Ensayos

Sistema de almacenamiento hídrico seguro de bajo costo para zonas marginadas. Caso Chidoco de Juárez, Oaxaca

Resumen

La globalización origina una transferencia de tecnología que beneficien sistemas ambientales; uno muy importante, es la equidad de acceso al agua, aún en las regiones marginadas como la Mixteca de Oaxaca, que muestra una carencia del recurso hídrico potable.

El CIIDIR-Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional, buscó para la comunidad de Chidoco de Juárez, Nochixtlán, Oaxaca, una alternativa para la provisión de un acceso seguro al agua, de bajo costo, y que no ocasione un detrimento en la calidad del agua potable.

Se determinó si la zona registra un periodo de sequía o un estado de aridez, los resultados indican condiciones hidrológicas normales, es más significativa la deforestación y la falta de suelos lo que origina el déficit hídrico.

Para generar una baja incertidumbre para el aseguramiento hídrico, se construyó un almacenamiento cilíndrico de ferrocemento de 123 m3 de capacidad, formado por un esqueleto de mallas recubiertas con mortero hidráulico.

Este sistema tiene un costo de $1.025 por litro de almacenamiento comparado con el $1.89 del sistema tradicional de mampostería y losa de concreto, además que facilita la apropiación de la tecnología por parte de la comunidad, aunado a la seguridad de un abastecimiento potable libre de contaminantes.

Abstract

Globalization creates a transfer of technology that benefits environmental systems, one very important example is the equity of access to water, even in marginalized regions such as the Mixteca region of Oaxaca which shows a lack of drinking water resource.

The CIIDIR-Oaxaca, research center of National Polytechnic Institute, sought for the community of Chidoco Juárez, Nochixtlán, Oaxaca, an alternative to the provision of secure access to water, at low cost which does not lead to a detriment in the quality of drinking water.

It was determined whether or not the area recorded a period of drought or a state of aridity, resulting in a zone with normal hydrological conditions, this indicates that it is more significant deforestation and the lack of soils which initiate a water deficit.

To generate a low uncertainty for securing water, a storage facility of cylindrical ferrocement of 123 m3 of capacity was built, consisting of a skeleton of metallic meshes lined with hydraulic mortar.

This system has a cost of $1,025 per liter of storage compared with the $1.89's traditional system of masonry and concrete, further facilitates the appropriation of technology by the community, coupled with the safety of a drinking supply free of contaminants.

Abstrait

La mondialisation provoque un transfert de Technologies qui bénéficient aux systèmes environnementaux : l'un d'eux, très important, est l'égalité d'accès à l'eau même dans les régions isolées comme la Mixteca de Oaxaca, qui présente une carence en eau potable.

El CIIDIR-Oaxaca de l'Institut Polytechnique Nacional, a cherché, pour la communauté de Chidoco de Juarez, Nochixtlan, Oaxaca, une alternative pour l'approvisionnement d'un accès sûr à l'eau, à bas coût, et qui ne provoque pas de dommage sur la qualité de l'eau potable.

On a déterminé si la zone présentait une période de sécheresse ou un état d'aridité, et les résultats indiquent des conditions hydrologiques normales. L'origine du déficit en eau la plus significative est la déforestation et la pauvreté des sols.

Pour baisser l'incertitude quant à l'approvisionnement hydrique, on a construit un magasin cylindrique en alliage fer-ciment d'une capacité de 123 mètres cubes, formé par une structure en mailles recouvertes de mortier hydraulique.

Ce système a un coût de 1,025 pesos par litre stocké comparé au 1,89 pesos du système traditionnel de maçonnerie et dalle en ciment. De plus, il facilite l'appropriation de la technologie par la communauté ceci ajouté à la sécurité d'un approvisionnement potable protégé d'éléments contaminants.

Palabras clave: agua potable, déficit hídrico, ferrocemento

Morales-Domínguez Valentín J. *
Aragón-Sulik Manuel D. **
Ortiz-Guzmán Margarito***

* Profesor- Investigador. Línea de investigación: Construcción.

** Profesor- Investigador. Línea de investigación: Protección ambiental

*** Profesor- Investigador. Línea de investigación: Construcción

CIIDIR IPN Unidad Oaxaca.

