

## Trabajo Final de Posgrado

**Estudio de bombas eléctricas de bajo coste para  
comprobar la capacidad de pozos perforados de  
mantener una bomba manual**

**01-02-2016**

### Realizado por ;

Carles Lara Llaó  
Marco López Carrasco  
Ivan Ortiz Marimon

### Tutor ;

Miguel Martín-Loeches Garrido

- 1. Introducción, Justificación y Objetivos del Trabajo (TFP).**
- 2. Condiciones Ambientales e Hidrogeológicas.**
- 3. Estudio de Mercado.**
  - Bombas bajo coste.
  - Accesorios del Kit de Bombeo.
- 4. Estudio Viabilidad Técnica.**
  - Ensayos en campo.
  - Conclusiones.
- 5. Estudio Viabilidad Económica.**
  - Conclusiones.
- 6. Futuras Líneas de Estudio.**

## **1. Introducción**

El presente trabajo es un **estudio de bombas eléctricas de bajo coste** para analizar alternativas que puedan ser utilizadas para implementar pruebas de bombeo económicas en pozos perforados de bajo caudal, suficientes para instalar una bomba manual.

- **Un estudio de mercado.**
- **Un estudio de viabilidad técnica.**
- **Un estudio de viabilidad económica.**

- **1. Justificación**

- Los ensayos de bombeo se realizan después de desarrollar, o limpiar, el pozo tras su perforación, mediante **Air-Lift** (opción más económica – pero no aplica como ensayo pq no se mide el nivel)
- Para pozos con bomba manual, los ensayos de bombeo suelen ser **descartados**, ya que el caudal de extracción en la operación es muy pequeño y no compensa
  - .- el coste en gasoil
  - .- el tiempo del personal técnico.



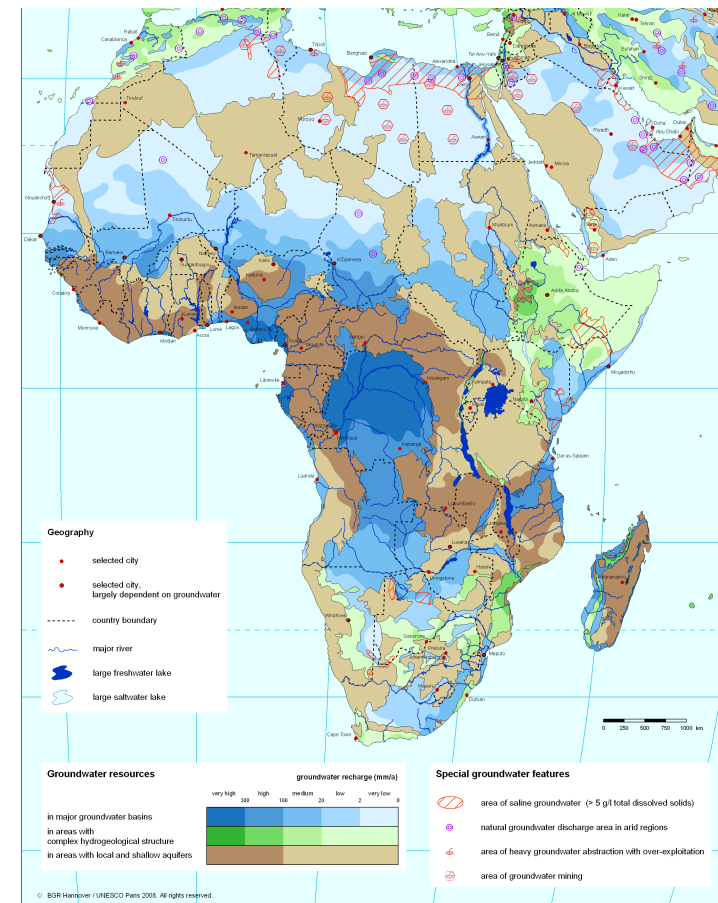
## 1. Objetivos del Trabajo

- Conocer la oferta del mercado en bombas bajo coste.
- Conocer la fiabilidad de dichas bombas
- Establecer los límites de operación de dichas bombas
- Definir un kit de bombeo económico que pueda ser usado para comprobar la capacidad de pozos con bomba manual.

## 2. Condiciones Ambientales e Hidrogeológicas

### Contexto de aplicación: África Subsahariana.

- Acuíferos:
  - baja permeabilidad,
  - entre 5 y 10 m<sup>2</sup>/día de T.
  - franjas climáticas superiores a los 800 mm/año
- Acuíferos de mayor permeabilidad pero con pozos deficientemente contruidos.



Fuente: MacDonald & AL

### 3. Estudio de Mercado de las bombas de ensayo

- **Requisitos:**

- Voltaje = **12 V en corriente continua.**
- Caudal mínimo = **0,15 l/s.**
- Altura de bombeo = entre **10 y 20 m.**
- Precio < 100 €
- Régimen de funcionamiento en **continuo.**

