

Tecnologías apropiadas para cumplir el Derecho Humano al Agua. Las bombas manuales.

J.A. Mancebo ¹

¹: ja.mancebo@upm.es, Dr. Ing. Departamento Mecánica Industrial. Grupo de Cooperación Sistemas de Agua y Saneamiento para el Desarrollo. EUITI-Universidad Politécnica de Madrid.

A. Jiménez ²

²: alejandro.jiemenez@isf.es, Dr. Ing. Área sectorial Agua y Saneamiento. Ingeniería sin Fronteras ApD.

Resumen:

Desde hace décadas se aprecia la acción de un gran esfuerzo orientado a la contribución al gran objetivo que supone cumplir el Derecho Humano al Agua, desde la vertiente de las tecnologías apropiadas. Es necesario también señalar, sin embargo, que los trabajos se desarrollan huyendo de recetas y guías generales, ya que los contextos son diversos y cambiantes.

Las infraestructuras hidráulicas deben adaptarse a las características propias de cada proyecto, dando lugar a una rica tipología de instalaciones dedicadas al abastecimiento de agua. Uno de estos modelos tecnológicos es el que utiliza bombas manuales, dentro de la rica variedad existente de ellas: bombas de mecate, de émbolo, etc. El presente trabajo aborda precisamente la contribución de las bombas manuales a la satisfacción del DHA, como una solución de tecnología apropiada y sostenible.

Palabras clave:

Derecho Humano al Agua. Aguas subterráneas, captaciones, impulsión, infraestructuras, puntos de agua.

1. Las bombas manuales en el abastecimiento de agua

Los sistemas de agua en general, incluyendo los que se abastecen mediante bombas manuales, basan su concepción en la interacción del propio sistema con el objetivo general de los proyectos de abastecimiento, el acceso al agua –considerado como un derecho- y por otro lado con el resultado del estudio de los recursos hídricos, que determina la disponibilidad en cuanto a calidad, y cantidad del recurso

agua, donde habría que incluir también la ubicación del recurso, es decir, los puntos de toma.

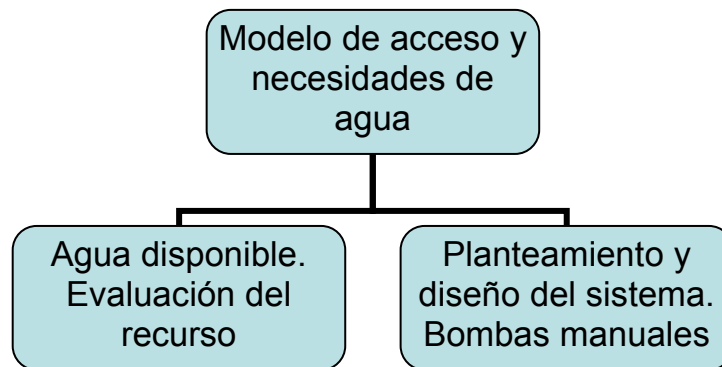


Figura 1 Vértices del planteamiento de un proyecto de agua

La elección del sistema más adecuado no es tarea fácil y en cada caso será necesario evaluar detenidamente los factores condicionantes. Entre estos factores, hay algunos que resultan específicamente vinculados a las bombas manuales:

- Existencia de un acuífero con nivel freático relativamente alto, hasta 40 m de profundidad.
- Pequeñas poblaciones o poblamiento disperso
- Carencia de acceso a la energía convencional, o a fuentes de energía que los beneficiarios puedan pagar.
- Conocimiento de la tecnología de las bombas manuales entre los beneficiarios

Captación del agua a impulsar

Los sistemas de captación más usuales son los pozos para aguas subterráneas. Sin embargo a veces también se utiliza el agua de un canal o de un depósito de acumulación de aguas pluviales. Aparte de la distinta calidad del agua en cada caso, el sistema de captación condiciona el diseño de la parte de la impulsión que se introduce en el pozo. Por eso se admite, por ejemplo, como norma general, el límite inferior de 100 mm para el diámetro interior del pozo entubado además de una profundidad máxima de 50 m, a pesar de que algunos fabricantes de bombas manuales amplían este límite hasta los 80 m en varios tipos de bombas de émbolo impelentes.

