico

De acuerdo a Ordoñez (2011), el ciclo hidrológico es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera, Litosfera e Hidrosfera, lo que se denomina Sistema Climático. Los reservorios en los cuales puede ser almacenada el agua en la Tierra, son los siguientes: Océanos, Lagos, Ríos, Suelos, Agua Subterránea, Glaciares, Campos de Nieve y en la Atmósfera.

El ciclo hidrológico se entiende como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (*i.e.* sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (*i.e.* superficial, sub-superficial y subterránea) (Chereque, 1989). Por lo cual, al transformarse de estado, el agua en nuestra atmósfera se mueve desde un depósito o reservorio a otro, a través de los diferentes procesos que componen el ciclo hidrológico, entre los cuales se presentan: evaporación, condensación, precipitación, sedimentación, escorrentía, infiltración, sublimación, transpiración fusión y flujo de agua subterránea.

Cabe agregar que, en la fase de evaporación, la fuente de donde proviene la mayor parte del agua como producto de la evaporación es el océano. De esta agua evaporada, sólo el 91% es devuelto a las cuencas oceánicas por medio de la precipitación y el 9% restante se transporta a las zonas continentales donde los factores climatológicos inducen la formación de la precipitación.

Tipos de fuentes de agua

De acuerdo a Agüero (1997) la naturaleza brinda principalmente tres tipos de fuentes de agua:

Aguas superficiales

Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, y otros, que discurren naturalmente en la superficie terrestre. En relación al aprovechamiento de éstos para el consumo humano existen dificultades para mantener al recurso cuando se

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

presentan fuentes de contaminación aguas arriba que afecten a la población que haga uso del mismo recurso hídrico aguas abajo. Sin embargo, a veces no existen fuentes alternativas en la comunidad, por lo cual es necesario conocer los caudales cercanos disponibles y la calidad del recurso en mención. Existen diversos sistemas para captar aguas superficiales, dentro de ellos se encuentra el sistema de captación directa por bombeo o gravedad, presentado en la figura 1.

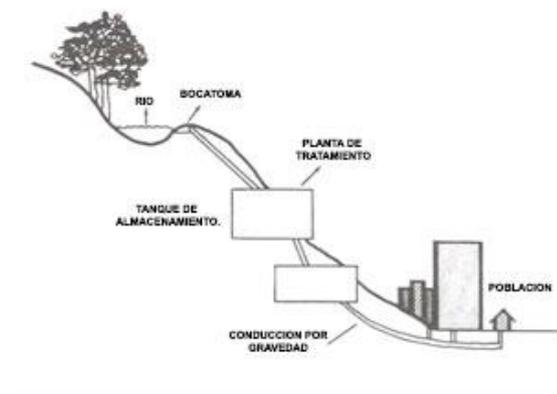


Figura 2: Dibujo de la captación de aguas superficiales

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Servicios Públicos Domiciliarios, 1999).

Es relevante indicar que el tipo de sistema de captación dependerá de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento, su localización y magnitud. Como se visualiza en la Figura 1, se evidencia que la elección del sistema de captación incluye también factores como cantidad de agua del recurso hídrico en relación a la demanda, seguridad y calidad del suministro, cercanía del cuerpo de agua, su topografía y facilidades de extracción (Universidad de Granada, 2011).

Aguas subterráneas

De acuerdo a Agüero (1994), parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero. Para el aprovechamiento del agua subterránea se requieren obras de captación

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

que permiten obtener la mayor cantidad de agua con el mínimo gasto energético (Facultad de Ingeniería, s.f.). En la figura 2 se muestra la captación de agua subterránea obtenida a partir de un manantial.

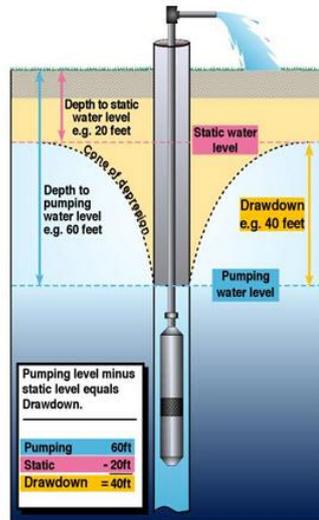


Figura 3: Dibujo de la extracción de agua subterránea

Fuente: (Co-Innovation, 2013)

Agua de lluvia

La captación de agua lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea considerable. Para ello se utilizan los techos de casas o alguna superficie de material impermeable para captar agua y conducirla a sistemas cuya capacidad dependa del gasto requerido y del régimen pluviométrico. En la figura 3 se muestra la captación de agua lluvia mediante el techo de una vivienda.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

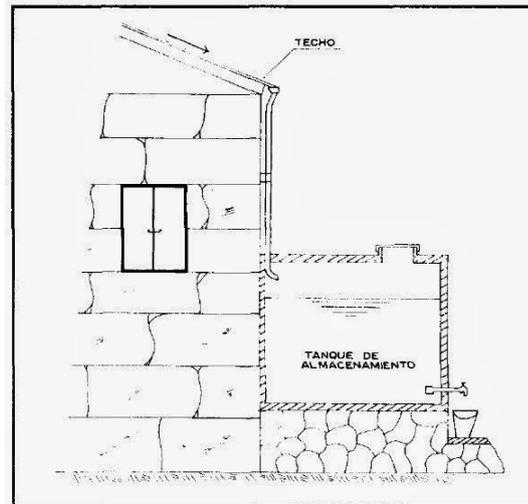


Figura 4: Dibujo de captación de agua lluvia
Fuente: Agüero Pittman, 1997

Cosecha de agua lluvia

De acuerdo a Acceturo (2012), la cosecha de agua es el proceso de recolección de aguas realizado en una superficie impermeable, como un techo o el suelo, para luego ser direccionada a una locación donde pueda ser aprovechada eficientemente. Esta práctica puede realizarse de manera pasiva, a través del almacenamiento del agua directamente a los acuíferos, conocido como cosecha de agua pasiva; o puede ser almacenada en tanques de reservorio para su posterior uso, conocido como cosecha de agua activa. Los usos del agua captada incluyen riego de áreas verdes, limpieza y mantenimiento de establecimientos, aprovechamiento para uso en inodoros, lavado de ropa e incluso para cocina en el caso de que el recurso hídrico haya sido tratado apropiadamente para cumplir con los estándares de consumo humano.

