

Experiencias con Bombas de Mecate en tres escuelas del Subdepartamento de Bengbis, Provincia del Sur, Camerún

Helena Burbano

ZyL. helenaburbano@gmail.com

Loreto Rebollo

ZyL. loretorebollo@gmail.com

José Luis Cacho

ZyL. cachotienza@gmail.com

Pedro Luis Vadillo

ZyL. pedrolvadillo@gmail.com

Miguel Martínez de Guzmán

ZyL. miguelmdg@hotmail.com

Guillermo de la Figuera

ZyL. gdelafiguera@hotmail.com

Rubén García García

ZyL. ruwen86@gmail.com

Resumen

La ONGD Zerca y Lejos ha implementado e introducido la tecnología Bomba de Mecate en los pozos de tres escuelas del Subdepartamento de Bengbis, en la Provincia del Sur de Camerún, frente a tecnologías más inaccesibles y más extendidas en la zona, como es la bomba de embolo, India Mark, que dificultan que la población tenga acceso continuo al agua segura, por falta de recursos, principalmente económicos. La sencillez de su fabricación ha permitido al equipo construirla en terreno con la colaboración de técnicos locales, utilizando fundamentalmente materiales locales y tratando de transmitir esta nueva tecnología a las comunidades beneficiarias. Tras más de tres años de trabajo con esta tecnología apropiada al contexto, se ha podido detectar una serie de problemas técnicos, sociales y económicos. Además de hacer frente a dichos problemas implementando mejoras en los diseños, se ha impartido formación técnica sobre el mantenimiento y construcción de las bombas y se ha fomentado la participación comunitaria, todo ello con el fin de asumir y garantizar el buen estado y la continuidad de las infraestructuras.

Palabras clave: Camerún, escuelas, agua segura, Bomba de Mecate, India Mark, tecnología apropiada, construcción, problemas y mejoras

Resumo

A ONG Zerca y Lejos implementou e introduziu a tecnologia Bomba de mecate nos poços de três escolas do Subdepartamento de Bengbis, na província do sul de Camarões, à frente das tecnologias mais inacessíveis e difundidas na área, tais como a bomba de pistão, India Mark, que dificulta o acesso permanente da população à água potável, por falta de recursos, principalmente econômicos. A simplicidade da sua fabricação permitiu à equipe

DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo

2014, 1, desde pág. 185 - hasta pág. 203

ISSN: 2386 – 8546

construir-laem terreno com a ajuda de técnicos locais, utilizando principalmente materiais locais, e tentando transmitir essa nova tecnologia para as comunidades beneficiárias. Depois de mais de três anos de trabalho com essa tecnologia apropriada ao contexto, foi possível detectar uma série de problemas técnicos , sociais e econômicos. Além de fazer frente a esses problemas implementando melhorias no design, estão sendo ministrados cursos de formação técnica para manutenção e construção das bombas, estimulando a participação da comunidade, com o intuito de assumir e garantir o bom estado e a manutenção das infraestruturas.

Palavras-chave: Camarões, escolas, água potável, Bomba de corda , Índia Mark, tecnologia, atualizações, construção, problemas e melhorias

1. Contextualización del proyecto con Bombas de Mecate

El proyecto se desarrolla en el subdepartamento de Bengbis, departamento de Dja et Lobo, situado en la Provincia del Sur de Camerún, que cuenta con una población de 16.000 a 20.000 habitantes distribuidos en 65 pequeños poblados de no más de 500 habitantes cada uno y diseminados radialmente alrededor de la capital, Bengbis Ville, donde se concentra la mayor parte de la población, unos 3.000 habitantes.

La economía de la región se basa fundamentalmente en una agricultura de subsistencia a través del cultivo de productos locales: plantain, plátanos, macabó, madioca, cacahuetes, café y aceite de palma, entre otros. El acceso a la sanidad y a la educación es deficiente. La sanidad es de provisión pública aunque no su financiación, por lo que un 30% de la población carece de asistencia médica. La matrícula escolar es gratuita; sin embargo, existe un grave problema de absentismo entre los profesores y alumnos por motivos económicos y sociales que impide garantizar una enseñanza de calidad.



Figura 1. Contexto.

En cuanto a infraestructuras, la región carece de unas condiciones mínimas de habitabilidad básica. Menos del 70% de la población a cuenta con acceso al agua segura a menos de 250 m y se abastecen a través de aguas procedentes de fuentes, de las cuales más de una treintena han sido construidas por Zerca y Lejos (ZyL de ahora en adelante), pozos construidos por distintos programas del gobierno u otros organismos, manantiales naturales como el que aparece en la Figura 2, siendo este el modo más extendido y/o directamente de los ríos. Tampoco existen servicios de saneamiento como recogida de desechos, alcantarillado

o canalización de aguas residuales. El acceso a la electricidad es muy precario fuera de Bengbis Ville. Muchos pueblos cuenta con un enganche a la red, pero no existe ningún tipo de planificación de ampliaciones, ni de potencias contratadas, por lo que la distribución de energía no es constante ni estable, provocando frecuentes incidencias a los usuarios. Las vías de acceso son mayoritariamente pistas de tierra y el transporte público es muy escaso y de promoción privada. La red de telecomunicaciones tiene una cobertura insignificante respecto a la totalidad de la región.

ZyL lleva trabajando en la zona desde 2001, habiendo extendido recientemente su intervención a otras áreas de Camerún. Los proyectos que acomete se organizan en cuatro planes de desarrollo: Salud, Educación, Habitabilidad Básica e Infraestructuras y Animación al Desarrollo Socioeconómico, proporcionando así una acción integrada multidisciplinar.



Figura 2. Manantial natural del que se abastece la población.

Desde el inicio de sus acciones, uno de los principales objetivos de ZyL es la mejora del acceso al agua potable segura y al saneamiento saludable, contando para ello con un programa específico, “Agua” que se integra dentro del Plan de Habitabilidad Básica e Infraestructuras. Con este programa se pretende mitigar las enfermedades de transmisión fecal-oral, las parasitosis intestinales o geohelmintiasis y la patología oral, enfermedades más frecuentes entre la población.