Parámetros básicos del abastecimiento mediante bombas manuales

Las prestaciones de las bombas manuales son distintas en función del tipo seleccionado. No obstante puede admitirse, como pauta general, que una bomba

manual, constituida como un punto de agua, puede abastecer a una población de 100 a 200 personas. El caudal medio suministrado es del orden de 0,2 litros/segundo (720 litros/hora), aunque se puede alcanzar los 0,5 litros/segundo en algunos casos. Dado que la duración estimada en horas de trabajo es de 12000 a 16000 horas, el tiempo de vida útil de una bomba manual oscila entre los 12 y los 15 años, si bien este dato responde en buena medida al acierto del sistema de gestión, es decir, al mantenimiento, sin olvidar las condiciones de funcionamiento. Entre estas condiciones de operación es de destacar la profundidad de la lámina de agua, cuando se desciende más allá de los 30 metros, el rendimiento de la bomba disminuye y con ello aumenta el tiempo diario de funcionamiento, reduciéndose la vida de la bomba.

2. Tipología de bombas manuales. Elementos que las componen

Las bombas manuales pertenecen al grupo de las bombas volumétricas, y basan su funcionamiento en el principio de desplazamiento positivo. Se captura un volumen de agua y se incrementa su potencial hidráulico en forma de altura geométrica o de presión.

Los tipos más comunes de bombas manuales son:

- Bombas de émbolo
 - o De succión o aspirantes (Fig.3)
 - o Impelentes. De émbolo sumergido. (Figs.4-6)
- Bombas de cuerda o mecate (Figs. 9-13)
- Bombas rotativas (Figs.7-8)

Bombas de pistón o émbolo

Las bombas manuales de émbolo aspirantes se basan en la succión que provoca un pistón cuando desliza dentro de un cilindro conectado con el agua de un recipiente o de un pozo. Dos válvulas antirretorno antes y después del pistón se encargan de abrir y cerrar el paso del agua al cuerpo de la bomba y a la tubería de elevación, en su caso. El pistón se sitúa en la cebecera del pozo y por ello la depresión en ningún caso podrá superar la altura de la presión atmosférica, quedando reducida en general a 7,5 metros, que es la máxima profundidad posible del agua en el pozo, medida desde el pistón de succión. El uso de este tipo de bomba presenta por tanto la importante limitación de la altura de aspiración. Otra restricción a considerar es el desgaste del material de cuero o similar que sella la holgura entre el pistón y el

cilindro. Cuando ese material se degrada por el roce, se comunica la cámara de aspiración con la atmósfera y la succión se reduce, por lo que la bomba tendrá más dificultades para elevar el agua, y ello se traduce en un mayor esfuerzo humano de accionamiento. A la vez la bomba aspirante se fabrica con un cuerpo de fundición, lo que dificulta su reposición en países en desarrollo en los que no suelen existir fundiciones. Estos inconvenientes hacen que las bombas aspirantes no hayan tenido una proliferación tan grande como las impelentes.