### 3. Estudio de Mercado de las bombas de ensayo

Ref	Marca	Modelo	Caudal (l/s)	Altura (m)	Un (V)	In (A)	Tiempo operación (min)	Vida útil (h)	Salida (mm)	diam. (mm)	long. (mm)	peso (gr)	Precio (€)
1	Whale		0,21	3	12	5	15		10	38	130	190	55 €
2	Topsflo	TL-C01-C12-2008	0,33	8	12	2,8	Continuo	20.000	18	61	90	500	25 €
3	Topsflo	TL-C14-A12-1820	0,30	20	12	6	Continuo	20.000					45 €
4	Topsflo	TA60-12-3709	0,11	2,5	12	0,4	Continuo	30.000	20	95	120		55 €
5	Saehwa	DPW69-12	1,05	7	12	8			19	74	125	460	65 €
6	LVM	Congo 111	0,53	9,7	12	6	Continuo		19	38	165	500	80 €
7	LVM	Amazon 105	0,30	9,7	12	4,5	Continuo		13	38	165	500	50 €
8	LVM	Nile 107	0,21	9,7	12	2,5	Continuo		13	38	142	227	40 €
9	Flopower	60W	1,58	1,5	12	4,8			28,6				30 €
10	Comet	Ocean SoftStart	0,35	15	12	5	30	400	10	48	133	296	50 €
11	Comet	Ocean Plus	0,42	20	12	8	30	400	10	48	133	300	50 €
12	Comet	Elegant	0,17	5,5	24	1	60		10	38	104	144	20 €
13	Comet	Vip Plus	0,33	10	12	1,88	30		10	48	123	200	30 €
14	Comet	Geo Duplo Plus	0,33	19	12 - 24	7,1	Continuo	500	10	42	245	405	50 €
15	Bilge pump	12V 500GPH	0,53	3	12	2,2	Interm.		19			360	5 €
16	Barwig	Type 04. 539090	0,17	6	12	0,9	30	500	10	38	80	145	20 €
17	Aocheng	AC-SP-1	0,58	6	12	3,75	15		19	52	142		5 €
18		TP18	0,28	10	8 - 14		30	500	10	64	110	480	30 €
19		TP22	0,37	14	8 - 14		30	500	10	78	135	475	40 €
20		103 GPH (P-38I)	0,11	2	12	0,57		26.000	12	62	94	220	20 €
21	UK-Waterra	WaSP P2	0,16	12	12	7	Continuo	400	10	46	241		125 €
22	UK-Waterra	WaSP P3	0,20	18	12	11	Continuo	400	10	46	381		210 €
23	UK-Waterra	WaSP P5	0,23	30	12	15	Continuo	400	10	46	610		
24	UK-Waterra	WaSP N21	0,15	21	12	4	Continuo	400	10	37	406		
25	China-12V DC 1,8A		0,25	2	12 - 24	1,8			15	38		300	15 €
26	China-12V DC 1,2A		0,23	5	12	1,2			9,7	38	98		10 €
27	BLDC-China	DC50E-12110	0,37	11	12	4,5	Continuo	30.000	20	80	100	500	65 €
28	BLDC-China	DC50E-24150	0,43	15	24	3,6	Continuo	30.000	20	80	100	600	55 €
29	Proactive-USA	LowFlow SampleChamp X	0,19	55	12	?		?	10	46	190		550 €
30	Proactive-USA	Cyclone single step	0,13	9	12	4		400	10	46	177		145 €
31	Proactive-USA	Mini-Typhoon -2 stage	0,16	12	12-15	7		400	10	46	241		160 €
32	Proactive-USA	Typhoon - 2 stage	0,19	15	12-15	7		400	10	46	241		220 €
33	Proactive-USA	Tempest(Twister) - 3 stage	0,20	18	12-15	11		400	10	46	381		235 €
34	Proactive-USA	Mini-Monsoon-4 stage	0,25	21	12-15	13		400	10	46	495		365 €
35	Proactive-USA	Tornado - 5 stage	0,24	30	12-15	14		400	10	46	685		365 €
36	Proactive-USA	Supertwister - 3 stage	0,25	26	12-15	18		400	10	43	381		360 €
37	Proactive-USA	Drumpump	0,19	9,1	12	4				36	115		90 €
38	Reich	511-1202	0,25	10	12				10	40	130	190	20 €

### 3. Estudio de Mercado de las bombas de ensayo

- Se filtran los resultados, según ;
  - Voltaje = **12 V.**
  - Régimen de funcionamiento en continuo.
  - Precios ( entre 50 € y 100 € )

Ref	Marca	Modelo	Caudal (l/s)	Altura (m)	(m4/h)	Un (V)	In (A)	Tiempo operación (min)	Vida útil (h)	Salida (mm)	diam. (mm)	long. (mm)	peso (gr)	Precio (€)
5	Saehwa	DPW69-12	1,05	7	26,46	12	8			19	74	125	460	65 €
14	Comet	Geo Duplo Plus	0,33	19	22,80	12 - 24	7,1	Continuo	45-500	10	42	245	405	50 €
3	Topsflo	TL-C14-A12-1820	0,30	20	21,60	12	6	Continuo	20.000					45 €
6	LVM	Congo 111	0,53	9,7	18,62	12	6	Continuo		19	38	165	500	80 €
27	BLDC-China	DC50E-12110	0,37	11	14,52	12	4,5	Continuo	30.000	20	80	100	500	65 €
7	LVM	Amazon 105	0,30	9,7	10,48	12	4,5	Continuo		13	38	165	500	50 €
2	Topsflo	TL-C01-C12-2008	0,33	8	9,60	12	2,8	Continuo	20.000	18	61	90	500	25 €
38	Reich	511-1202	0,25	10	9,00	12				10	40	130	190	20 €
9	Flopower	60W	1,58	1,5	8,52	12	4,8			28,6				30 €
8	LVM	Nile 107	0,21	9,7	7,37	12	2,5	Continuo		13	38	142	227	40 €
37	Proactive-USA	Drumpump	0,19	9,1	6,40	12	4				36	115		90 €
26	China- 12V DC 1,2A		0,23	5	4,14	12	1,2			9,7	38	98		10 €
1	Whale		0,21	3	2,25	12	5	15		10	38	130	190	55 €
25	China- 12V DC 1,8A		0,25	2	1,80	12 - 24	1,8			15	38		300	15 €
4	Topsflo	TA60-12-3709	0,11	2,5	0,98	12	0,4	Continuo	30.000	20	95	120		55 €
20		103 GPH (P-38I)	0,11	2	0,78	12	0,57		26.000	12	62	94	220	20 €

Tabla 3: Bombas de corriente continua, coste inferior a 100€ y funcionamiento continuo

### 3. Estudio de Mercado de las bombas de ensayo

- Bombas adquiridas

Comet



LVM




Whale



Marca	Modelo	Caudal (l/s)	Altura (m)	(m4/h)	Un (V)	In (A)	Tiempo operación (min)	Vida útil (h)	peso (gr)	Precio (€)
Comet	Geo Duplo Plus	0,33	19	22,80	12	7,1	Continuo	500	405	50 €
LVM	Congo 111	0,53	9,7	18,62	12	6	Continuo		500	80 €
Whale		0,21	3	2,25	12	5	15		190	55 €