Componentes del sistema de aprovechamiento y captación de agua lluvia

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en su “Guía de Diseño para captación de aguas lluvias” indica que un sistema de captación de agua lluvia en techos está compuesto principalmente por los siguientes elementos: 1) Captación, 2) Recolección, 3) Interceptor de primeras aguas y 4) Almacenamiento. En la figura 4 se muestra el modelo del sistema:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

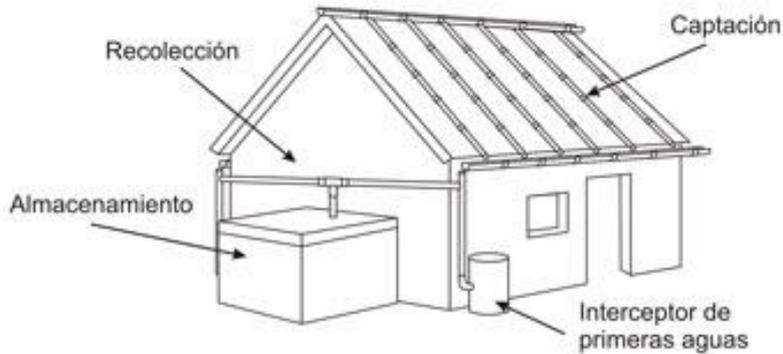


Figura 5: Dibujo de los componentes del sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias

Fuente: (CEPIS, 2001)

En relación al modelo de sistema de captación de aguas lluvias propuesto por el CEPIS, a continuación, se explican los componentes básicos que conforman dicho sistema:

Captación

Es la superficie destinada para la recolección del agua pluvial. Usualmente los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben contar una pendiente que faciliten el escurrimiento del agua de lluvia hacia un sistema de recolección. Para la construcción del techo, los materiales empleados pueden ser tejas de arcilla, paja, madera, cemento, entre otros.

Conducción

Este componente es parte esencial de sistema ya que conducirá el agua recolectada por la superficie, y la direccionará hacia el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, puesto que el agua tiende a acumularse en esta área antes de caer al suelo. Debe de considerarse que el material de las canaletas deberá ser liviano, resistente al agua y fácil

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

de unirse entre las piezas que serán utilizadas. Para esta pieza puede ser usado el bambú, el metal, PVC o madera.

Debe siempre considerarse que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta, no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. Esto se debe a que la canaleta puede llegar a captar materiales indeseables, tales como hojas, residuos generados por animales de la zona, y otros. Por lo cual, el sistema deberá contar con mallas que favorezcan la retención de los materiales para evitar que obstruyan la tubería o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.

Interceptor

Este componente también conocido como dispositivo de descarga de primeras aguas, como su nombre lo indica, está dirigido a captar las primeras aguas de lluvia correspondientes al lavado del área de captación impidiendo que material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento de aguas. 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.

Este componente debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado hasta un determinado nivel ya establecido, y así impedirá el paso del agua hacia el interceptor, para posteriormente dirigirlo hacia el tanque de almacenamiento.

Almacenamiento

Es el componente destinado para almacenar el agua lluvia necesaria para el consumo de las personas beneficiadas con el sistema. Esta pieza deberá ser duradera, por lo cual, al momento de elegirla, se recomienda cumplir con las siguientes especificaciones:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

- De no más de 2 metros de altura para minimizar las presiones
- Contar con una 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, para ser utilizado al realizar la limpieza y mantenimiento de la pieza.

En cuanto a los materiales para su construcción, se menciona el uso de ferrocemento de cualquier volumen, concreto reforzado y para volúmenes inferiores a 500 litros se recomienda la mampostería.

Red de distribución y bombeo

En el caso de sistemas más elaborados, se recomienda la instalación de la red de distribución y bombeo, ya que distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas. En este componente, se deberá mantener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50 centímetros por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

Modelo de cálculos

Para el desarrollo de la propuesta del sistema de captación de aguas lluvias, se requiere la determinación de la demanda de agua, la demanda acumulada, la oferta, la oferta acumulada, la precipitación promedio mensual, y el volumen de almacenamiento. De acuerdo a la metodología de cálculos de los autores Abdulla y Al-Shareef (2009) para un sistema de captación pluvial en techos, las fórmulas necesarias para la obtención de los datos mencionados anteriormente son las siguientes:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Volumen de almacenamiento

Se halla restando la oferta acumulada con la demanda acumulada, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Va = Aai - Dai \quad (1)$$

Demanda y oferta acumuladas

Representan la sumatoria de los valores del mes actual más el mes anterior:

$$Dai = Da_{(i-1)} + Di \quad (2)$$

$$Aai = Aa_{(i-1)} + Ai \quad (3)$$

Demanda del agua en el mes

La demanda de agua se estimada a partir de la dotación de agua requerida, donde se calcula la cantidad de agua necesaria para abastecer de manera completa tomando en consideración el periodo en que se abastecerá con el recurso hídrico.