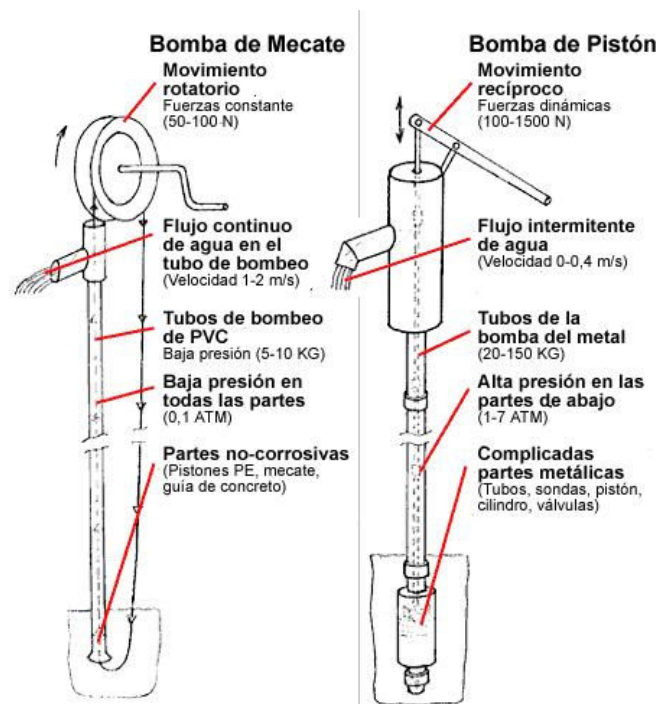


Figura 2 Bombas de mecate y de émbolo

Las bombas impelentes se han desarrollado enormemente, en buena parte gracias al apoyo de organismos internacionales, que vieron en ellas una oportunidad de mejorar el acceso al agua partiendo de una tecnología sostenible, apropiada para el desarrollo humano. Las bombas impelentes tienen el émbolo sumergido y elevan el agua desde profundidades superiores a los 30-40 metros. El accionamiento es en general de palanca, de manera que el esfuerzo humano es amplificado y a la vez se regula y limita el recorrido o carrera del pistón dentro del cilindro.

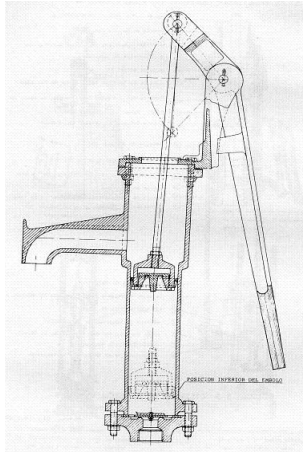


Figura 3 Cuerpo de bomba aspirante

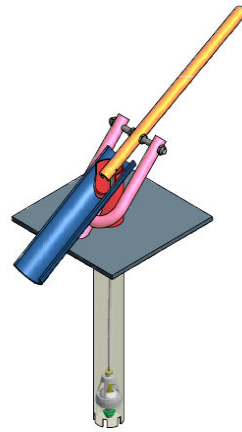


Figura 4 Vista general de bomba impelente(prototipo UPM, 2010)



Figura 5 Bomba Nira en Tanzania, 2005



Figura 6 Bomba Afridev en Tanzania, 2007

Bombas rotativas

Las bombas rotativas son también bombas volumétricas. El funcionamiento se basa en el movimiento de un rotor helicoidal de acero dentro de un estator de caucho. El agua entra por un extremo y en su recorrido por los canales entre rotor y estator ve reducido su volumen por lo que incrementa su presión. Estas bombas, a diferencia de las alternativas, no tienen válvulas de retención para entrada o salida del fluido al cuerpo de bomba (Fig.7). Las ventajas de esta bomba se derivan de su funcionamiento continuo por lo que dan un caudal permanente, sin fluctuaciones, y responden bien a las necesidades de elevación considerable de agua con escasa variación de caudal. Como inconvenientes se pueden citar la complicaciones de fabricación y repuestos, así como su coste.

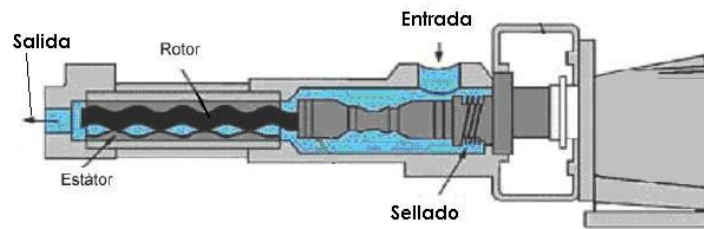


Figura 7 Bomba rotativa de tornillo helicoidal

<p>Pompe Monolift</p> <p>Fabricant: Mono Pumps Angleterre, Euroflo pompe (Afrique du Sud)</p>	
<p>Description:</p> <p>superstructure en fonte</p> <p>Arbre principal en acier inox ou galva</p> <p>Colonne en acier galvanisé</p> <p>corps de pompe, rotor en laiton chromé, stator (acier et caoutchouc)</p> <p>clapet de pied en polyéthylène</p> <p>poids total: 420 Kg pour 60</p> <p>prix: 13000 FF départ usine (60 m)</p>	
<p>avantages</p> <p>Robuste et bien adaptée aux grandes profondeurs</p> <p>Motorisation facile</p> <p>possibilité de refouler l'eau à 15m au dessus de la fontaine</p>	<p>inconvenients</p> <p>Renvoi d'angle fragile (casse des engrenages)</p> <p>Manivelle dure à tourner (parfois impossible pour les enfants)</p> <p>Sensible à la corrosion</p>
<p>Expériences ACF: Ethiopie et Somalie.</p> <p>La pompe Monolift paraît plus adaptée dans sa version motorisée.</p>	