En dos estudios de línea de base realizados por ZyL en 2008 (GONZÁLEZ ALRCÓN, D., *et al.* (2008)) y 2010 (PEREA, C. y BUENO, A.(2010)) se identificó tanto una prevalencia de la caries dental en población adulta de 16 a 74 años del 88,57 % y del 37,5% en dentición temporal, como una prevalencia de parásitos intestinales en niños de 5 a 15 años del 63,4 %. Estos trastornos crónicos dificultan el rendimiento escolar y el desarrollo pleno del niño.

Contribuir al logro del derecho a una educación básica y de calidad, a través de la mejora del estado de salud y del acceso al agua potable segura y al saneamiento saludable supone un objetivo clave para la reducción de la pobreza y el desarrollo de las comunidades deprimidas. UNICEF, UNESCO, la OMS y el Banco Mundial desarrollan en 2000 la estrategia *FRESH* (Focussing Resources on Effective School Health) que consiste en focalizar los recursos en una salud escolar efectiva por Worldbank (2011) y Unesco (2000). ZYL pretende contribuir a esta iniciativa con el proyecto de “Escuelas Saludables”, alineándose también con el enfoque integral *WASHED* (Water, Actors, Sanitation, Hygiene, Education, Environmental Management and Deworming) establecido por la OMS para la lucha contra las enfermedades parasitarias y diarreicas agudas en World Water Council (2003) y Unhábitat (2002).

Escuelas Saludables pretende mejorar la salud de los niños escolarizados en las 29 escuelas de educación primaria (Figura 3) del Subdepartamento de Bengbis y lo acomete en cuatro líneas estratégicas de actuación:

1. A través de la desparasitación sistemática anual de todos los niños de 5 a 15 años.
2. Mediante la formación y el fortalecimiento del profesorado como educadores en una higiene saludable.
3. Dotando a cada escuela de un pozo de agua potable con bomba manual, letrinas mejoradas y un punto de lavado de manos con agua y jabón.
4. Con la distribución de cepillos y pastas de dientes.



Figura 3. Aula de una de las escuelas.

El proyecto, actualmente en activo, incluye actividades de capacitación de la población a través de la formación de comités de gestión y mantenimiento de las infraestructuras y talleres de formación en soldadura que permitirán a técnicos o futuros técnicos locales con nociones previas en esta maestría, en la construcción de Bombas de Mecate. Hasta la fecha se ha llevado a cabo una primera fase de construcción, subvencionada por la Universidad Politécnica de Madrid en 2010, que consistió en la construcción de las infraestructuras en siete escuelas del subdepartamento. En todos los pozos se implementaron bombas manuales; tres de ellas son Bombas de Mecate y las otras cuatro son Bombas de émbolo, India Mark II.

2. Trabajos y consideraciones previas a la ejecución de las Bombas de Mecate

2.1. Contexto geográfico y geológico

El subdepartamento de Bengbis localizado a unos 3°27' latitud N, 12°27' longitud E y 641msnm de altitud (Getamap, 2013), ocupa un área de 4.000 km² en un entorno de densa selva ecuatorial al sur de Camerún (Figura 4). El régimen de precipitaciones es el que corresponde a las áreas de latitudes próximas al ecuador, con dos estaciones secas y dos lluviosas y precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 2.000 mm. anuales (GUTIÉRREZ, M (2001)).

Geológicamente el área está constituida por un zócalo de metasedimentos compuesto por micaesquistos formados durante el ciclo orogénico panafricano hace 570 M.a. (Neoproterozoico) (SCHLÜTER, T. (2008), MAURIZOT, P. (2000)). Sobre dicho zócalo se deposita un perfil de meteorización compuesto por una sucesión de capas entre las que se encuentra el nivel acuífero que abastece a las poblaciones del subdepartamento de Bengbis. Se trata de un acuífero parcialmente libre de permeabilidad media, constituido por arenas blanco-grisáceas de grano de muy fino a medio, con un alto porcentaje de limos (Figura 4). Se sitúa a una profundidad variable, dependiendo de la topografía, y tiene poco espesor pero gran extensión. El nivel piezométrico o freático se ha registrado desde la superficie hasta 27 m de profundidad, observándose una fluctuación periódica del mismo asociada al régimen

estacional pluviométrico, llegando a oscilar hasta unos pocos metros. El acuífero aflora frecuentemente en superficie a través de numerosos manantiales y humedales.