$$DAM = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad (4)$$

Donde:

DAM= demanda mensual (m³)

Dot= dotación (L/riego/ día) (2 l/m²)

Nu= Total de área para el riego (Área = 2,150 m²)

Nd= número de días del mes analizado

Es obtenida a partir de la multiplicación de los factores: precipitación promedio, el coeficiente de escorrentía y el área a captar; por lo cual, se obtiene la cantidad de agua captada por mes:

$$OAM = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (5)$$

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Donde:

OAM= Oferta de agua en el mes “i” expresado en m³

Ppi= Precipitación promedio mensual (L/m²)

Ce= Coeficiente de esorrentía de acuerdo a bibliografía es de (0,85)

Ac= Área de captación (m²) (2,150m²)

Oferta del mes “i” considerando perdidas

De acuerdo a los autores Abdulla y Al-Shareef (2009), se estima un porcentaje del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, y a la misma captación y recolección del agua.

$$OAMP = 0,98 * OAM \quad (6)$$

Donde:

OAMP= Oferta del agua en el mes “i” teniendo en cuenta perdidas expresado en m³

OAM= Oferta de agua en el mes “i” expresado en m³

Precipitación promedio mensual

Su determinación es realizada a partir de la relación entre los datos de precipitación mensual durante el periodo evaluado y el número de años evaluados.

$$Ppi = \frac{\sum_{i=1}^{i-n} Pi}{n} \quad (7)$$

Donde:

Ppi= Precipitación promedio mensual del mes “i” de los años evaluados expresado en (mm/mes)

N= número de los años evaluados

Pi= valor de precipitación mensual del mes “i” expresado en (mm)

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Ventajas y desventajas del agua lluvia como fuente de suministro

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• El agua captada en la mayoría de los casos tiene alta calidad físico química.• El sistema propuesto es independiente, por lo cual puede ser implementado en comunidades dispersas y alejadas.• Los materiales a usarse para la construcción y adecuación de los contenedores recolectores de agua y las canaletas superficiales de recolección del agua lluvia, son de bajo costo.• El sistema de captación no requiere de energía para estar operativo.• El agua recolectada puede ser consumida sin tratamiento previo, siempre y cuando el área de recolección del agua lluvia se encuentre limpia.• Provee una fuente segura de abastecimiento de agua, que puede ser implementado en hogares, instituciones públicas o privadas.• Reduce el costo al cual incurren los habitantes de zonas de poca accesibilidad al agua potable.	<ul style="list-style-type: none">• Alto costo inicial puede impedir su implementación en el caso de familias o instituciones con bajos recursos económicos.• Totalmente dependiente de las lluvias y del área disponible para captación• Los componentes del sistema pueden verse contaminados por la presencia de animales en la zona, por lo cual podría afectarse al agua ya recolectada previamente en caso de no ser limpiado oportunamente.• El componente de almacenamiento de agua lluvia puede sufrir de crecimiento de algas y de invasión de insectos. En caso de no ser manejado apropiadamente, el sistema puede actuar como vector de enfermedades.

Tabla 1: Comparación de ventajas y desventajas de sistema de captación de aguas lluvias

Fuente: (Castañeda, 2010)

Pluviometría

La pluviometría es la parte de la meteorología que estudia la distribución geográfica y estacional de las precipitaciones acuosas, a partir de los datos obtenidos de la precipitación por medio de los pluviómetros instalados a un área determinada. El objetivo principal es influir en la toma de decisiones para mitigar los impactos negativos generados por cambios en la precipitación.

Para la medición meteorológica en el Ecuador, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) cuenta con 380 estaciones meteorológicas alrededor del país, de las cuales 35 son estaciones pluviométricas. A partir de los datos proporcionados por el Instituto, las lluvias se presentan todo el año y en todas las estaciones, siendo el balance hídrico positivo en todos los meses en casi toda el área.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Para la medición pluviométrica, la precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal si la precipitación permaneciera donde cayó.

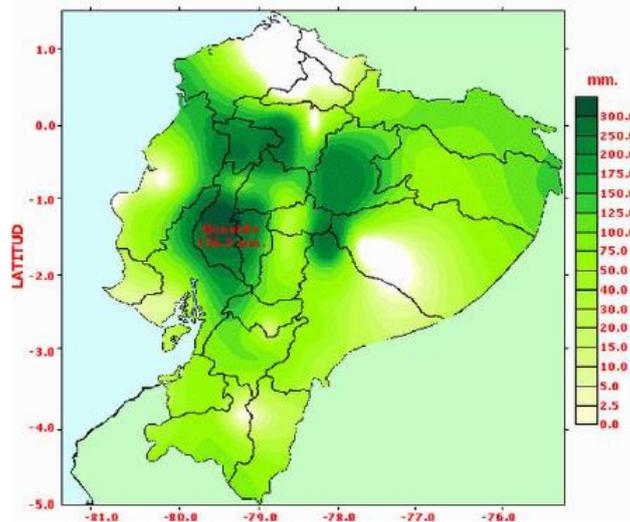


Figura 6: Mapa de precipitación promedio anual en Ecuador

Fuente: (Mejia Piña & Salamea Cobos, Diseño de un sistema para reciclado, control y utilización de agua lluvia en la ciudad de Cuenca, 2011)

Dispositivos para medir las precipitaciones atmosféricas.