Introducción

La meta 10 de los objetivos de Desarrollo del Milenio (ONU, 2005) consiste en reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y saneamiento básico. El agua insegura es líder en causar muertes y enfermedades en sociedades económicamente en desventaja (Linkov et al., 2004). Se tienen cifras mundiales, por ejemplo, cerca de dos millones de gentes mueren cada año debido a

enfermedades hídricas tales como el cólera, la fiebre tifoidea, disentería amibiana y otros tipos de diarreas (Mintz et al., 2001).

El almacenamiento seguro para el agua se ha reconocido como una necesidad básica, sin embargo ésta se dispone en la agenda secundaria de los gobernantes, y la provisión del agua la resuelve el consumidor final, aún cuando ésta no sea segura, una responsabilidad debe ser asumida por las autoridades gubernamentales.

Estudios previos han mostrado que el agua almacenada en recipientes con aberturas grandes y expuestas son más sensibles a contaminarse, y se han relacionado con la transmisión del cólera (Swerdlow,1997). Por otra parte, la reducción de la bacteria E. Coli después de 24 hrs de tratamiento se reduce con el empleo de tapas cerradas y válvulas de operación (Ogutu, 2001).

Después de Chiapas, el estado de Oaxaca tiene la tasa más alta de mortalidad por diarreas en el país, 34 por mil habitantes en el 2004 (SSA, 2004), además debido al analfabetismo agudo predomina el desconocimiento de prácticas de higiene y saneamiento. La situación en porcentaje de la población con vivienda de agua entubada y de drenaje es de las más bajas del País, menor al 50%, así como la eficiencia de la cloración es de 81.4%, menor que la media nacional (CNA, 2007).

La Mixteca es de las regiones de Oaxaca con condiciones geográficas adversas, ésta se encuentra en la parte suroeste del Estado y presenta severos problemas hídricos. Específicamente, la comunidad de Chidoco de Juárez, con coordenadas geográficas 16º58'02.6'' latitud norte y 97'13''28.4'' longitud oeste, en la Sierra Sur de Oaxaca y perteneciente al Municipio de San Miguel Piedras, Distrito de Nochixtlán, Oaxaca. no cuenta con un sistema de abastecimiento hídrico seguro (fig. 1).

En la zona existe una tasa de deforestación alta, con una cubierta vegetativa de árboles que mudan sus hojas en épocas de secas. Existe sobreaprovechamiento del escaso bosque debido al sobrepastoreo y/o el empleo para leña. Por su parte, el suelo es desnudo, seco, y muy escaso, presentando afloraciones de material calizo, el riesgo de desertificación de la zona es latente (fig. 2).

Dentro del trabajo cotidiano de las mujeres de la comunidad, quienes son las responsables de la higiene doméstica, los alimentos y el agua, involucra el acarreo del agua desde el manantial y/o pozos más lejanos (fig. 3).

Recientemente organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han incrementado la promoción de tecnologías en comunidades sin una confiable distribución de agua potable, con el fin de reducir la dependencia de fuentes superficiales usualmente contaminadas (Linkov et al., 2004). Bajo este esquema