Figura 8 Bomba rotativa Monolift

Bomba de mecate o de sogá. Descripción general y funcionamiento

En esencia la bomba de mecate es una bomba volumétrica de desplazamiento positivo que basa su funcionamiento en la captura y confinamiento de una sucesión de pequeños volúmenes de agua que, de manera similar a una noria, eleva hasta el brocal del pozo (tipo BM-I), o hasta una altura superior, 3-6 metros (BM-II), donde puede acumularse para su distribución por una red a distintos puntos de agua. En cualquier caso, para conseguir este objetivo de elevación de agua se dispone una

cuerda que arrastra un tren de pistones separados aproximadamente 1 metro, a los que atraviesa por un orificio central.

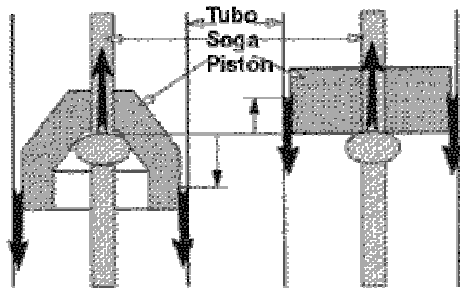


Figura 9 Esquema de pistones



Figura 10 Pistones de plástico fabricados

Cuando se hace pasar la cuerda con los pistones por el interior de un tubo de plástico, de diámetro (20-32 mm exterior) algo mayor que los pistones, el agua, que ha sido atrapada en el tramo sumergido del tubo vertical, se eleva con la cuerda ya que los pistones impiden su retroceso por el tubo. A la altura requerida, 1 metro en la BM-I, o 3-6 m en la BM-II, se dispone una salida lateral del tubo por la que el agua es conducida por gravedad hasta el recipiente de transporte o al depósito elevado. La cuerda continúa su camino e invierte su dirección ascendente rodeando una polea superior, de giro libre, tras la que se dirige hacia la rueda tractora inferior situada cerca del nivel del suelo, que tira de la cuerda al forzar manualmente su giro, y de ahí la cuerda desciende de nuevo al pozo completando el circuito cerrado.



Figura 11 Pozo en condiciones precarias



Figura 12 Bomba de mecate BM-II

Como se ha indicado, el movimiento de la cuerda, que está convenientemente tensada, es ejercido por la rueda tractora inferior, accionada a su vez manualmente por una manivela coaxial con el eje de la rueda, mediante un movimiento circular continuo. De este modo la potencia exterior a ejercer por el operador de la bomba es la necesaria para hacer girar la rueda tractora inferior con un par de giro suficiente para vencer la resistencia que ofrece la cuerda con los pistones en todo el recorrido.

El caso de Linde en Montepuez, Mozambique (2009)

Como ejemplo del acceso al agua con bomba de mecate BM-II, podemos citar el siguiente, aplicado al abastecimiento de agua en un centro de salud de Cabo Delgado, Mozambique:

Profundidad máxima del nivel de agua: 10 m

Diámetro interior del tubo de subida: 26 mm

Elevación sobre el terreno: 5 m

Diámetro de rueda tractora: 430 mm

Para un caudal de 1100 litros/hora se obtiene una potencia requerida de accionamiento del orden de 45 W, que con las disipaciones energéticas mecánicas se elevaría a unos 50 W, y es perfectamente asumible por un niño o una mujer sin excesivo esfuerzo.