Para la medición de la lluvia, los aparatos de medición a utilizarse, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones en: Pluviómetros y Pluviografos.

a) Pluviografo

Registra altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de lluvia, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

b) Pluviómetro

De acuerdo al INAMHI (2014), el pluviómetro es un instrumento destinado para medir las alturas de agua de las precipitaciones en un punto de interés. Utiliza un embudo para recoger el agua que cae en un tubo estrecho con una escala de pulgadas o

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

centímetros. Se mide la precipitación a una altura de un metro con veinte centímetros para evitar corrientes turbulentas a bajas alturas y salpicado en la superficie terrestre.



Figura 7: Fotografía de pluviómetro

Fuente: (Calsotada, 2009)

Pluviometría en Santa Elena

La información pluviométrica de la comuna Loma Alta ha sido obtenida de la estación pluviométrica No. M0245 instalada y de propiedad del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). En relación a los datos analizados, se consideró la información histórica correspondiente a los años 2005 hasta el año 2015, periodo recomendado por el Centro Panamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente para el diseño del sistema de almacenamiento de aguas lluvias.

De acuerdo con la metodología establecida por el Instituto Nacional Meteorológico e Hidrología (INAMHI) en el año 2008, la precipitación promedio mensual (sin considerar la evaporación), se encuentra expresada en milímetros, y equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado.

Determinación de dotación de agua

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

La dotación representa el consumo diario de agua, que sirve para realizar el cálculo de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable. En un sistema de abastecimiento, la cantidad consumida de agua variará de acuerdo a diversos factores entre ellos puede ser: Condiciones climáticas, costumbres de la población y/o zona urbana o rural.

De manera general se diferencia entre zonas urbanas y rurales el consumo promedio de agua, siendo 125 L/d/hab. el valor consumido en áreas rurales; mientras que en zonas urbanas se habla de 200 L/d/hab.

Más aún, de acuerdo al tipo de establecimiento también existen diversos tipos de consumo, en la tabla a continuación se muestran los consumos de agua:

TIPO DE CONSUMO	LITROS POR DIA	
Viviendas unifamiliares	40	Por persona
Viviendas multifamiliares	30	Por cama
Hospitales y clínicas	80	Por cama
Hoteles (4 estrellas)	100	Por cama
Hoteles (3 estrellas)	80	Por cama
Hoteles (2 estrellas)	60	Por cama
Camping	60	Por emplazamiento
Hoteles (1 estrella)	50	Por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc)	80	Por cama
Vestuarios/duchas colectivas	20	Por servicio
Escuelas	40	Por alumno
Cuarteles	30	Por persona
Fabricas	20	Por persona
Oficinas	50	Por persona
Gimnasios	30a 40	Por usuario
Lavandería	5 a 7	Por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15	Por comensal
Cafeterías	2	Por cliente

Tabla 2: Dotación de agua de acuerdo a tipo de establecimiento

Fuente: (Melguizo, 1994)

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Metodología

Área de estudio

El área elegida para la presente propuesta es la escuela fiscal mixta “Juan León Mera”, ubicada en el poblado de Loma Alta, la cual cuenta con un área total de 3,740m² y el área aprovechable para la captación del agua lluvia es de 2,150m². En relación al área útil para la instalación del sistema de captación de aguas lluvias, se escogieron los dos edificios de aulas del establecimiento, donde ya se cuenta con techo de diseño a dos aguas. El área total y el área de captación fueron calculadas en situ utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS).

En cuanto al número de personas de la institución, el total de personas es de 211, donde 200 son alumnos, 8 son docentes y 3 es parte del personal de administrativo y de mantenimiento de la escuela.

Revisión Bibliográfica

En la primera fase del proyecto se realizó la revisión de estudios previos en relación al aprovechamiento de aguas lluvias, con el objetivo de obtener conceptos teóricos, modelos implementados en otros proyectos y las fórmulas requeridas para los cálculos del sistema de aguas lluvias propuesto. La información recopilada para la presente investigación se encuentra referenciada en el marco teórico.

Recopilación de información

En esta fase se procedió con la recopilación de datos históricos de la estación pluviométrica del poblado de Loma Alta instalada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). El periodo considerado fue del año 2005 al 2015, en base al ciclo mínimo recomendado para realizar un estudio de precipitación para la captación de agua pluvial.

Cálculos para el diseño de sistema de captación de aguas lluvias

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Para la determinación del volumen de almacenamiento, parámetro más importante para el diseño del sistema de aguas lluvias, se deberá contar con la precipitación promedio mensual, la demanda, la demanda total, la oferta y la oferta total de agua. Es necesario indicar que, para el desarrollo de dichos cálculos, parte de los datos esenciales fueron los siguientes:

- Número de personas en la institución educativa = 211 personas
- Tipo de material del área de captación= Techo a dos aguas de metal
- Coeficiente de escorrentía (C_e)= 0,8 (CEPIS, 2001)
- Dotación por alumno externo (Dot)= 40 l/ hab/ día (Melguizo, 1994)
- Área de captación (A_c)= 2,150 m²

Dentro del marco teórico se detallan las ecuaciones necesarias para la determinación de los parámetros tales como la precipitación promedio mensual, la demanda y la oferta, necesarios para proceder a calcular el volumen correspondiente al tanque de almacenamiento de las aguas lluvias.

Para la elección del tanque de almacenamiento del agua lluvia, las dimensiones del mismo serán de acuerdo al volumen de agua lluvia captada y al área disponible para su colocación en la escuela.

Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria-descriptiva con un diseño no experimental, transeccional con un enfoque cuantitativo, debido a que el estudio busca determinar valores específicos de la oferta y demanda de agua lluvia para su posterior aprovechamiento.