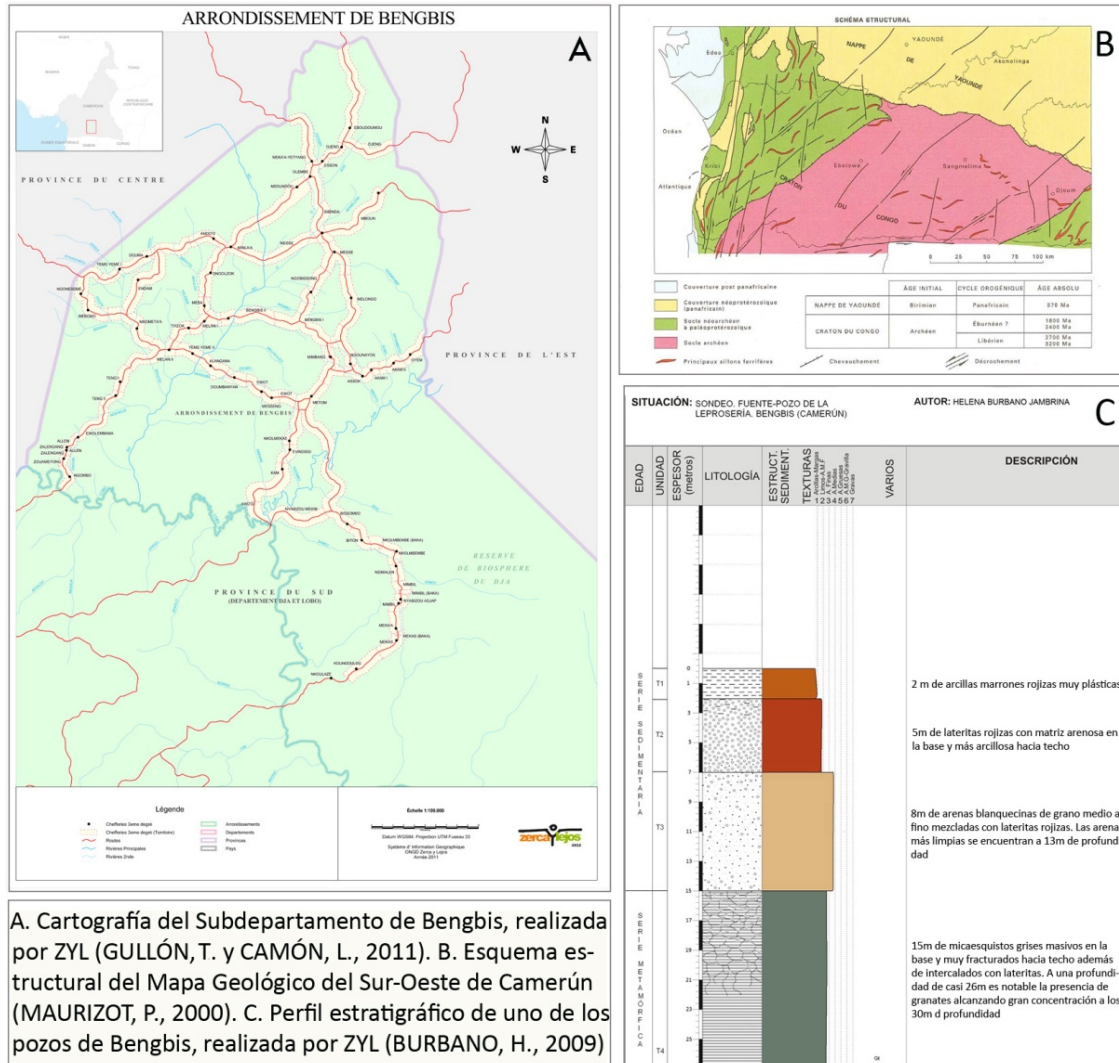


Figura 4. Figura de situación.

2.2. Fuentes de información utilizadas para la preparación de los trabajos

El conocimiento de la tecnología de la bomba de Mecate por Zyl se produjo a raíz de la participación de varios de sus voluntarios en la asignatura de Hidráulica aplicada a Proyectos de Desarrollo impartida en la EUITI. Habiendo identificado el austero contexto económico y las dificultades que encontraba la población para el mantenimiento de las bombas de sus pozos (con un claro predominio de la Bomba de émbolo tipo India Mark, cuyo inasequible mantenimiento conllevaba el abandono de las infraestructuras), se propuso implementar la tecnología de la Bomba de Mecate.

Previamente a su ejecución sobre el terreno se llevaron a cabo los trabajos de documentación basados fundamentalmente en el Proyecto de Fin de Carrera "Bomba de Mecate convencional y Sobreelevada. Experiencias en Nicaragua y desarrollo constructivo para implantación en centros de salud de Mozambique" por REBASSA, G. en colaboración con MANCEBO J. A. de 2008 y el "Manual de la Bomba de Mecate Sobreelevada (BM-II)"

(MANCEBO, J.A., REBASSA, G., 2010). Algunos de los materiales que se utilizaron para la fabricación de la bomba fueron preparados en el laboratorio de la EUITI.

2.3. Viabilidad y sostenibilidad de la tecnología escogida

A pesar de que la Bomba de Mecate era una tecnología desconocida en la zona, se escogió por sus múltiples ventajas: su sencilla tecnología y su fácil replicación evita a la población depender de técnicas más sofisticadas; el coste de su construcción es menor que el de otras bombas manuales; se puede construir *in situ* con materiales accesibles localmente, junto con los técnicos locales con una formación específica que no requiere una alta cualificación; su mantenimiento es sencillo y la reposición de sus piezas es asequible y de poca complejidad para un técnico local tras una formación. Sin embargo, a pesar de todas estas ventajas y del conocimiento del éxito de su implantación en contextos similares, ZYL optó por ejecutarlas en sólo tres de los colegios a modo de prototipo para poder evaluar su aceptación y rendimiento.

2.4. Obras de perforación de los pozos

La perforación de los pozos se realizó artesanalmente utilizando el pico y la pala como herramientas, siendo esta la técnica más extendida en la zona. Los trabajos de excavación se encargaron a la empresa local "Puits de Jacob" y se ejecutaron durante la pequeña estación seca (julio-agosto).

El proceso de construcción del pozo comienza con el replanteo sobre el terreno mediante estaca y cuerda, continuando con la excavación hasta alcanzar el nivel acuífero. En este momento se introduce el primer anillo cilíndrico de hormigón en masa de 1 m de diámetro interno, 50 cm de altura y 5 cm de espesor (Figura 5), que ha sido construido *in situ* con anterioridad. Este primer anillo protegerá a la persona que excava de posibles desprendimientos en la zona saturada. Una vez colocado, continua la excavación por el interior del anillo y bajo el mismo, de modo que se va hincando en el terreno. Sobre este anillo se van introduciendo tantos anillos como sean necesarios hasta alcanzar la profundidad equivalente al nivel freático en el momento de la excavación, más una reserva de agua equivalente a 4 m³. Estos cilindros van machihembrados y entuban el pozo en profundidad. Se colocan con la ayuda de una polea y cada anillo tiene 4 agujeros de unos 3 cm de diámetro que se localizan a mitad de la altura del cilindro y equidistantes entre sí.



Figura 5. Anillos de hormigón en masa.



Figura 6. Losa inferior.



Figura 7. Excavación de uno de los pozos con la losa intermedia.



Figura 8. Losa superior.

Una vez terminada la excavación, se dispone en el fondo una capa filtrante de encachado de 70 cm de espesor compuesta por gravas seleccionadas de granito de 3 a 4 cm de diámetro. Estas gravas también son utilizadas como prefiltro relleno el espacio existente entre el terreno y los anillos de hormigón. Sobre la capa de encachado se coloca la losa inferior de hormigón en masa, perforada con agujeros de unos 5cm de diámetro (Figura 6). Sobre la columna de anillos se coloca la losa intermedia de hormigón armado con redondos (Figura 7), con un diámetro de 1,05 m y con un agujero central de diámetro semejante al de la tubería de PVC de encamisado de la bomba. Una vez alcanzada la superficie se coloca una losa superior de hormigón armado, de 1,20 m de diámetro con un agujero central semejante al de la losa intermedia (Figura 8), sobre dos vigas de hormigón. Alrededor de la plataforma superior se construye una plataforma de desagüe (Figura 9) que evitará el estancamiento que podría conllevar posibles contaminaciones.