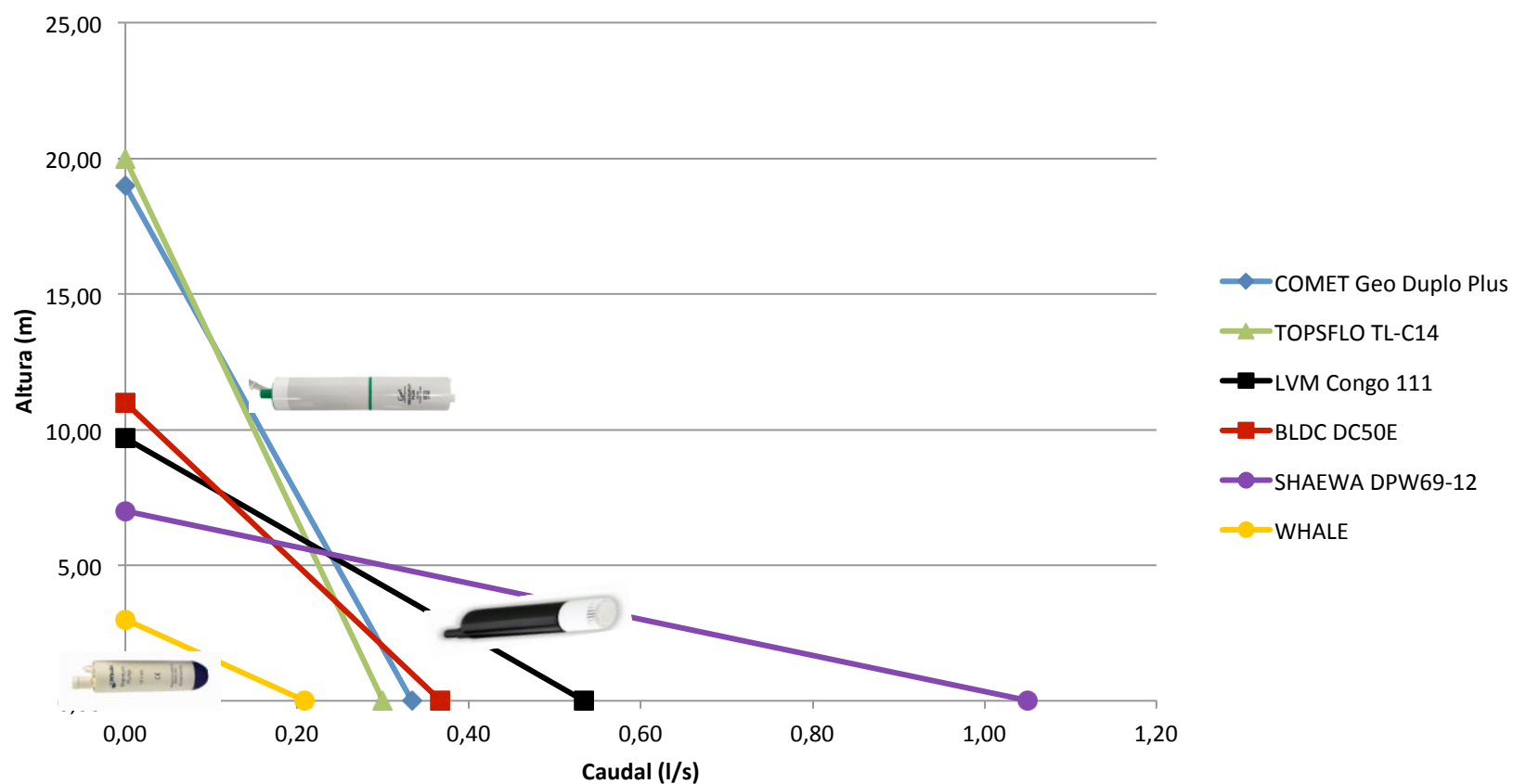
Tabla 4: Bombas adquiridas. Características principales.

### 3.1. Estudio de las bombas de ensayo

	Ventajas	Desventajas
<b>Comet “Geo Plus”</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada altura de bombeo, a caudales medios (de 0,1 a 0,3 l/s)</li> <li>Bajo Coste, (50€)</li> <li>Robustez, tiempos de operación continuos,</li> <li>vida útil 500 horas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado consumo,</li> <li>menor autonomía de las baterías,</li> <li>mayores caídas de tensión del cableado de alimentación</li> </ul>
<b>LMV, “Congo 111”</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado caudal (entre 0,3-0,5 l/s), a alturas bajas y medias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado precio (80 €)</li> <li>Altura de bombeo inferior a 9 m</li> </ul>
<b>Whale</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bomba citada en bibliografía (MacDonald,2005).</li> <li>Coste moderado, (55 €)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de bombeo inferior a 3 m</li> <li>Tiempo funcionamiento = 15'</li> </ul>

## 3.1. Estudio de las bombas de ensayo.

### Comparativo Bombas < 100€ y func. continuo





### 3.2. Estudio del Kit de bombeo ( accesorios )

- Condiciones:
  - **Fácil manejo,**
  - **Ligero y Transportable,**
  - Elementos sean accesibles a un precio razonable.



### 3.2. Estudio del Kit de bombeo ( accesorios )

El Kit consta de ;	Coste aprox
• Bomba	50 €
• Batería 12 V	55 €
• Manguera	20 €
• Cable Alimentación	20 €
• Regulador de velocidad	50 €
• Multímetro	10 €
• Herramientas	15 €
• Cronometro	5 €
• Accesorios	15 €
• Manual de usuario	5 €
• Limnímetro	40 €
• TOTAL	285 €

### 3.2. Estudio del Kit de bombeo



**Manguera**



**Bomba**

**Limnómetro**



## 4. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos comunes

Ensayo	Parámetros obtenidos	Longitud del ensayo	Limitaciones	Aplicabilidad para sondeos con bomba manual
Bailer test	Indicador si se puede instalar una bomba manual	10 minutos de extracción y variable en la recuperación	El nivel del agua debe estar por encima de los 15-20 m. No apto para acuíferos de alta permeabilidad o pozos con gran diámetro	Muy adecuado. (diseñado) <b>Limitado a 250 p a 20 lpd</b>
Ensayo Escalonado	Rendimiento del pozo Caudal máximo	Desde 6 a 8 horas	Se debe ser capaz de regular el caudal de la bomba. No se puede predecir el comportamiento del acuífero a largo plazo.	Adecuado si la bomba permite caudales bajos y puede ser regulada con facilidad.
Ensayo Caudal Cte.	Transmisividad Coeficiente Almacenamiento Caudal	Desde 1 ó 2 días hasta 1 ó 2 semanas	Dificultad de mantener un caudal constante por largos periodos. Necesidad de un sistema de evacuación del agua extraída. No aconsejado en contextos de cooperación.	Aplicable si se puede mantener un caudal constante por una bomba pequeña.
Ensayo Recuperación	Transmisividad Eficacia del sondeo	Varias horas Varios días	La bomba no puede retirarse durante el ensayo	Aplicable si se ha realizado el Ensayo a Caudal cte. El “Bailer test” es una variante del ensayo de recuperación.