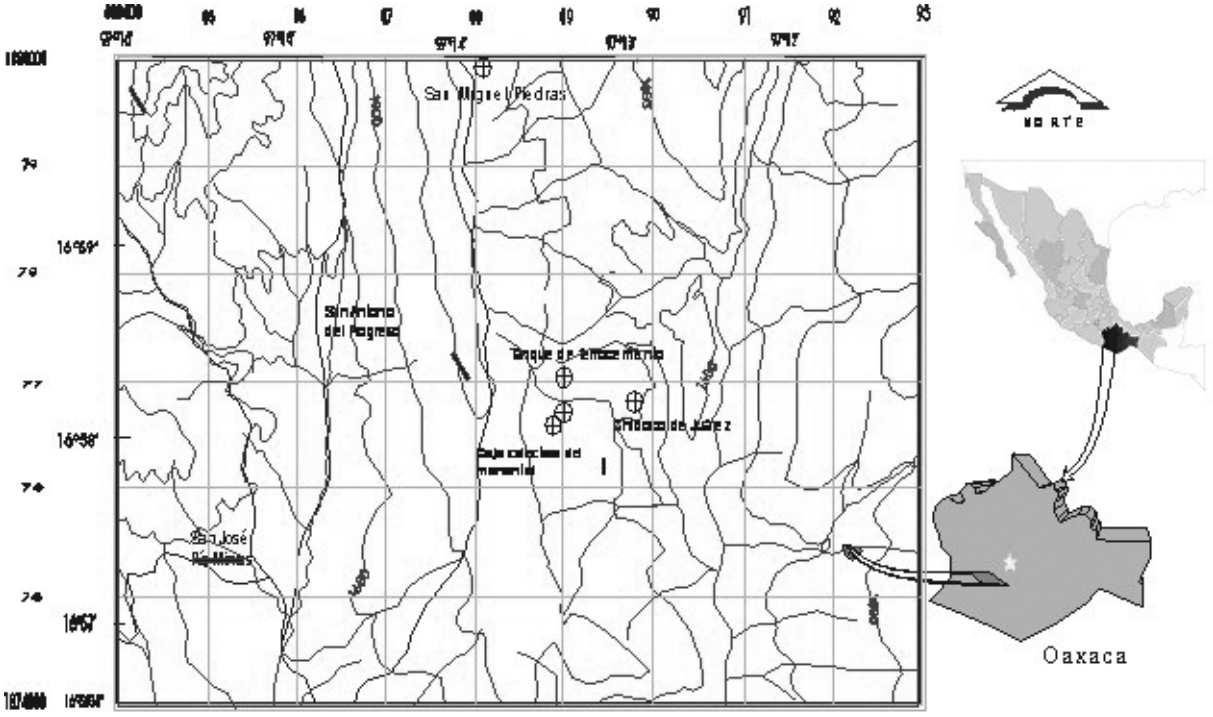

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

FIGURA 2. AFLORAMIENTOS CALIZOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

FIGURA 3. SITUACIÓN COTIDIANA EN EL ACARREO DEL AGUA PARA SU EMPLEO DOMÉSTICO EN LA COMUNIDAD DE CHIDOCO.

el objetivo del trabajo es facilitar una alternativa para almacenar el agua de manera segura. Esto se consigue mediante la construcción de un tanque de ferrocemento con características que le permitan cumplir con normatividad ambiental y que sea de bajo costo, además de buscar la sistematización del abastecimiento potable mediante la práctica del empoderamiento de la comunidad y su capacidad de manejo a nivel local haciendo suya la tecnología del ferrocemento.

El empleo del ferrocemento como material de construcción tiene bondades sobre otros materiales. Los almacenamientos elaborados con materiales ferrosos, tienen problemas con la corrosión por la actividad electroquímica (Neville, 2001).

Metodología.

Se realizó un estudio hidrológico de la zona; los datos climatológicos de la estación Huitepec, situada a escasos siete kilómetros, muestran precipitaciones de 848 mm por año (IMTA, 1999). Para comprobar si la zona es árida se determinó el cociente de sequedad (Cs) con un coeficiente de albedo □= 0.18 (Campos, 2006). El Cs es de 1.716. Se observa en la tabla 1 que la zona se encuentra ubicada en una zona subhúmeda, muy cerca del rango semiárido.

Así también, para verificar si la escasez de agua se debe a un periodo de sequías, se realizó un análisis de precipitaciones, aplicando el método del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), y considerando la definición de sequía de la Organización Meteorológica Mundial (1992): "Un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico".

TABLA 1. RANGOS DEL COEFICIENTE DE SEQUEDAD PARA DIFERENTES REGIONES CLIMÁTICAS

Región climática	Coeficiente de sequedad
Húmeda	**<1**
subhúmeda	**1<CS<2**
semiárida	**2<CS<7**
Árida	**7<Cs<10**
desierto	**10<CS**

La naturaleza del SPI determina la presencia de una sequía o un evento anómalo para un periodo particular con datos únicamente de precipitación (McKee et al, 1993).

Para implantar el sistema de almacenamiento se realizaron reuniones con los habitantes de la comunidad para que lo aceptaran, debido al poco conocimiento en sus bondades; así como, se les instruyó una tecnología desconocida para ellos, como es el ferrocemento.

Se realizaron recorridos en la comunidad para determinar el sitio adecuado para la construcción del tanque, de forma que su alimentación sea por gravedad, constatar la diferencia de niveles con equipo topográfico. Se realizó el trazo en el sitio y se excavó manualmente parte del suelo rocoso.