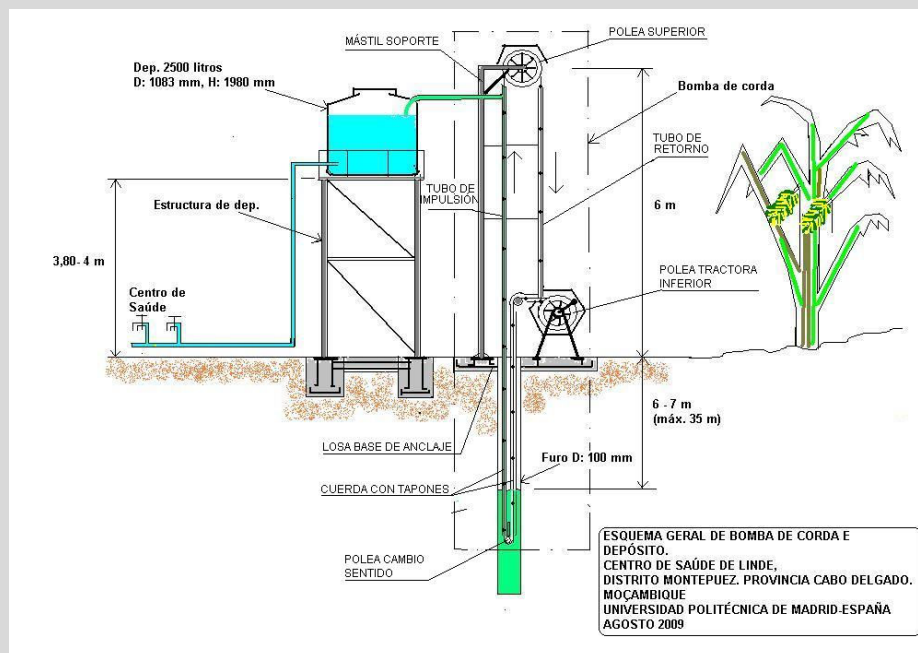


Figura 13 Montaje de bomba de mecate en Linde, Mozambique (2009)

3 Análisis comparativo y criterios de selección

La selección 3.del tipo más adecuado de bomba manual debe considerar varios aspectos como base de la decisión más acertada:

Generales:

- Demanda de agua
- Profundidad del nivel freático
- Existencia de bombas manuales en la zona
- Análisis positivo de pertinencia
- Garantías sociales de gestión
- Contribución al desarrollo local

Específicos:

- Tipo de sondeo existente o proyectado
- Debilidad y fortaleza del mecanismo de transmisión de potencia
- Presiones hidráulicas en base de columnas y posibilidad de fugas en uniones y juntas
- Disponibilidad de acceso a repuestos adecuados
- Posibilidad de reparación. Personal capacitado en la comunidad para el mantenimiento correctivo y preventivo
- Costes viables en compra de la bomba, instalación y gestión

A continuación se exponen algunas herramientas que pueden ayudar a la selección de las bombas más adecuadas.