#### 4. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayo básico

##### **ENSAYO BÁSICO** PARA ESTIMAR EL CAUDAL:

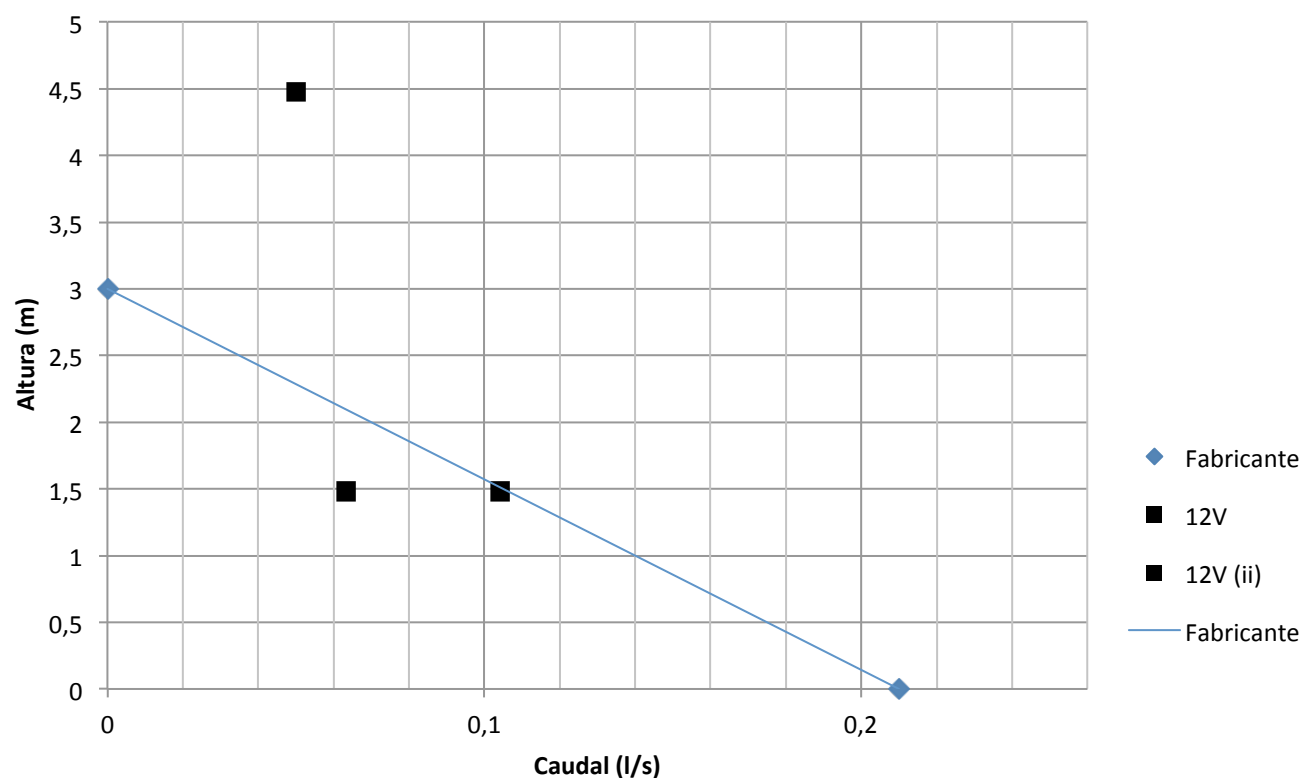
- Fijar la bomba a profundidad prevista
- Fijar un nivel máximo de profundidad
- Operar la bomba a **1000 l/h** reg. continuo
- Si el nivel del pozo está estabilizado por encima de la bomba durante un tiempo razonable.

Condiciones para una bomba manual:

- Caudal mínimo: **0,15 – 0,27 l/s**
- Tiempo de funcionamiento: **6 horas**

## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo Caudal mínimo: 0,15 – 0,27 l/s

### WHALE - Recopilatorio de datos





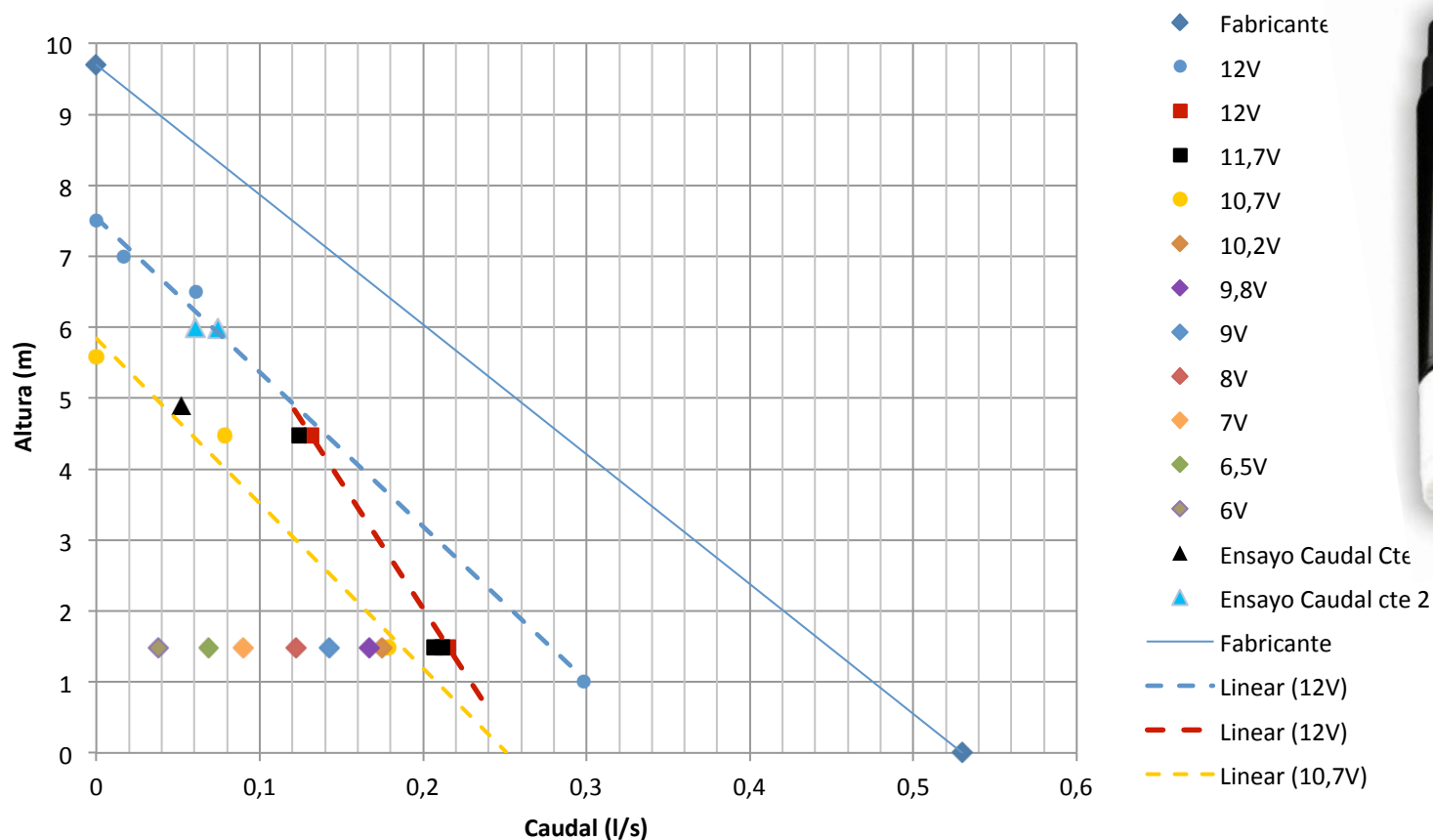
## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo



## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo

Caudal mínimo:  
0,15 – 0,27 l/s

### LVM Congo 111 - Recopilatorio de datos

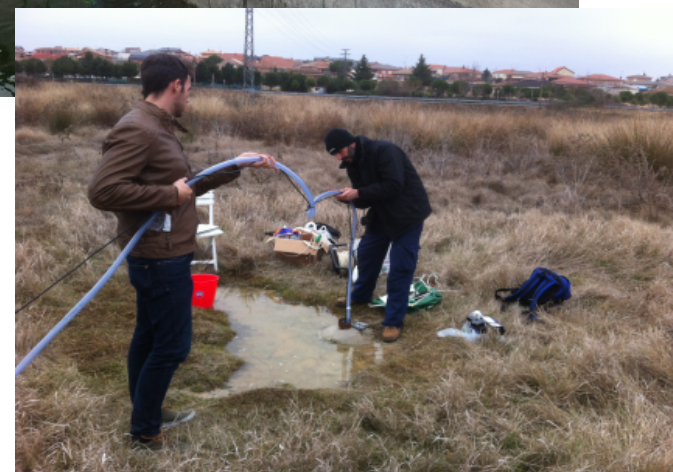




## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo



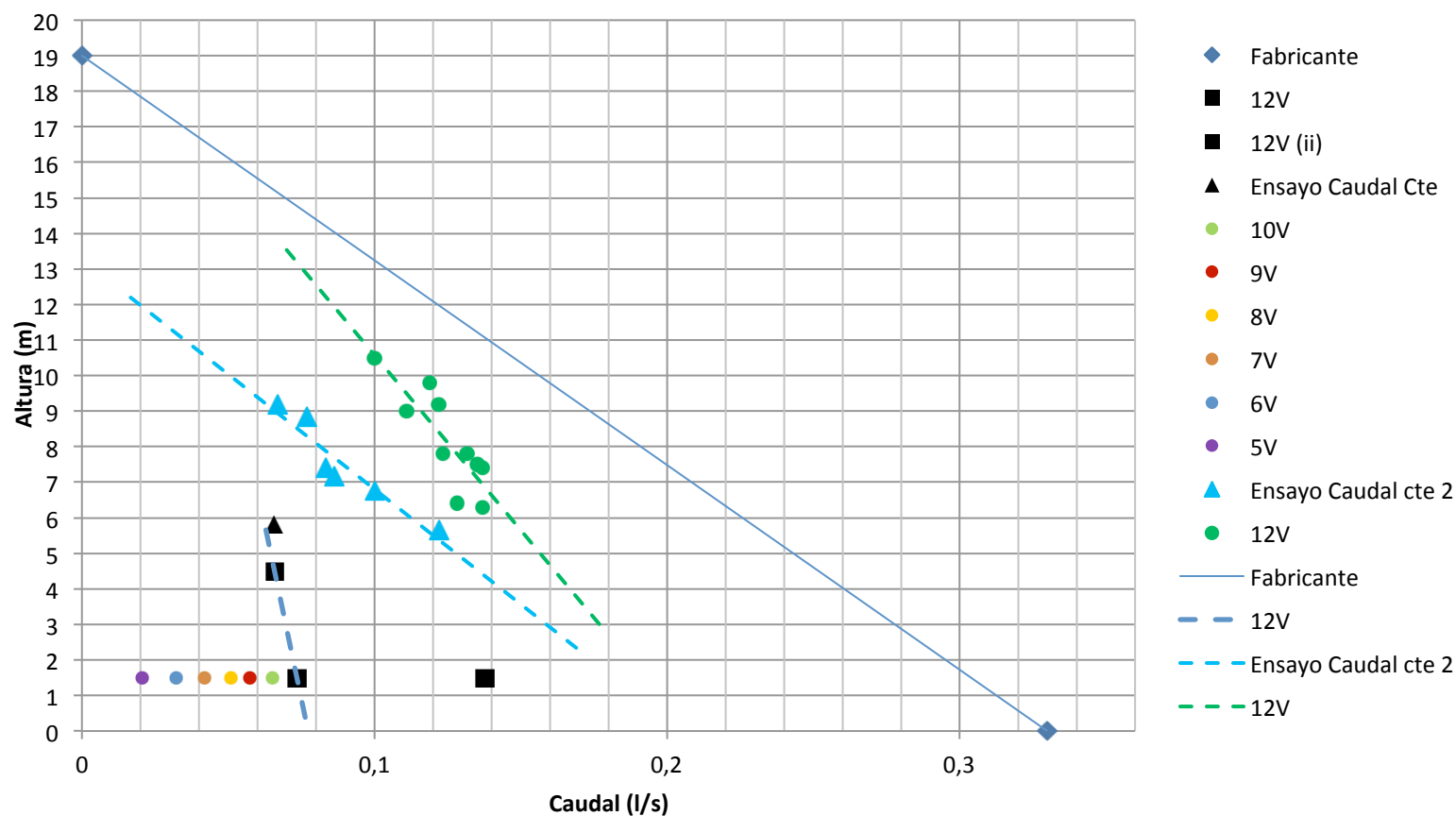
## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo



## 4.1 Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo

Caudal mínimo:  
0,15 – 0,27 l/s

### COMET Geo Duplo Plus - Recopilatorio de datos





## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo

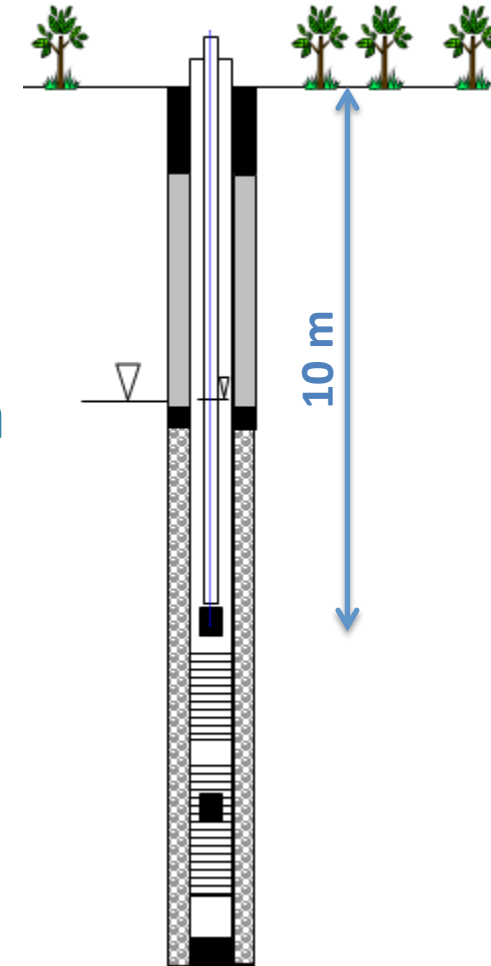


## 4.1. Estudio de Viabilidad Técnica – Ensayos campo



## 4.2 Estudio de Viabilidad Técnica – CONCLUSIONES

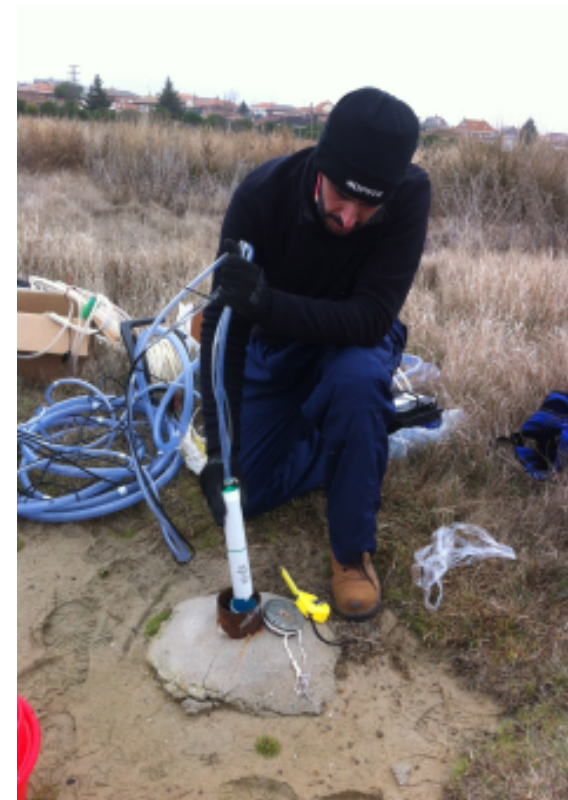
- Indicaciones de los fabricantes ¿¿¿???
- Rendimiento de bombas 12V cc es sensible a:
  - Tensión de la fuente de alimentación
  - Pérdidas de carga de la manguera
  - **Caída de tensión** de los cables





## 4.2 Estudio de Viabilidad Técnica – CONCLUSIONES

- Actualmente existen en el mercado bombas:
  - precios < 50€
  - **Q=0,1 l/s**
  - **H=10 metros** de altura.
  - Funcionamiento **> 3 horas**



## 4.2 Estudio de Viabilidad Técnica – CONCLUSIONES

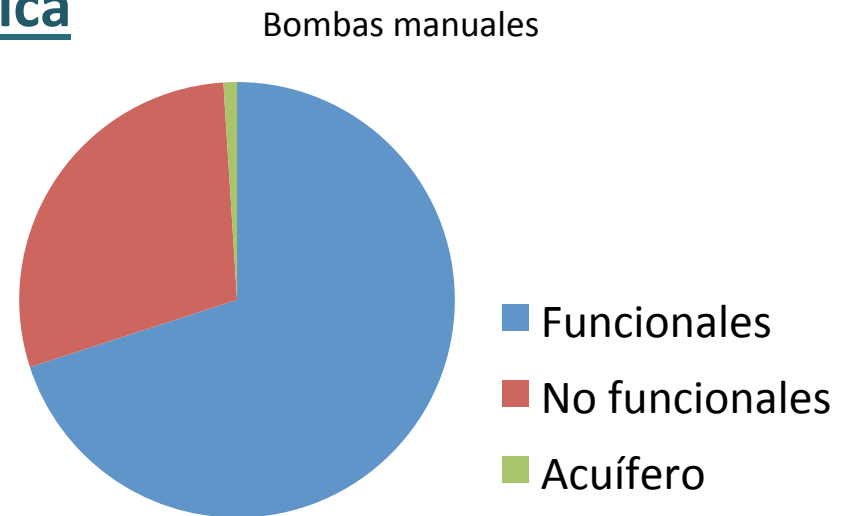
- Posible kit; “COMET Geo Duplo Plus”.
  - $H=10$  metros
  - $Q=0,1$  l/s
- + otra bomba trabajando en **paralelo**:
  - $H=10$  metros
  - **$Q=0,2$  l/s**
- Capaz de realizar:
  - **Test básico limitado a 10 m**
  - **Bailer test**





## 5. Estudio de Viabilidad Económica

- Kit debe respetar el presupuesto
- Bombas
  - Funcionales
  - No funcionales
    - Causas de acuífero



Fuente: RWSN

- El objetivo del kit es comprobar si el acuífero dará la cantidad de agua esperada, y asegurar la viabilidad de las bombas instaladas, acercándonos a 100% seguridad de que no será causa de fallo
- Presupuesto kits  $\leq$  Perdidas por causa del acuífero

## 5. Estudio de Viabilidad Económica

### Cuantificación de las pérdidas

1. Bomba : 500€ - 800€  
Valor escogido: 600€
2. Plataforma: Según RWSN -> 300€
3. Mano de obra: Diferente para cada país  
No aplicable
4. Resto de valores iguales y despreciables en este estudio

**VALOR BOMBA MEDIA = 900€**

## • 5. Estudio de Viabilidad Económica

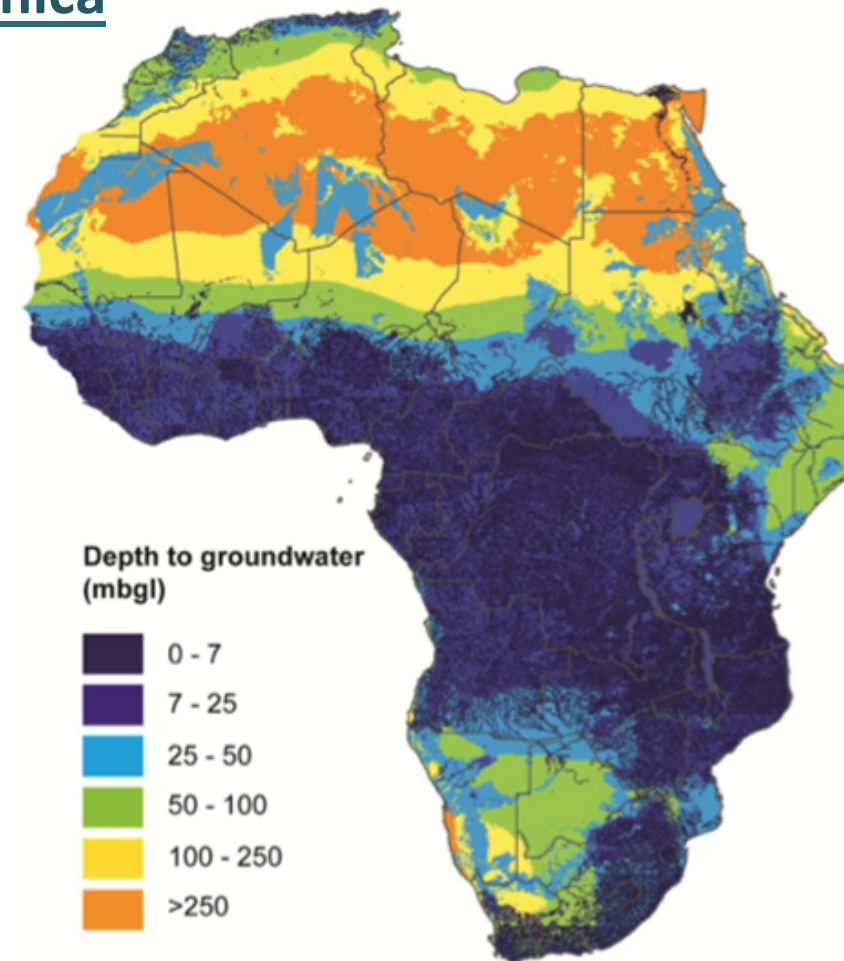
- Diferenciación causas de fallo:

Non-functioning Pumps Issues		
Pump's Issues	Parts breaking or wearing out	19,33%
	Inadequate maintenance	16,81%
	Manufacturing Quality	11,76%
Pump & Platform issue	Bad Installation	10,92%
	Design Problem	7,56%
	Used Improperly	1,68%
Aquifer's issues	Corrosion	9,24%
	Water level drops too low	1,68%
	Turbidity	0,84%
	Lack of information on installation	0,84%
Others	Lack of tools or spares	8,40%
	Theft or Vandalism	0,84%
	Uncategorized	10,08%
Aquifer's issues TOTAL		3,36%

## 5. Estudio de Viabilidad Económica

### PAISES ESTUDIADOS

- Angola
- Benín
- Camerún
- DRC
- Costa de Marfil
- Kenia
- Liberia
- Madagascar
- Malawi
- Mozambique
- Nigeria
- Sierra Leona
- Uganda
- Zimbawe



Fuente: MacDonald & AL

## • 5. Estudio de Viabilidad Económica

Country	Total # Handpumps	# Functioning Handpumps	# Non-Funct. Handpumps	% Non- Functioning	# Non- Functioning due to aquifer's issues	Total Costs (€)	Non- functioning costs (€)	Non- Functioning due to aquifer's issues – Cost (€)
Angola	4.500	3.150	1.350	30%	182	2.700.000	810.000	108.908
Benin	6.700	5.200	1.500	22%	198	4.020.000	884.400	118.911
Cameroon	9.000	6.750	2.250	25%	303	5.400.000	1.350.000	181.513
DRC	1.500	500	1.000	67%	135	900.000	603.000	81.076
Cote d'Ivoire	19.500	6.825	12.675	65%	1704	11.700.000	7.605.000	1.022.521
Kenya	12.000	8.400	3.600	30%	484	7.200.000	2.160.000	290.420
Liberia	1.350	420	930	31%	56	810.000	251.100	33.761
Madagascar	2.500	2.250	250	10%	34	1.500.000	150.000	20.168
Malawi	19.000	11.400	7.600	40%	1022	11.400.000	4.560.000	613.109
Mozambique	17.000	12.700	4.300	25%	571	10.200.000	2.550.000	342.857
Nigeria	80.000	40.000	40.000	50%	5378	48.000.000	24.000.000	3.226.891
Sierra Leone	2.500	875	1.625	65%	218	1.500.000	975.000	131.092
Uganda	30.000	24.000	6.000	20%	807	18.000.000	3.600.000	484.034
Zimbabwe	38.200	26.800	11.400	30%	1541	22.920.000	6.876.000	924.504
Average	17.254	11.018	6.235	35%	801	10.352.130	3.576.661	480.896

## 5. Estudio de Viabilidad Económica

- Calculo coste Kit de bombeo

Presupuesto Kit Tester	
Artículo	Precio aprox. (€)
Bomba (ver estudio)	50
Batería 12V	55
Manguera	20
Cable alimentación	20
Regulador de velocidad	50
Multímetro	10
Herramientas	15
Cronómetro	5
Accesorios	15
Manual de usuario	5
Limnómetro	40
<b>TOTAL</b>	<b>285</b>

- **5. Estudio de Viabilidad Económica**

- Presupuesto máximo del Kit

$$\text{Precio Kit}_{\text{máx}} = \frac{\text{Perdidas}_{\text{acuífero}}}{\text{Total bombas} - \text{bombas fallidas acuífero}} \cdot n^{\circ} \text{ de tests/kit}$$

$$n^{\circ} \frac{\text{Test}}{\text{kit}} = \frac{400h}{6h/\text{ensayo}} = 66,67 \approx 66 \text{ ensayos}$$

## 5. Estudio de Viabilidad Económica

- Presupuesto máximo del Kit

Country	Average Rate	No.6	MALDA	NIRA AF-85	TARA	JIBON	WALIMI	INDIA MARK II	INDIA MARK III (VLOM50)	U3M	AFRIDEV	BUSH	VOLANTA	Mecate	Vergnet
Angola	598,99	332,77	266,22	266,22	266,22	266,22	332,77	682,18	682,18	199,66	582,35	226,29	998,32	266,22	1.364,37
Benin	439,26	244,03	195,23	195,23	195,23	195,23	244,03	500,27	500,27	146,42	427,06	165,94	732,10	195,23	1.000,54
Burkina Faso	499,16	277,31	221,85	221,85	221,85	221,85	277,31	568,49	568,49	166,39	485,29	188,57	831,93	221,85	1.136,97
Burundi	1.337,75	743,19	594,55	594,55	594,55	594,55	743,19	1.523,55	1.523,55	445,92	1.300,59	505,37	2.229,58	594,55	3.047,09
Cote d'Ivoire	1.297,82	721,01	576,81	576,81	576,81	576,81	721,01	1.478,07	1.478,07	432,61	1.261,76	490,29	2.163,03	576,81	2.956,13
DRC	598,99	332,77	266,22	266,22	266,22	266,22	332,77	682,18	682,18	199,66	582,35	226,29	998,32	266,22	1.364,37
Ethiopia	618,96	343,87	275,09	275,09	275,09	275,09	343,87	704,92	704,92	206,32	601,76	233,83	1.031,60	275,09	1.409,85
Madagascar	199,66	110,92	88,74	88,74	88,74	88,74	110,92	227,39	227,39	66,55	194,12	75,43	332,77	88,74	454,79
Malawi	798,66	443,70	354,96	354,96	354,96	354,96	443,70	909,58	909,58	266,22	776,47	301,71	1.331,09	354,96	1.819,16
Mozambique	499,16	277,31	221,85	221,85	221,85	221,85	277,31	568,49	568,49	166,39	485,29	188,57	831,93	221,85	1.136,97
Nigeria	998,32	554,62	443,70	443,70	443,70	443,70	554,62	1.136,97	1.136,97	332,77	970,59	377,14	1.663,87	443,70	2.273,95
Sierra Leone	1.297,82	721,01	576,81	576,81	576,81	576,81	721,01	1.478,07	1.478,07	432,61	1.261,76	490,29	2.163,03	576,81	2.956,13
Uganda	399,33	221,85	177,48	177,48	177,48	177,48	221,85	454,79	454,79	133,11	388,24	150,86	665,55	177,48	909,58
Zimbabwe	598,99	332,77	266,22	266,22	266,22	266,22	332,77	682,18	682,18	199,66	582,35	226,29	998,32	266,22	1.364,37
Average	689,84	383,24	306,59	306,59	306,59	306,59	383,24	785,65	785,65	229,95	670,68	260,61	1.149,73	306,59	1.571,30