Análisis de los resultados

Información pluviométrica

A continuación, en la figura 8 se presentan los reportes de la precipitación pluviométrica promedio mensual del periodo del 2005 al año 2015. Donde se determinó

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

como precipitación promedio 31,35mm. Los datos presentados a continuación se encuentran en mm, lo cual es equivalente a litros por metro cuadrado, puesto que, de acuerdo a la bibliografía, se requiere de 1 milímetro para mojar 1 m² (CEPIS, 2001).

En la figura 7, se observa que los meses más lluviosos inician en enero y comienzan a descender a partir de abril. Los datos obtenidos de la precipitación mensual son esenciales para el cálculo del tanque de almacenamiento, componente básico del sistema en donde se almacenará el agua captada. Si no se cuenta con los datos de la precipitación es posible que se sobredimensione el sistema a implementarse.

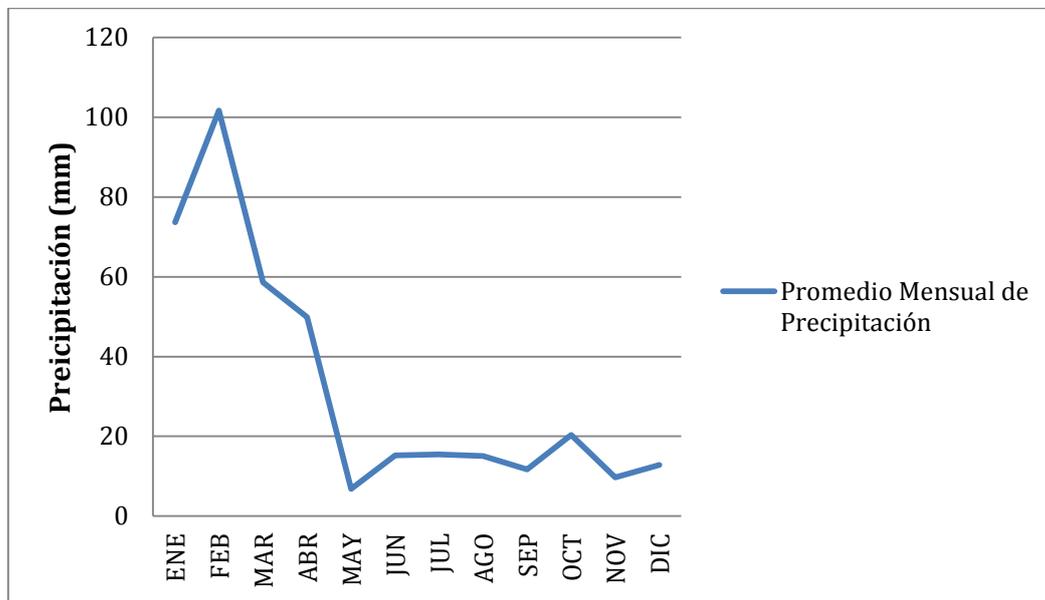


Figura 8: Gráfico de Resultados de precipitación media mensual de la comuna Loma Alta basado en el periodo del 2005 al 2015

Fuente: INAMHI, 2015

Calculo del volumen de agua lluvia

A partir del cálculo efectuado de las 7 ecuaciones detalladas en el marco teórico, se puede establecer la cantidad de agua pluvial disponible para el diseño del sistema de captación de agua lluvia. Los cálculos efectuados se detallan en la tabla a continuación:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA
ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Tabla 3: Resultados de precipitación promedio mensual, oferta y demanda mensual,
demanda y ofertas acumuladas, volumen de almacenamiento

Mes	Ppi L/ m ²	Días del mes	Demanda DAM M ³ /mes	DAM' M ³ / mes	OAM	Oferta OAMP M ³ / mes	OA (M ³ / mes)	OA' (M ³ / mes)	Volumen VA M ³ /mes
Enero	73,65	31,00	18,60	18,60	134,60	131,90	155,41	23,50	136,81
Febrero	101,67	28,00	16,80	18,60	185,80	182,09	316,68	134,60	298,08
Marzo	58,63	31,00	18,60	16,80	107,15	105,00	290,81	185,80	274,01
Abril	49,86	30,00	18,00	18,60	91,12	89,30	196,44	107,15	177,84
Mayo	6,86	31,00	18,60	18,00	12,54	12,29	103,41	91,12	85,41
Junio	15,22	30,00	18,00	18,60	27,81	27,26	39,79	12,54	21,19
Julio	15,50	31,00	18,60	18,00	28,33	27,76	55,57	27,81	37,57
Agosto	15,08	31,00	18,60	18,60	27,56	27,01	55,33	28,33	36,73
Septiembre	11,75	30,00	18,00	18,60	21,47	21,04	48,60	27,56	30,00
Octubre	20,36	31,00	18,60	18,00	37,21	36,46	57,94	21,47	39,94
Noviembre	9,72	30,00	18,00	18,60	17,76	17,41	54,62	37,21	36,02
Diciembre	12,86	31,00	18,60	18,00	23,50	23,03	40,79	17,76	22,79

Fuente: Isabel Tamariz, 2016.

De acuerdo a los datos obtenidos en relación a los cálculos efectuados en la Tabla 3, la precipitación promedio mensual se obtuvo para los meses de enero a diciembre a partir de los datos históricos para el periodo del 2005 al 2015 proporcionados por el INAMHI. Para la obtención de los valores de promedio mensual se aplicó la ecuación 6 expuesta en el marco teórico, donde se identificó febrero como el mes más lluvioso, con un valor de 101,67 mm y el mes con menor precipitación reportada es mayo con un valor de 6,86.