Figura 9. Plataforma de desagüe.

3. Bombas de Mecate. Construcción, instalación y mantenimiento

La Bomba de Mecate es de simple fabricación y eficaz en su funcionamiento. Consiste en un bucle continuo de cuerda en la que se colocan unos pistones a una distancia determinada y que pasa por una polea tractora situada en la parte superior del pozo, al nivel de la superficie, permitiendo su manejo manual. La cuerda se desliza hasta el fondo del pozo y, tras pasar a través de la polea inferior, asciende discurriendo por el interior de una tubería de PVC, encerrando un volumen de agua que se eleva hasta la salida. En la parte superior del tubo se ensambla una conducción para recoger el agua elevada y enviarla a un posible recipiente, mientras la cuerda sigue dando vueltas (MATEO GONZÁLEZ, O., *et al.*, 2010). El esquema de la Bomba de Mecate que ZYL ha construido se refleja en la Figura 10.

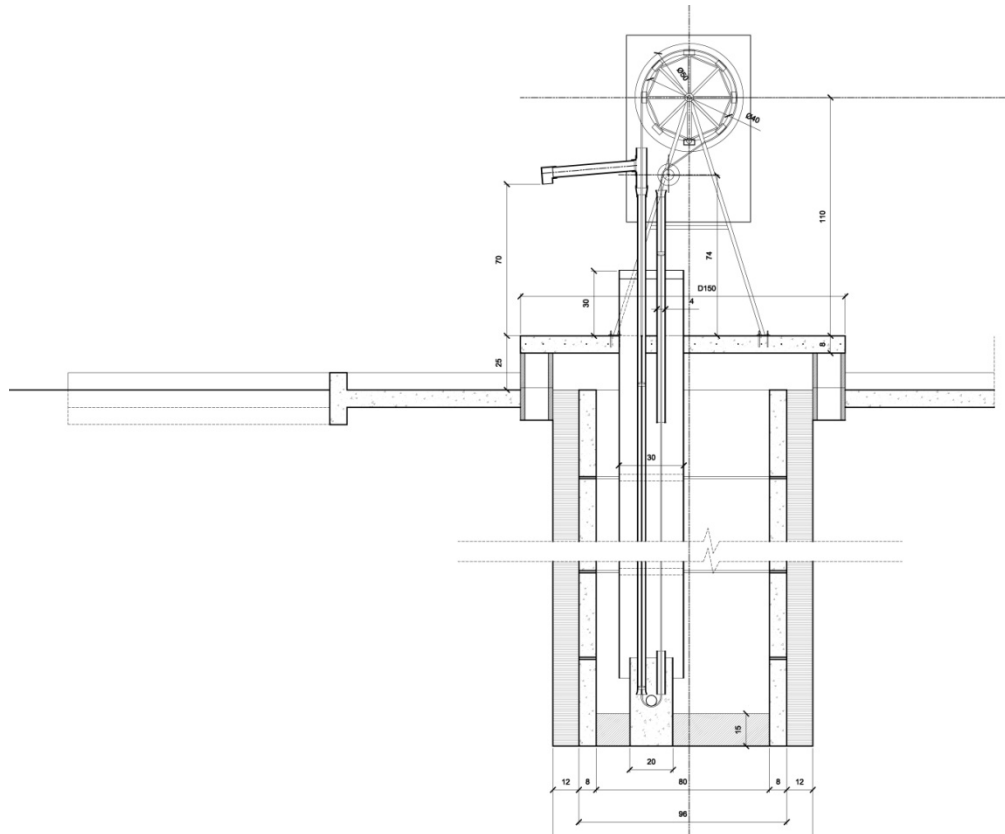


Figura 10. Esquema de la Bomba de Mecate implementada en las tres escuelas. Figura realizada por ZYL (MATEO GONZÁLEZ, O. *et al.*, 2010).

3.1. Construcción e instalación

Las bombas de Mecate instaladas están constituidas por los siguientes elementos:

La **polea tractora** (Figura 11) pone en marcha todo el conjunto transformando la energía mecánica en hidráulica. La rueda está constituida por dos fragmentos de neumático de 16' unidos con pletinas metálicas, donde se sueldan redondos radialmente dispuestos que la unen al **eje** que contiene la manivela. La **manivela**, que ejerce la fuerza motriz, está unida al eje con un tornillo que permite desmontarla, impidiendo así el funcionamiento imprevisto de la bomba.



Figura 11. Polea tractora.

La **estructura** (Figura 12) que sostiene la polea está formada por redondos de acero que se disponen configurando dos triángulos, a modo de patas, soldados a un perfil de enganche

abierto en la parte inferior para poder anclarla al suelo con tornillos. El eje, junto con la polea, queda unido por dos manguitos con rodamientos en su interior situados en los dos vértices superiores del triángulo de la estructura. Los rodamientos se pueden lubricar por una apertura superior que se desatornilla para favorecer su funcionamiento.



Figura 12. Estructura de la polea.

La **polea de guiado** (Figura 13) tiene por función dirigir la cuerda hacia el orificio de entrada evitando que los pistones se salgan de la polea tractora mediante un tope. El espesor de su garganta es superior al diámetro de los pistones para que puedan pasar sin dificultad. Se une a la estructura de soporte a media altura mediante una abrazadera metálica. La polea puede regularse mediante una varilla roscada, que sirve para adaptar la caída de cables de la polea a la distancia existente entre las cuerdas de subida y bajada.



Figura 13. Polea de guiado.

La **cobertura** (Figura 14) es una chapa de aluminio de poco espesor que cubre la estructura en su totalidad con dos aperturas: una para la polea y otra para el tubo de salida de agua. El eje puede desengancharse y sacarse para quitar toda la cobertura, que está enganchada al suelo.



Figura 14. Cobertura de aluminio.