## 5. Estudio de Viabilidad Económica

- Número mínimo rentable de ensayos

Country	Average Rate	No. 6	MALDA	NIRA AF-85	TARA	JIBON	WALIMI	INDIA MARK II	INDIA MARK III (VLOM 50)	U3M	AFRIDE V	BUS H	VOLANT A	Mecate	Vergnet
Angola	31	57	71	71	71	71	57	28	28	94	32	83	19	71	14
Benin	43	77	96	96	96	96	77	38	38	128	44	113	26	96	19
Cameroon	38	68	85	85	85	85	68	33	33	113	39	100	23	85	17
RC	14	25	32	32	32	32	25	12	12	42	14	37	8	32	6
Cote d'Ivoire	14	26	33	33	33	33	26	13	13	43	15	38	9	33	6
Kenya	31	57	71	71	71	71	57	28	28	94	32	83	19	71	14
Liberia	30	55	68	68	68	68	55	27	27	91	31	80	18	68	13
Madagascar	94	170	212	212	212	212	170	83	83	283	97	249	57	212	41
Malawi	24	42	53	53	53	53	42	21	21	71	24	62	14	53	10
Mozambique	38	68	85	85	85	85	68	33	33	113	39	100	23	85	17
Nigeria	19	34	42	42	42	42	34	17	17	57	19	50	11	42	8
Sierra Leone	14	26	33	33	33	33	26	13	13	43	15	38	9	33	6
Uganda	47	85	106	106	106	106	85	41	41	141	48	125	28	106	21
Zimbabwe	31	57	71	71	71	71	57	28	28	94	32	83	19	71	14
Average	27	49	61	61	61	61	49	24	24	82	28	72	16	61	12

## 5. Estudio de Viabilidad Económica

- Rentabilidad

Country	Non-Functioning due to aquifer's issues - Cost	Coste del kit medio	Ahorro medio	No. 6	MALDA	NIRA AF-85	TARA	JIBON	WALIMI	INDIA MARK II	INDIA MARK III (VLOM 50)	U3M	AFRIDE V	BUSH	VOLANTA	Mocate	Vergnet
Angola	40.840	19.432	21.409	3.257	-1.281	-1.281	-1.281	-1.281	3.257	27.081	27.081	-5.818	20.274	-4.003	48.835	-1.281	73.593
Benin	44.592	28.932	15.660	-4.159	-9.113	-9.113	-9.113	-9.113	-4.159	21.853	21.853	-14.088	14.421	-12.088	45.388	-9.113	72.638
Cameroon	68.067	38.864	29.204	-1.049	-8.612	-8.612	-8.612	-8.612	-1.049	38.657	38.657	-16.175	27.313	-13.149	74.582	-8.612	116.178
DRC	30.403	6.477	23.926	10.413	7.035	7.035	7.035	7.035	10.413	28.149	28.149	3.857	23.082	5.008	44.195	7.035	62.775
Cote d'Ivoire	383.445	84.205	299.241	128.821	86.216	86.216	86.216	86.216	128.821	352.497	352.497	43.611	288.590	60.653	554.871	86.216	789.199
Kenya	108.908	51.818	57.089	8.686	-3.415	-3.415	-3.415	-3.415	8.686	72.215	72.215	-15.516	54.064	-10.675	129.694	-3.415	196.249
Liberia	12.661	5.830	6.831	1.204	-203	-203	-203	-203	1.204	8.589	8.589	-1.009	6.479	-1.047	15.271	-203	23.008
Madagascar	7.583	10.795	-3.232	-6.594	-7.434	-7.434	-7.434	-7.434	-6.594	-2.182	-2.182	-8.274	-3.443	-7.938	1.810	-7.434	6.431
Malawi	229.916	82.045	147.871	45.686	20.139	20.139	20.139	20.139	45.686	179.803	179.803	-5.407	141.484	4.812	301.148	20.139	441.852
Mozambique	128.571	73.409	55.162	-1.981	-16.266	-16.266	-16.266	-16.266	-1.981	73.019	73.019	-30.552	51.591	-24.838	140.877	-16.266	219.448
Nigeria	1.210.084	345.455	864.629	326.814	192.361	192.361	192.361	192.361	326.814	1.032.697	1.032.697	57.907	831.016	111.688	1.671.352	192.361	2.410.848
Sierra Leone	49.180	10.795	38.384	16.515	11.053	11.053	11.053	11.053	16.515	45.192	45.192	5.591	38.999	7.776	71.137	11.053	101.179
Uganda	181.513	129.545	51.967	-28.705	-48.873	-48.873	-48.873	-48.873	-28.705	77.177	77.177	-69.041	48.925	-60.974	172.976	-48.873	283.900
Zimbabwe	346.689	164.955	181.735	27.650	-10.871	-10.871	-10.871	-10.871	27.650	229.886	229.886	-49.392	172.104	-33.983	412.861	-10.871	624.726
Average	180.336		106.737	100.187	80.149	80.149	80.149	80.149	100.187	205.382	205.382	60.112	175.327	68.127	300.580	80.149	410.765

## **5. Estudio de Viabilidad Económica**

- Conclusiones
  1. Bajo porcentaje perdidas  $\leftrightarrow$  costes elevados en algunos países
  2. Bombas de menor coste  $\leftrightarrow$  no interesa
  3. Bombas de coste elevado  $\leftrightarrow$  aplicar siempre
  4. Necesario fallo  $\geq 25\%$  para ser rentable
  5. Importante ahorro en países de gran número de bombas manuales

## 6. Futuras líneas de estudio

- Comprobar el funcionamiento de la bomba elegida durante 3-4 horas bajo condiciones máximas ( **$Q=0,1$  l/s;  $h=10$  m**).
- Averiguar la altura máxima para que la bomba sea capaz de extraer  **$1\text{m}^3/\text{hora}$** .
- Seguir estudiando alternativas de mercado que puedan ofrecer mejores prestaciones.
- Estudiar la viabilidad de realizar **ensayos escalonados** con este tipo de bombas a poco caudal.
- Probar el kit de bombeo en contextos reales.
- Comprobar la durabilidad/fiabilidad del kit a largo plazo.

## AGRADECIMIENTOS