Para la obtención de la demanda de agua requerida para el riego del área del huerto de la escuela “Juan León Mera” se obtuvo una variación entre 16,80 – 18,60 m³/mes. Dicha variación se da debido a que los días del mes varían entre 28 a 31 días. Por lo cual para los meses de enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre la demanda de agua sería de 18,60 m³/mes. Para el mes de febrero se determinó una

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

demanda de $16,80 \text{ m}^3 / \text{mes}$ y para los meses de abril, junio, septiembre y noviembre la demanda sería de $18,00 \text{ m}^3 / \text{mes}$.

En relación a la oferta de agua en el mes teniendo en consideración las pérdidas por evaporación, se determinó que el mes de febrero es el mes de mayor captación de agua con un valor de $182,09 \text{ m}^3 / \text{mes}$.

Considerando los diversos valores obtenidos en la tabla 3, se calculó el volumen de almacenamiento del tanque, donde se consideró el mes de mayor volumen acumulado, equivalente al mes de febrero con un valor de $298,08 \text{ m}^3 / \text{mes}$ de agua pluvial acumulada.

Para la obtención de los volúmenes de almacenamiento de los meses de enero a diciembre, éstos fueron obtenidos a partir de las cifras de la demanda acumulada y la oferta acumulada de los respectivos meses, a partir de lo cual se obtuvo el volumen de almacenamiento, como se encuentra representado en la Figura 8.

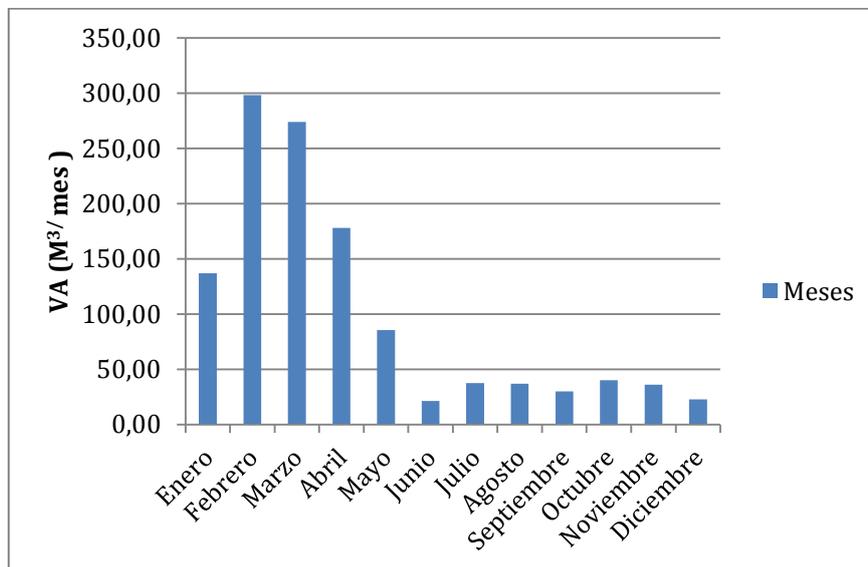


Gráfico 1: Resultado de capacidad de volúmenes de almacenamiento de agua lluvia por mes

Fuente: Isabel Tamariz, 2016

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

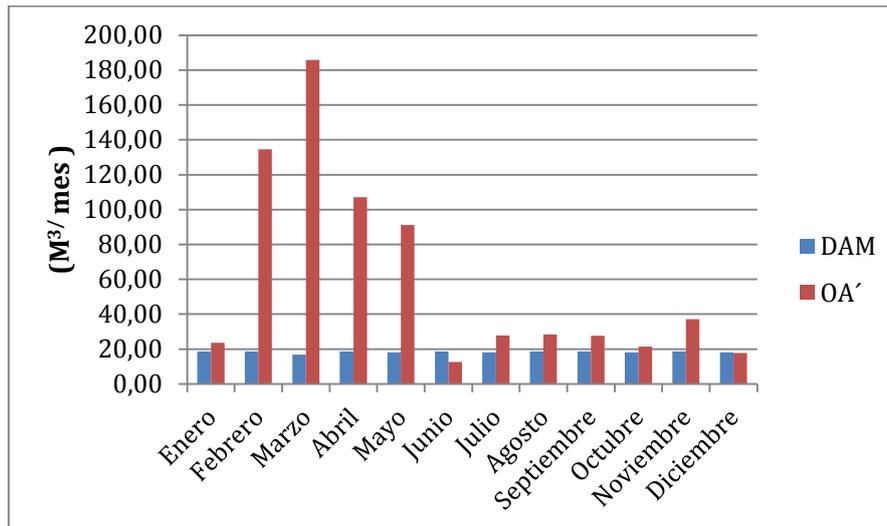


Gráfico 2: Comparación entre oferta y demanda acumulada del agua pluvial
Fuente: Isabel Tamariz, 2016

En base a los resultados de la oferta y demanda acumulada expuestos en la tabla 3, es posible evidenciar que en los meses de junio y en diciembre, se cuenta con mayor demanda que la oferta acumulada. Los meses indicados anteriormente, se caracterizan por una baja precipitación en el área de estudio, por lo cual el agua lluvia captada no abastece para la dotación destinada al riego del huerto de la escuela “Juan León Mera”.