El sistema consiste de un esqueleto de varillas y/o malla electrosoldada al que se adhieren mallas de diámetros más delgados y tejido más cerrado como la malla de gallinero y el metal desplegado, al que se le recubre con una mezcla de mortero cemento arena de proporción adecuada. El material obtenido es de poco espesor y adquiere una alta resistencia. El diseño del tanque es cilíndrico, reforzado con nervaduras vertica-

les en sus muros y horizontales en su tapa, siendo esta última en forma de cúpula.

El mortero de las paredes tiene la bondad de ser un material eléctricamente inerte, además que su acabado fino impide que las partículas sólidas se adhieran a las paredes. Otro aspecto importante es la generación del proceso de lavado o desgaste de las paredes en contacto con el agua, que se debe al volumen de agua implicada en la relación superficie interna y la longitud a la cual el mortero entra en contacto con el agua (Neville, 2001), fenómeno que se reduce en este sistema si se considera que la relación volumen-superficie es grande, por lo que el potencial de desgaste o lavado es mínimo.

Resultados.

Los resultados obtenidos al aplicar el método SPI se muestran en la tabla 2, donde el valor de MH corresponde a "muy húmedo"; H corresponde a una "humedad moderada" y N a una situación casi normal. La evaluación del índice estandarizado de precipitación define a la zona con condiciones hidrológicas normales; no obstante, por problemas de deforestación y falta de suelos se considera una zona con déficit hídrico.

TABLA 2. ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN PARA EL REGISTRO DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA "HUITEPEC".

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
ene	MH	MH	MH	MH	MH	H	MH	MH	MH
feb	MH	MH	MH	MH	MH	N	MH	H	N
mar	MH	MH	N	H	MH	N	H	H	N
abr	MH	H	N	H	MH	N	H	N	N
may	N	N	N	H	MH	N	H	N	N
jun	N	N	N	H	H	N	N	N	N
jul	N	N	N	N	H	N	N	N	N
agos	N	N	N	N	N	N	N	N	N
sep	N	N	N	N	N	N	N	N	N
oct	N	N	N	N	N	N	N	N	N
nov	N	N	N	N	N	N	N	N	N
dic	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Se construyó un tanque de ferrocemento con capacidad para almacenar 123 000 litros de agua y se capacitó a la comunidad en la construcción de este tipo de obras. (fig. 4). Los costos en obras de almacenamiento de agua tradicionales fluctúan entre 1.20 y 1.90 pesos por litro de agua almacenada, en esta obra se redujo el costo a 1.025 pesos.