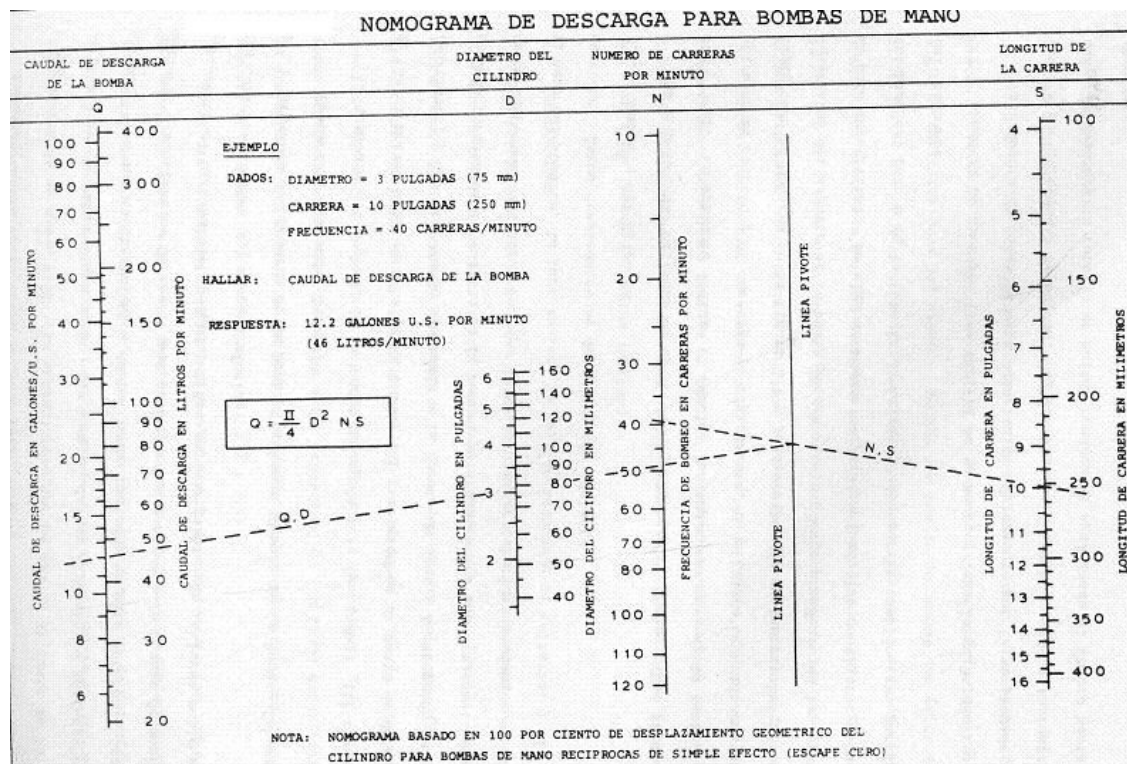


Figura 14 Nomograma para cálculo de caudal. Fuente: Bombas de mano. Unicef 1973

Tabla 1 Criterios y diferencias entre bombas manuales de émbolo y rotativas

Handpump performances									
Typical performances of some common types of handpumps.									
Name	Type	Lift range (metres)			Discharge rates (litres/min)			VLOM	Origin
Afridev	Deep well	7	25	45		22	15	Yes	Kenya, etc.
Afridev	Direct action	7	15		26	22		Yes	Kenya, etc.
Bucket pump	Improved bucket and rope	6	15		5	10		Yes	Zimbabwe
Consallen	Deep well	7	25	45	14	14	14		UK
India MK II	Deep well	7	25	14	12	12	12	No	India, etc.
India MK III	Deep well	7	25	45	50% of MK I				India, etc.
Monolift	Deep well progressing cavity	25	45	60	16	16	9	No	UK, South Africa
Nira AF 76	Deep well	7	25		25	26		No	Finland
Nira AF 84	Deep well	7	25	45	23	22	21	No	Finland
Nira AF 85	Direct action	7	15		26	24		Yes	Finland
New No. 6	Suction pump	7			36				Bangladesh
Tara	Direct action	7	15		24	23		Yes	Bangladesh
Vergnet	Deep well diaphragm	7	45		24	25		No	France
	Windlass and Bucket	0	45		5	15			Universal

Notes
Deep well handpumps are lever-operated reciprocating action pumps unless otherwise stated.

4 Conclusiones

Los Objetivos del Milenio (ODM 7, Meta 10) expresan apenas una reducción del 50 % de la población sin acceso a fuentes de agua segura hasta 2015. A grandes rasgos esto significa que, en el hipotético caso de cumplirse, si se asigna a las bombas manuales una contribución del 50 % de esa meta, debería abastecerse con ellas a unos 260 millones de personas. En definitiva implicaría la instalación de más de millón y medio de bombas manuales en sus diferentes tipos, con una inversión de unos 600 millones de euros. Pero en realidad el Derecho Humano al Agua, entendido como derecho universal, no distingue entre unos beneficiarios directos, y otros de derecho aplazado. Y es ahí donde el desarrollo de las bombas manuales tiene su campo más extenso, no solamente entre las nuevas bombas a instalar sino también en la tarea incesante de reparación y rehabilitación de las existentes.

1. Referencias.

- *Bombas de mano*. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua. CEPIS, Lima, Perú, 1978.

- *Bomba de Mecate Sobreelevada (BM-II) Manual práctico de construcción, instalación, operación y mantenimiento.* Mancebo, J.A., Rebassa, G. Ingeniería Sin Fronteras ApD, Madrid, España, 2010
- *Elegir bien la tecnología para alcanzar los objetivos del milenio en abastecimiento de agua.* Henk Holstag. Fundación Práctica, Países Bajos, 2004.
- *Rope Pump Manual, Ethiopia. Hand well and Borehole model.* Practica Foundation, 2006.
- *The afridev handpump –problems and solutions.* Philip Hankin, Malawi, 2001. 27th WEDC Conference, Lusaka, Zambia, 2001
- *Water, sanitation and hygiene for populations at risk.* Action Contre la Faim. Hermann, Éditeur des Ciencias et des Arts, France, 2005.