Determinación del tanque de almacenamiento para las aguas lluvias captadas

En relación a la implementación del sistema de aguas lluvias propuesto, el volumen seleccionado para el tanque de almacenamiento se determinó en base al mes de mayor volumen acumulado, el mes de febrero, obteniendo como resultado un valor de 298,08 m³. Cabe mencionar que se ha considerado una variación en la precipitación, por lo cual se optó por un ligero aumento en la capacidad de almacenamiento y el valor determinado para el área de almacenamiento del agua fue de 300 m³.

Para el almacenamiento del agua pluvial captada, se consideraron dos tanques de almacenamiento de 150 m³ puesto que para la captación de las aguas lluvias, se deberán implementar las canaletas de recolección de líquidos en dos de los edificios mayores en que se dividen las aulas.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

En cuanto al tipo de tanque de almacenamiento a construirse, debido a los costos de inversión para su implementación y el tiempo de vida del tanque, se escogió el modelo tanques de ferrocemento (FAO, 2013). Esto se debe principalmente a la accesibilidad de obtención de materiales debido a su bajo costo y a que el costo total de la obra es básicamente un 50% correspondiente a la mano de obra, misma que es numerosa en zonas rurales, y podría generar un impacto positivo social al generar empleo local para su construcción.

Presupuesto referencial

En base a la información obtenida, se presenta un presupuesto aproximado de los costos de la implementación del proyecto:

Tabla 4: Presupuesto referencial para implementación de sistema de captación de aguas lluvias
Fuente: (FAO, 2013)

ITEM	U	Costo	TOTAL
Tanque de almacenamiento	2	250	500
Interceptor de primeras aguas de 200 L	2	150	300
Sistema de bombeo de agua	1	153	153
Sistema de recolección y conducción al tanque de almacenamiento	1	235	235
MANO DE OBRA			
Albañil o persona de construcción	Jornada de 8h por dos días de trabajo	300	600
Auxiliar de albañil	Jornada de 8h por dos días de trabajo	150	300
TOTAL			\$2088

Fuente: (FAO, 2013)

Cabe resaltar que los costos de la implementación del sistema de captación de aguas lluvias dependerá de acuerdo al material elegido para su implementación.

Propuesta de uso del agua recolectada para riego de huertos

Es necesario resaltar que la propuesta planteada tiene por objeto disponer del agua almacenada para el riego del huerto de la escuela fiscal mixta “Juan León Mera” puesto que como se evidenció a partir de los resultados obtenidos, es posible reemplazar el agua potable implementada a la actualidad para el riego, y hacer uso del agua lluvia,

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

para reducir los costos económicos incurridos a partir del uso del agua potable y además, se vería implementado un sistema de aprovechamiento pluvial sustentable.

Conclusiones

De acuerdo a los datos obtenidos para la precipitación promedio mensual, se identificó como el mes más lluvioso a febrero con un valor de 101,67 mm, y a mayo como el mes con menor precipitación valores de 6,86.

La variación en la demanda de agua requerida para el riego del huerto de la escuela fiscal mixta “Juan León Mera” oscila entre los 16,80 – 18,60 m³ / mes.

El mes con mayor cantidad de agua captada tomando en consideración las pérdidas es el mes de febrero con un valor de 182,09 m³ / mes.

El volumen del tanque de almacenamiento del agua pluvial captada, se tomó como referencia el mes de febrero debido a que se identificó como el mes con mayor acumulación de agua lluvia recolectada. Por lo cual el volumen determinado para el tanque de almacenamiento es de 300 m³, y para su implementación se determinó pertinente la implementación de dos tanques de almacenamiento de 150 m³ ya que las canaletas de recolección de aguas lluvias serían instaladas en los dos edificios mayores de la escuela.

Para la implementación del sistema de aprovechamiento pluvial, se requerirá de una inversión inicial de \$2088 dólares americanos, un costo relativamente bajo considerando que los valores pueden variar de acuerdo al material elegido.

Recomendaciones

Se recomienda en caso de implementarse la presente propuesta, la contratación de mano de obra local para la generación de beneficios sociales en la zona, y la enseñanza de la construcción del sistema propuesto; de manera que, pueda replicarse en establecimientos de la localidad de la presente investigación.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

En caso de requerir utilizar el agua lluvia recolectada para consumo humano, se recomienda efectuar un estudio previo para evaluar la calidad del agua lluvia en base a la normativa ambiental vigente, para aguas con fines de consumo humano.

Si se realiza la implementación del sistema de aprovechamiento pluvial propuesto, se deberán realizar mantenimientos periódicos en lo posible de manera semestral, para evitar daños en la infraestructura. Adicionalmente se deberá realizar la limpieza del tanque de almacenamiento de manera continua, para evitar el crecimiento de bacterias o algas por el almacenamiento de agua pluvial.

Es necesario considerar que para la presente propuesta se consideró la presencia de fenómenos naturales como lo son los fenómenos de El Niño y de La Niña, mismos que se presentaron durante el periodo del 2005-2015, por lo cual, el presente estudio ha sido diseñado en base a las precipitaciones anuales resultantes de las condiciones ambientales de estos fenómenos.

Referencias bibliográficas

Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. (2006). Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. Octubre, 2006, p. 291-300.

Asamblea Nacional Constituyente (2008). Constitución del República del Ecuador. Montecristi.

Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito. LEXIS.

Astudillo, E. K. (2010). El desarrollo sostenible comunitario en un ENP de alto interés científico: el caso de la comuna Loma Alta y su reserva ecológica (Tesis de maestría no publicada). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Astudillo, E. K., Becker, D., Constantino, M., & Hilgert, N. (2006). Identificación de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA's). Veracruz, México.