La **cuerda** (Figura 15) que contiene los pistones es de propileno (PP) y tiene 4mm de diámetro y una longitud equivalente al doble de la profundidad del pozo más la altura de la estructura de la polea. Este elemento fue comprado en España, aunque podría haberse utilizado cuerda local resistente, que no se deteriore en presencia continua de agua y en el que puedan hacerse nudos sin dificultad. Los **pistones** (Figura 16) van insertados en dicha cuerda, encerrando el volumen de agua que asciende a la superficie al discurrir por el interior de una tubería. Estos pistones están elaborados con tapones de botellas de plástico que, tras fundirlos en un recipiente cerámico, se introducen en un molde (Figura 16) realizado en el laboratorio de la EUITI. El molde conforma pistones de 20mm de diámetro de forma troncocónica y un orificio central con un diámetro de 5mm.

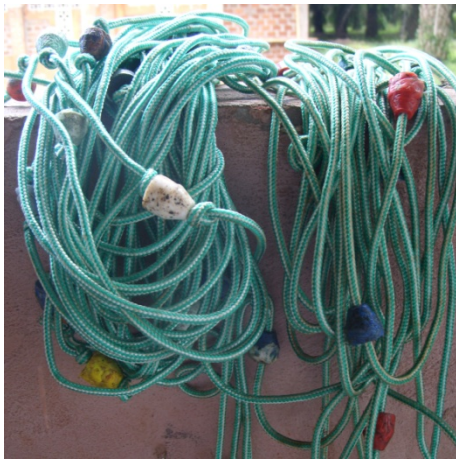


Figura 15. Cuerda con pistones.



Figura16. Pistones y molde.

Las **tuberías de PVC** empleadas en la totalidad de la infraestructura son de distintas dimensiones y formas. Por un lado encontramos las tuberías de impulsión (Figura 17) y retorno, por las que circula la cuerda con los pistones a la subida y a la bajada y que son de 25mm de diámetro exterior y 21mm interior. Una T con mayor diámetro, 32mm exterior y 28mm interior, se sitúa en extremo superior de la tubería de salida formando un pequeño ángulo con la vertical para facilitar la salida de agua. Es necesario colocar también adaptadores de aumento de diámetro de las tuberías de subida y bajada a diámetro de tubería de T. Las dos tuberías de subida y bajada quedan unidas en la parte superior por un **anclaje** (Figura 17) de metal inoxidable.



Figura 17. Anclaje de material inoxidable de la tubería de impulsión.

También se utiliza una tubería de encamisado de 200mm que va desde la losa intermedia, en la que se apoya mediante unas esperas que salen del hormigón, hasta atravesar la losa superior. Se va introduciendo cada tramo de tubería de 4m de longitud y se van pegando *in situ*. La tapa de la tubería de encamisado (Figura 19) cuenta con dos agujeros para las tuberías de subida y bajada y otros dos más pequeños para dos cuerdas que se enganchan a la polea macizada inferior que permitirá extraerla en caso de avería. Por último encontramos la tubería para macizar la polea de transición inferior de 160mm (Figura 18).



Figura 18. Tubería macizada inferior.



Figura 19. Tapa de la tubería de encamisado.

La **polea inferior** es la parte del conjunto inferior sumergido donde la cuerda cambia de sentido (Figuras 18 ,20 y 21). La polea (Figura 21), que consiste en una botella de vidrio cortada, hace de separador entre las tuberías de impulsión y retorno y de elemento sobre el que rota la cuerda en su cambio de sentido. Todo ello se hormigona dentro de la tubería para macizarla. Antes del hormigonado, se realizan unos agujeros laterales en la tubería para permitir la entrada del agua que será transportada. El hormigón le aporta un peso aproximado de 20 kg, suficiente para que una vez situada la estructura constituida en el fondo no se mueva excesivamente.



Figura 20. Tubería macizada inferior con polea inferior.



Figura 21. Polea inferior.

3.2. Mantenimiento

El proceso de mantenimiento preventivo de estas instalaciones siempre comenzará por una inspección visual de sus partes constituyentes. Se prestará especial atención a sus partes móviles, identificando posibles problemas que pudieran impedir el correcto funcionamiento. Las averías más frecuentes son las siguientes:

- Endurecimiento en el funcionamiento de las poleas: Para evitarlo se engrasarán periódicamente los cojinetes del eje de la polea.
- Problemas de estanqueidad: Se debe revisar si existen filtraciones o perforaciones en algún elemento que provoquen pérdidas de agua y posibles entradas de agua superficiales y otros organismos que puedan contaminar el agua.
- Rotura de los pistones, también se deberá revisar que no existan rebabas y tengan una forma adecuada que no entorpezca el paso de estos a través de los tubos. Se considera aceptable la rotura o deformación de uno de los pistones, pero se deberá controlar periódicamente el caudal que extrae la bomba y cuando se detecte que ha mermado el caudal se cambiará la cuerda con pistones por otra nueva.
- Rotura de la tubería. Se reconocerá por una pérdida de caudal significativa, en este caso se reemplazaría el tramo afectado sacando el conjunto inferior y la tubería de impulsión, una vez desmontadas la polea y la estructura.
- Rotura de la rueda exterior.
- Rotura de la manivela.
- Rotura de la polea inferior.
- Rotura de los bastidores exteriores.

La solución a estos 4 últimos problemas consiste en reemplazar los elementos dañados por unos nuevos, de idénticas características.

4. Desarrollo y mejoras al diseño de las bombas de Mecate instaladas

En resumen, el primer diseño de la bomba de Mecate consistió en un bastidor de tubos de acero de sección circular, dispuestos en dos triángulos, con el eje de la polea apoyado en los

vértices superiores. Sobre el conjunto de bastidor y polea se coloca una carcasa metálica revestida de aluminio, de una sola pieza. La manivela se hizo en una pieza desmontable del eje, para que la guardara el responsable de la bomba. Las principales desventajas de este diseño son:

- Las partes móviles no son fácilmente accesibles.
- El grifo debe ser desmontable.
- Es necesario desmontar la polea para poder quitar la carcasa.
- Los bordes de la carcasa pueden ser cortantes.
- No existe ningún elemento de freno de la polea en caso de accionarse en dirección contraria a la de elevación de agua, o al soltarla con el tubo de impulsión lleno.
- La sujeción de la manivela al eje no es efectiva.