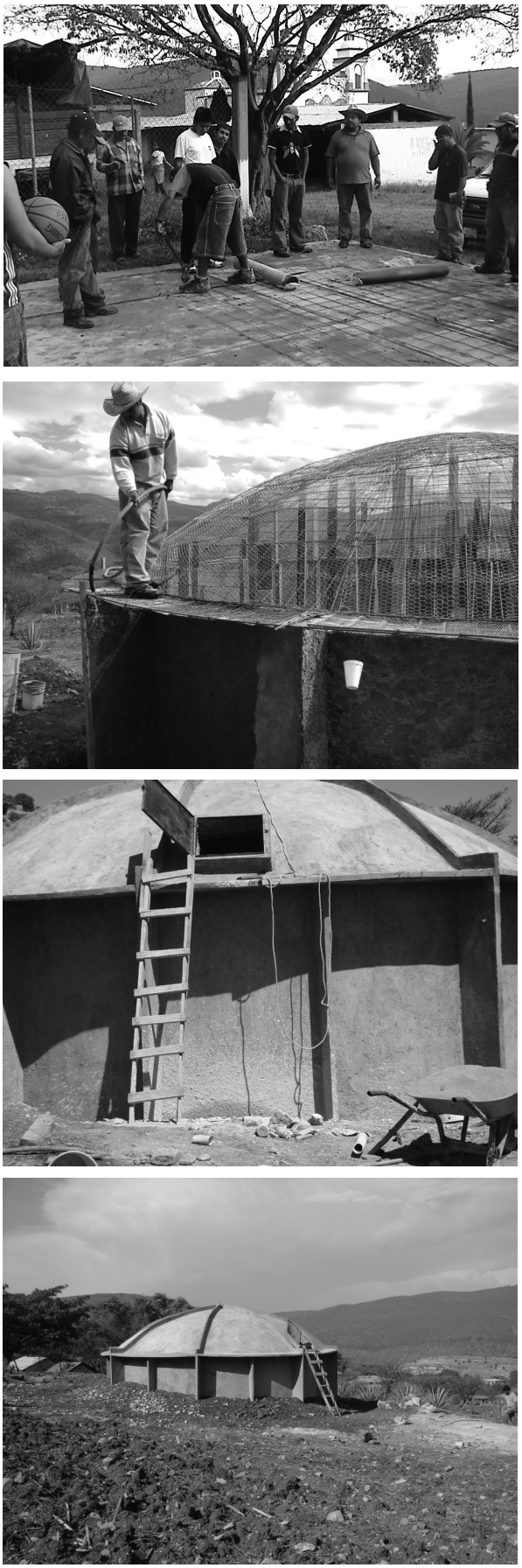

FIGURA 4. ESQUEMA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El Tanque construido cumple el objetivo de eficiencia económica, aún cuando no cumple con maximizar el rendimiento de dinero, la mano de obra y los materiales invertidos, si se mejora con respecto a otros sistemas tradicionales, además que facilita la apropiación de la tecnología por parte de la comunidad, a la cual se le presentó un taller para construir más sistemas como éste.

Discusión y conclusiones

El problema del agua se agudiza cada vez más tanto por el incremento en su demanda como por los cambios hidrológicos a nivel mundial. A pesar de existir una precipitación media anual de 848 mm, que los resultados del método estandarizado de precipitación manifiestan un situación normal de precipitaciones, y que la zona tiene un cociente de sequedad que no refleja una zona árida, en la comunidad existe un déficit de agua, originado principalmente por la falta de retenciones naturales que impidan el paso de las corrientes, así como por una baja capacidad del suelo para retener humedad. La búsqueda de medios de retención del flujo para los periodos de estiaje, obligan a la comunidad a utilizar tecnologías alternas, como es la construcción de tanques de ferrocemento. Estas obras de almacenamiento permiten dotar del vital líquido a las personas a un costo razonable y propician el desarrollo de las comunidades.

Se espera que este tipo de obra permita un descenso de la morbidez y la mortalidad causado por enfermedades derivadas de la contaminación hídrica, y asociadas a la falta de aseo personal, ya que está comprobado que el mortero ofrece mejores condiciones sanitarias que otros materiales constructivos

Referencias

Campos A. D. F.

2006. *Aplicación del cociente de sequedad en la República Mexicana*. Revista Tláloc AMH, No. 36, Enero-Abril ,México. Pp. 13-23.

Comisión Nacional del Agua.

2007. *Estadísticas del Agua en México*. CNA, SEMARNAT, México

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

1999. *ERIC II, Extractor rápido de Información climatológica, v.2.0, versión disco compacto.* México.

Linkov I. and B. Ramadan

2004. *Comparative risk assessment and environmental Decisión making,* 99-112., Kluwer academic Publishers, Netherlands.

McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist

1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprint. Eight Conference on applied climatology, January 17-22. Anaheim: California. pp. 179-184.

Mintz E., Bartram J., Lochery P., and Wegelin M.

2001. *Not Just a Drop in the Bucket: Expanding Access to Point-of-Use Water Treatment Systems*. American Journal of Public Health. 91(10)

Neville A.

Effect of cement paste on drinking water materials and structures/Matériaux et Constructions, vol. 34, july 2001, pp 396-372

Ogutu P., Garret V., Barasa P. Ombeki S., Mwaki A., And R. E.,

2001. *Quick, Seeking safe storage: A comparison of drinking water quality in clay and plastic vessels*. American Journal of Public Health, vol 91 No 10.

Organización Meteorológica Mundial

1992. *Vocabulario Meteorológico Internacional*. Publicación No. 182. Ginebra, Suiza.

Proyecto del Milenio de las Naciones Unidas

2005. *Invirtiendo en el desarrollo: Un plan práctico para conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio*, Nueva York.

Swerlow D. L. Malenga G., Begkoyian G.

1997. *Epidemic cholera among refugees in Malawi, Africa: treatment and transmission.* Epidemiol. Infect. 197; 118: 207-214.

Secretaría de Salud. DGIS.

2004. *Boletín de Información Estadística*. Volumen I y III. México,