Ballen Suarez, J. A., Galarza Garcia, M. Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (2006) Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua. Recuperado de: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

Calsotada. (2009). Calsotada. Retrieved from Calsotada: <http://www.calsotada.com/2009/10/22/los-pluviometros-para-el-campo/>

Castañeda, N. P. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de Agua Potable, en la institución Educativa de María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Medellin. (Trabajo de grado). Universidad de Antioquía. Facultad de Ingeniería Ambiental. p. 12-46.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (2003) Especificaciones técnicas captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. Autor.

Co-Innovation (2013). Development of Sustainable Water Solution Using Sand Aquifers. Recuperado de https://www.coinnovation.gov.sg/Co-Innovation-Projects/pages/jtc_sustainablewater.aspx

El Universo. (2013). 76,51% de hogares ecuatorianos tienen acceso al agua potable. Economía, p. 10.

Facultad de Ingeniería Universidad de la República de Uruguay (s.f) Captaciones de agua subterránea y su construcción. Recuperado de <http://www.fing.edu.uy/imfia/ghs/subterraguas/temas/captaciones/captaciones.htm>

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

- FAO (2013). Captación y Almacenamiento de Agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y El Caribe.[Version PDF]
Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>
- Fundación Santiago de Guayaquil (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2019 del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena . Santa Elena. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena .
- García Velázquez, J. H. (2012). Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un Ecobarrio de la Cd. de México. (Tesis para maestría en Ingeniería Ambiental). Mexico: Universidad Autónoma de México.
- Mejía Piña, G. E., & Salamea Cobos, P. (2011). Diseño de un sistema para reciclado, control y utilización de agua lluvia en la ciudad de Cuenca. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Melguizo, S. (1994). Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de abasto en las edificaciones. (Quinta edición ed.). Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Medellín.
- Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Servicios Públicos Domiciliarios. (1999). Programa de Captación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. [Version PDF]. Recuperado de http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/3._presentaciondocumento_tecnico.pdf
- Montes, M. P. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL). Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, 39-57.
- NOAA. (2011). El ciclo hidrológico. [Version PDF] Recuperado de: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/downloads/hidro2010.pdf>

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. (2001).

Desigualdades en el acceso, uso y gasto con el agua potable en América Latina y el Caribe. [Version PDF] Recuperado de:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>

Pidwirny, M. (2006). Fundamentals of Physical Geography (2nda Edición ed.). New York. Recuperado de:

<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2015). Informe sobre Desarrollo Humano 2015. Washington D.C.: Communications Development Incorporated.

Rodriguez Loucel, R., Badia Sierra, E., Porras, J., Viera, R. E., & Orantes, B. R. (2009).

Modelo de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas de extrema pobreza. Revista Entorno, 38-43.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Secretaría Técnica para la Erradicación de la Pobreza (2014). Agua Potable y Alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador. Quito : SENPLADES .

SENAGUA (2009). SENAGUA. Recuperado de:

<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/>

UNEP (2008). Freshwater Resources: Volume by continent. Recuperado de:

<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article32.html>

Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. Guía de diseño para captación del agua lluvia. Perú, Enero, 2001. p 4-8.

Universidad de Granada. (2011). La gestión del agua en España, la unidad de Cuenca.

Revista de Estudios Regionales NO. 92, 199-220. Recuperado de:
http://www.ugr.es/~msalas/articles_spanish/2011_Revista_Estudios_Regionales_92.pdf

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA
ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting
Development. Third Edition, Texas, 2005, p. 5-50.

Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting
Development. Texas, 2005, p. 10-40.

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

APÉNDICES

Apéndice A: Resultados de precipitación mensual del periodo 2005 al periodo 2015.

AÑOS	Promedio Mensual de Precipitación												SUMA	MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
2005	0.9	57.7	21.6	52.9	0	2.5	7.7	7.4	12	38.2	19.7	4.3	224.9	18.7
2006	73	273.6	41.4	3.6	5.9	5.7	9.4	9.2	9.7	6.2	8.4	1.6	447.7	37.3
2007	32.2	20.3	67.5	25	10.1	20.8	37.8	13.9	6.5	39.8	11.5	8.5	293.9	24.4
2008	195.3	143.2	93.6	7	9.9	4.1								
2009							3.1	16.8	9.5	22.1	11.6	5.1		
2010	67	157.4	33.9	82	11.2	12.4	18.2	21.7	17.6	14.5	17.1	69.6	522.6	43.5
2011	55.8	56.2	0	142.3	0	6.4	27.7	20.1	5	14.4	0.6	14.4	342.9	28.5
2012	81.5	120.4	75.6	14.4	3.4	61.9	3.1	16.8	12.8	16.2	1.4	9.3	416.8	34.7
2013	142.8	101.7	141.1	13.5	5.9	24.6	17	10.8	9.5	26	8.4	0.4	501.7	41.8
2014	73.9	70.2	11	8.5	7.5	5.4	13.1	26.9	26.3	21.5	5.5	3.9	273.7	22.8
2015	14.1	16	100.6	149.4	14.7	8.4	17.9	7.2	8.6	4.7	13	11.5	366.1	30.5
PROMEDIO	73.65	101.67	58.63	49.86	6.86	15.22	15.5	15.08	11.75	20.36	9.72	12.86	376.7	31.3555556

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Apéndice B: Registro fotográfico

Visita de inspección y levantamiento de información en estación pluviométrica en comuna Loma Alta



Habitante de la comuna, captando agua potable de tubería aérea



PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UNA ESCUELA DE LA COMUNA LOMA ALTA

Audiencia comunal para presentación de proyecto y elección de sitio para elaborar propuesta de sistema de captación de aguas lluvias



Levantamiento de información en escuela mixta fiscal Juan León Mera