Con el objetivo de corregir estas deficiencias, se desarrolló un segundo diseño, en el que el bastidor se confeccionó con ángulos de acero de 30x30 mm y pletinas de 30x3 mm, soldados formando un prisma rectangular, con el eje de la polea apoyado en las aristas superiores (Figura 22). Se eliminó la carcasa metálica, y el bastidor se revistió de planchas de madera fácilmente desmontables, para el acceso a la parte baja de la polea y a los tubos de entrada y salida de la cuerda. Se colocó una tapadera abatible para la parte superior de la polea y los rodamientos del eje. Por otra parte, se incluyó un freno (barra de acero articulada en la dirección de giro), para evitar el accionamiento de la polea en dirección equivocada. Esto requirió reforzar los radios de la polea, para evitar su deformación en caso de forzar el giro en dirección contraria. En cuanto a la polea, se soldó sobre un casquillo por el que pasa el eje, soldado a su vez a éste, para que, en caso de daños en el eje, pueda sustituirse fácilmente, conservando la polea. La manivela se convirtió en parte permanente del conjunto polea-eje-manivela, y se adaptó un mecanismo de bloqueo para evitar mal uso o vandalismo.

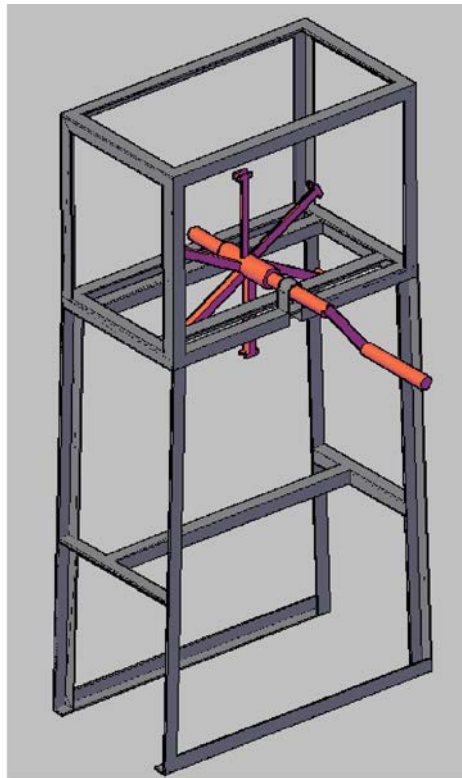


Figura 22. Esquema de la estructura de la II Bomba de Mecate.

Tras implementar este diseño en una de las instalaciones existentes (Figura 23), se ha comprobado que las mejoras introducidas se reflejan en el mantenimiento y la vida útil de los distintos elementos de la bomba, como se resume a continuación:



Figura 23. Bomba de Mecate mejorada.

- Las partes móviles son fácilmente accesibles, y se necesitan menos herramientas para acceder a ellas (tornillería de métrica uniforme, frente a los diferentes tipos usados en el anclaje de la carcasa, el bastidor y los cojinetes del diseño original).
- El bastidor incluye una plataforma abatible para ayudar a los niños más pequeños a llegar a la manivela en el punto más alto de su recorrido.
- No es necesario desmontar la manivela, por lo que queda fija al eje, y se coloca una argolla para poner un candado, al cargo del responsable. De este modo, la transmisión del par en el conjunto polea-eje-manivela es mucho más eficiente que en el modelo anterior.
- El grifo está unido más sólidamente al tubo de impulsión, eliminando una posible fuente de averías.
- El freno evita que la cuerda de impulsión pueda salirse de la polea, al ser ésta accionada en sentido contrario.
- El casquillo de la polea simplifica la reparación en caso de daños en el eje (el modelo anterior requiere el cambio del conjunto polea-eje en el caso de rotura de cualquiera de los dos elementos).
- Durante su puesta en servicio, se han detectado una serie de inconvenientes en este diseño, que deberán ser tenidos en consideración para ser enmendados en el siguiente modelo.
- El revestimiento de madera se hincha con la humedad, y se comba, lo que puede hacer difícil colocarlo una vez desmontado. Se debería realizar un estudio de costes para materiales alternativos de revestimiento (maderas de mayor calidad, tratamientos superficiales previos, inclusión de refuerzos para evitar deformaciones, o chapa sobre bastidor de madera).
- La cubierta de la tapadera abatible (de madera) se colocó horizontalmente. Cuando, por efecto de la humedad y las lluvias se combó, el agua afectó aún más a la estructura y al revestimiento de la bomba. Una solución sencilla, para no complicar los trabajos de plegado y soldado de las pletinas que forman la estructura de la tapadera, sería suplementar la cubierta en la parte delantera de la bomba, de forma que quede una cubierta inclinada, de manera que, en caso de lluvias, ésta desaguara hacia la parte posterior de la bomba.

- En el nuevo diseño se omitió la polea de guiado, sustituyéndose por un pequeño tramo de camisa de PVC de dos pulgadas de diámetro terminado en un codo a 45°. Aunque el sistema funciona correctamente, la propia camisa se ve desgastada por el rozamiento de la cuerda en la bajada, produciéndose un corte en la misma. La ranura resultante del desgaste propicia el deterioro de la cuerda así como de la propia camisa pudiendo generar la rotura de cualquiera de los dos componentes en caso de no vigilarse el proceso de desgaste de los mismos. Se recomienda estudiar los costes de incluir una polea de guiado, similar a la utilizada en el diseño original, usando una varilla roscada, unida mediante una articulación al bastidor de la bomba, para adaptar el diámetro de la polea a la distancia entre la subida y bajada de la cuerda de impulsión.
- Cómo polea inferior se utilizó en todos los casos una botella de refresco de vidrio con una superficie rugosa. El resultado operativo es aceptable y la facilidad de encontrar el material en cualquier parte del mundo es muy beneficiosa. Sin embargo la superficie rugosa de la misma, así como su restricción al giro, hace que el conjunto de cuerda y pistones "salten" sobre ella. Por ello se ha propuesto el uso de una polea plástica o de PVC sin restricciones al giro (Figura 24). De esta forma seguiría evitándose la corrosión por el contacto con el agua y su abastecimiento no tendría mayor dificultad que en el caso de la polea superior o las tuberías necesarias para la canalización.

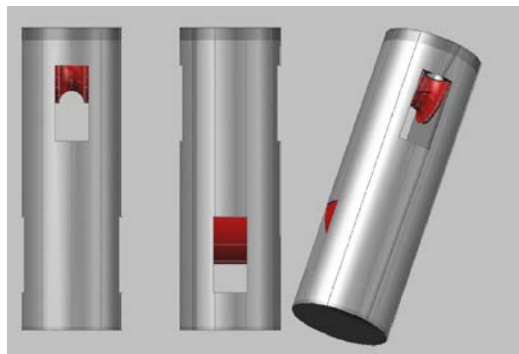


Figura 24. Propuesta sistema inferior de la bomba.

- Cuanto mayor sea la profundidad, aumenta la posibilidad de que la polea inferior gire sobre sí misma (el tubo no es lo suficientemente rígido, ya que no sería posible montarlo), haciendo que la cuerda de izado se enrede con el tubo de subida. Dos posibles soluciones: colocar tubo de bajada continuo semejante al de subida (de igual diámetro que el de subida), o poner polea por debajo de la existente, a 90°, para hacer pasar la cuerda de izado.
- Por último, existe un proyecto de fabricación de pistones a partir de una barra de PVC, para sustituir los fabricados con tapones fundidos. La sección tronco cónica de los pistones se logra mediante un útil con cuchilla inclinada, usado como sacapuntas, tras lo cual, el pistón se obtendría cortándolo de la barra a la medida necesaria, y perforándolo con un taladro.

5. Aceptación y experiencia en campo de los usuarios de la bomba de Mecate

Desde ZYL se eligió implementar tres bombas Mecate en el contexto de una zona rural cuyos usuarios tienen una baja formación técnica y académica y escasos recursos económicos para hacer frente a su mantenimiento. Este diseño presenta una serie de ventajas en este sentido con respecto a otros sistemas, diseño India Mark de embolo, también utilizado por ZYL en sus proyectos de agua y saneamiento.

Para la capacitación de personal local, en 2011 se dio un curso de iniciación a la soldadura. La formación, a pesar de ser muy interesante para los alumnos implicados, resulta de aplicación limitada, debido a la escasez de medios técnicos en la región. Por el momento, y hasta que se solucione este punto (quizás con la colaboración del Centro de Formación Profesional, CETIC), la población local sigue necesitando ayuda externa para la construcción de estas bombas.

Sin embargo, en la ejecución del proyecto ZYL se ha topado con los diversos inconvenientes propiciados por la inexperiencia de la organización y los condicionantes del emplazamiento:

- Aunque se ha formado a técnicos locales no se ha conseguido darle la continuidad necesaria a este proceso que requiere de una formación continua, tanto técnica como de servicio a la comunidad.
- Se han organizado comités de gestión de los pozos que han sido acogidos con auténtico entusiasmo por parte de la población. Sin embargo cuando estos no han contado con un dinamizador por parte de ZYL, no han sabido hacer frente a los obstáculos que se les han planteado en la gestión y reparación de la infraestructura: no asimilan el concepto de cotización preventiva o “a futuro”, no depositan su confianza en la figura del tesorero, director, presidente u otros miembros, y por último no se ha transmitido correctamente la necesidad de una gestión continua independiente del estado de la infraestructura.
- Resulta difícil valorar con anticipación cuestiones socioculturales completamente ajenas a la sociedad occidental: roles preestablecidos en la comunidad, brujería, tradiciones, relaciones interpersonales “difíciles”, etcétera.
- El acceso de los técnicos al transporte y al desplazamiento por falta de recursos, dificulta el acceso a herramientas, materiales, técnicos con cualificación superior, etcétera.
- La falta de cotizaciones previas paraliza la intervención rápida para garantizar el funcionamiento continuado de la bomba.
- La ausencia de un responsable permanente in-situ, desde ZYL, resulta confuso para los usuarios y supone una desmotivación a la hora de buscar ayuda en la organización.
- Todavía no se ha conseguido transmitir la importancia de estos puntos de abastecimiento y parte de su gestión hacia responsables gubernamentales que puedan darle una continuidad a largo plazo, sin dependencias externas.
- Por otra parte se han observado aspectos muy positivos:
 - o En una de las poblaciones, Nyangbwasá, en la que no se disponía de otro acceso al agua segura, la bomba ha sido cuidada y mantenida con esmero. Esto ha supuesto un beneficio en la participación comunitaria y la organización de dicha población (Figura 25).
 - o Los comités han fomentado asumir ciertas responsabilidades comunales a sus miembros que les aportan valores hasta el momento desconocidos.
 - o Aunque el progreso en la formación está siendo lento, está siendo aceptado por la comunidad y permite disponer de esperanza sobre el futuro funcionamiento de las bombas.



Figura 25. Asamblea de Nyangbwassa.

6. Conclusiones

ZYL ha introducido la tecnología de la bomba de Mecate en tres de los pozos construidos en siete de las Escuelas Saludables del subdepartamento de Bengbis, dotándolas de una serie de infraestructuras que permitirán mejorar la salud de los niños en edad escolar.

Esta tecnología ha sido escogida por ser de simple fabricación, eficaz en su funcionamiento, de fácil mantenimiento y de bajo coste y permite su construcción in situ, entre otras de las muchas ventajas ya citadas en este artículo. Sin embargo, la Bomba de Mecate no deja de ser una tecnología extraña para los usuarios del entorno de Bengbis, por lo que la sostenibilidad del sistema no está en absoluto garantizada. Aunque su primer prototipo siga funcionando, la sencillez en su construcción hace posible seguir incluyendo mejoras técnicas que permiten optimizar su rendimiento y minimizar su mantenimiento.

Para su éxito, resulta fundamental hacer partícipe a la población de la importancia tanto de beber agua en buen estado como la práctica de unos buenos hábitos higiénicos. Por otro lado, se han identificado multitud de casos en los que ni siquiera pueden permitirse económicamente el mantenimiento de las infraestructuras (sobre todo en el caso de averías que incluyan la estructura del pozo). Es fundamental conseguir una estrecha colaboración con las autoridades locales, propiciando la adquisición de las infraestructuras por parte de las comunidades beneficiarias y adquiriendo un compromiso de ayuda en el mantenimiento de las mismas.

Tras la experiencia adquirida en la identificación y solución de problemas de los distintos sistemas de abastecimiento - bomba de Mecate frente a la más extendida bomba de émbolo *India Mark* - podemos concluir que la bomba de Mecate podría ser una tecnología mucho más competente si llegara a ser más accesible a la población, tanto en su adquisición e instalación inicial como en la reparación de averías, frente a la *India Mark*, cuya mayor robustez y complejidad técnica la hacen más inaccesible. Sin embargo, a día de hoy todavía no se ha conseguido capacitar y delegar completamente esta tecnología a las comunidades beneficiarias. Es por esto que queremos seguir apostando por la Bomba de Mecate. Ambos tipos de bombas han mostrado problemas, con la diferencia de que las soluciones y mejoras de la bomba de Mecate pueden resultar más accesibles a cualquiera.

A día de hoy se sigue trabajando en la apropiación y adaptación al contexto para realmente poder aprovechar todas las bondades expresadas anteriormente. También la asunción autónoma e independiente de la reparación y mantenimiento de la bomba de Mecate por los técnicos locales formados es una cuestión difícil, por las limitaciones del

contexto. Se está valorando seriamente como imprescindible encontrar un socio técnico local, como puede ser el centro de formación profesional de Bengbis (CETIC) u otros trabajadores del ámbito, que puedan proporcionar la sostenibilidad local. Esta necesidad se relaciona estrechamente con la ausencia de una persona de ZYL en Bengbis que de forma continuada pueda asumir ese papel técnico.

Referencias

GONZÁLEZ ALARCÓN, D., *et al.* "Estudio de línea de base: Prevalencia de caries dental en la población adulta del Arrondissement de Bengbis". Informe inédito. ONGD Zerca y Lejos. 2008.

GULLÓN, T. y CAMÓN, L. "Cartographie du Arrondissement de Bengbis, Provice du Sud de Cameroun". Mapa inédito. ONGD Zerca y Lejos. 2011.

GUTIÉRREZ ELORZA, M. *Geomorfología climática*. Ediciones Omega. Pág 446-447. 2001.

MANCEBO, J. A., REBASSA, G. *Manual de la Bomba de Mecate Sobreelevada (BM-II)*. Ingeniería sin Fronteras Asociación para el Desarrollo y Grupo de cooperación Sistemas de agua y saneamiento para el desarrollo. EUITI-UPM. Madrid: Universidad Politécnica y Universidad de Castilla la Mancha. 2010.

MATEO GONZÁLEZ, O., GONZÁLEZ RODRIGO, J., CABEZALÍ, A., GARCÍA MARTÍNEZ, M. "Bomba de Mecate: solución para la extracción de agua subterránea". Informe inédito. ONGD Zerca y Lejos. 2012.

MAURIZOT, P. *Carte Géologique du Sud- Ouest Cameroun. 1:500.000*. Carte publiée avec le concours du ministère français des affaires étrangères. Editeur: BRGM. B.P.6009. 45060 ORLÉANS CEDEX 2. France. ISBN:2-7159-0891-1. 2000.

PEREA, C. "Estudio de línea de base: Informe sobre Sistema Educativo. Arrondissement de Bengbis". Informe inédito. ONGD Zerca y Lejos. 2010.

REBASSA, G. y MANCEBO, J. A. "Bomba de mecate convencional y sobreelevada. Experiencias en Nicaragua y desarrollo constructivo para implantación en centros de salud de Mozambique". Grupo de Cooperación Sistema de Agua y Saneamiento para el Desarrollo EUITI-UPM e ISF-Apd Grupo de Agua y Saneamiento de Nicaragua y Mozambique. Informe inédito: Proecto Fin de Carrera (PFC). 2008.

SCHLÜTER, T. *Geological Atlas of Africa. With Notes on Stratigraphy, Tectonics, Economic Geology, Geohards and Geosites of Each Country*. Springer. Pág 58-60. 2008.

ES.GETMAP.NET.<http://es.getamap.net/mapas/cameroon/sud/_bengbis/http://es.getamap.net>.[Consulta: 01-10-2013]

FOCUSING RESOURCES ON EFFECTIVE SCHOOL HEALTH: a FRESH Start to Enhancing the Quality and Equity of Education. 2000. Disponible en web:

<<http://siteresources.worldbank.org/INTPHAAG/Resources/AAGSchoolHealth-FRESH.pdf>>.

[Consulta: 29-09-2013].

The 3rd World Water Forum. 2003. Disponible en web:
<http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/world_water_forum_3/3d_World_Water_Forum_FinalReport_BD.pdf>. [Consulta: 01-10-2013].

FRESH, iniciativa interinstitucional promovida por la UNESCO, UNICEF, la OMS y el Banco Mundial durante el Foro Mundial sobre la Educación en Dakar. 2000. Disponible en web:
<http://www.unesco.org/education/efa/bulletin/es/b_10.shtml#recursos>.
[Consulta: 29-09-2013].

WSSCC and UN-HABITAT call for urgent action to address water and sanitation crisis. 2002.
Disponible en web:
<<http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=5&catid=7&cid=2613>>[Consulta: 01-10-2013].

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer al profesor José Antonio Mancebo su apoyo constante, su esfuerzo desinteresado por la transferencia y difusión de las tecnologías apropiables que conoce, como la bomba de Mecate, así como su disponibilidad para compartir sus conocimientos y realizar un trabajo conjunto.

También queremos agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid haber confiado en nosotros al habernos otorgado una subvención en la convocatoria del año 2010, con la que ha sido posible realizar estas infraestructuras.

Por último, queremos agradecer a todos los voluntarios de Zerca y Lejos, en especial a los miembros del plan de Habitabilidad Básica e Infraestructuras que han participado en el proyecto a lo largo de estos años tanto aquí como allí, que han creído en esta tecnología y que siguen trabajando por hacerla cada día más sostenible.