COMPARACION ECONOMICA ENTRE LOS SISTEMAS DE BOMBEO FOTOVOLTAICO Y LAS BOMBAS DE GAS OIL, PARA LA APLICACION EN DISTINTOS PAISES.

> Rainer Schröer , GTZ (Sociedad de Cooperación Técnica Alemana) CC 104 5300 - LA RIOJA

#### 1. INTRODUCCION:

El Proyecto Argentino - Aleman de bombeo fotovoltaico forma parte de un proyecto multinacional del Gobierno Aleman en siete(7) paises del mundo en forma simultanea.

Los países que participan son: ARGENTINA, BRASIL, TUNESIA, JORDANIA, ZIMBANE, INDONESIA Y LAS FILIPINAS.

El programa está financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (BMFT) de Alemania y está implementado por la Sociedad de Cooperación Técnica Alemana (GTI).

Alemania, en este programa provee los Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos, y otros materiales como los sistemas de medición, consultores, etc.

Los gastos para la infraestructura local (tanques, pozos, etc) estan a cargo de los países participantes,

Los Objetivos del programa son:

- Demostrar la confiabilidad, tecnica de los sistemas de bombeo fotovoltaico.(BFV)

- Mostrar la competitividad de los sistemas BFV ante las tecnologías convencionales.

- Clarifica los parámetros sociales para la aceptación de esta tecnología,

Fara llevar a cabo estos objetivos, el programa instala nuevas plantas de demostración en cada país que participa en el proyecto.

Estas plantas tienen una potencia apropiada a los requerimientos de las localidades y sirven para realizar una disiminación de la tecnología cuando los resultados sean favorables.

Un programa de medición que se implementa en cada instalación de los sistemas, permite la recolección de datos relevantes, para evaluar la competencia económica de los sistemas.

Los datos obtenidos de los distintos países sirven para una base de comparación económica global de esta tecnología.

Este trabajo va a mostrar los primeros resultados de evaluaciones comparativas entre sistemas BFV y sistemas convencionales de bombeo a GasOil.

## 2. HETODO PARA EVALUAR LA ECONONIA DE SISTEMAS ENERGETICOS

En Evaluaciones Económicas se deben comparar las siguientes preguntas:

Cook with Piester Aigens (1771).

- Es rentable la inversión en el sistema ?
- Qué gastos hay por año?
- Cuál sistema es más económico? (Comparación con alternativas)

La evaluación generalmente esta en el marco microeconómico. Existe limitaciones por los parámetros ecológicos, socio-economicos y macroeconómicos.

Los métodos que se usan normalmente para evaluar la economia de un sistema son métodos dinámicos, que permiten inverciones después de la inverción inicial.

#### METODOS DINAMICOS

Método	Método de	Método de	Kétodo de	Cálculo del
valor	tasa interna	Anualidades	comparación	periodo de
actual	de retorno		de gastos	amortización
HPV>=0	IRR)=1	AN >=0	anuales	
NPV1)HPV2	IRR1>IRR2	AN 1 > AN2	ANCI < Anc2	n1 (n2

(Indicadores para decidir que proyecto es más económico: Proyecto 1 o Proyecto 2)

market and the market and the parties of the properties of the parties of

provide the set of an about \$150000 or of

en programme de medición que las relatemente en fine de la constante de la constante de constant

En caso de la comparación del sistema para el suministro de agua, el método de "Gastos Anuales " o los Gastos Anuales por Unidad Producida ( mº de agua) es el método apropiado.

 $A_{NG}=E(\mathbf{Z}^{c} CC \times Q^{-c}) \times FR (i,t)J + (I-L) \times FR(i,t) + L \times i$ 

Gastos Gastos Factor de Factor de Inversion Valor residual Anuales operativos capitali- recuperanenos valor por tasa de zaciof. cioh. residual. interes.

El cálculo implica tener en cuenta los siguientes datos de entrada :

1) Tasa de Interes del mercado (P)

Interes real % 2)Tasa General de inflación (a) i= 100 + P × 100 - 100

3)Tasa de inflación de energía.

4) Vida útil de la instalación,

5)Gastos de inversión t=0 / t=?

6) Valor residual.

7) Gastos personales.

8)Gastos para reparación y mantenimiento

9)Otros gastos: Materiales auxiliares, Administración, Impuestos, etc.

10)Gastos de combustibles.

11)Ingresos, subvenciones.

### 3- PARAMETROS BASICOS DE APLICACION DE LOS SISTEMAS BFV EN TRES PAÍSES DISTINTOS

La siguiente tabla describe los datos básicos para comparar la economia de sistemas BFV en los países ARGENTINA, BRASIL Y IIMBANE,

DATOS (General)	; ARGENTINA (4/92)	;BRASIL(9/91);	ZIMBAHE (2/92);
Inflación (\$)	14%	; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ;	227 . !
Interes (\$)	18%	1 38% " 1	40% (cons.) ;
Interes (especial)	1 6%	1 9%	25%(inver.);
Impuestos de Importación	; 20% }	1 40%}	40% !
	1 18% }	; } 61% ;	;
	; 3% } 41%	; 21%} ;	<b>1</b>
	1 5% }	1	1
TRANSPORTE	!	1	
Container 40"	; \$ 9200	; \$ 12000 ;	\$ 8000 ;
Alemania → Pais	<i>'</i>	1 ;	1
Pozo 6"	; \$ 150/m	; \$ 33/m ;	\$60/m ;
Profundidades normales	/ ~50m	: 30 - 50m ;	70 - 80m ;
Tanque elevado 10 m³	; \$ 5400	; \$ 400(esp.);	
Tanque australiano 40 m³	; \$ 3800	;	\$2200 ;
Cañeria 2"	; \$ 7/m	; \$ 2/m(PVC) ;	\$5/m ;
Cabeza pozo	; \$ 350	<i>'</i> ;	;
Ingreso por suministro	; ~ \$ 0.3/m3	(0 (subsidio)	nuevas: \$0.12 ;
de agua	;\$8 /m³ (Def.Civ)		viejas:0 /m³;
DATOS FOTOVOLTAICOS			
Precio Panel Fotovoltaic	o; \$10 - \$15/Hp	:\$12 - 18/Np	\$ \$10/Np ;
Rango de aplicación	1800 - 1000m*/d1	a;400-800m*/d	800m4/día ;
Precio base Generador	; \$170	; \$100	; \$100 ;
Precio extructura Genera	.; \$500	; \$400	; \$400 ;
(antumianda n/O namalas	11	1	,

Trabajador / dia	SALARIOS:		,	
Mecánico / hora   \$13   \$1.75   \$6   Ingeniero /hora   \$20   \$7.5   \$10   Pozero / mes   \$518   \$30   \$24   Pozero (parte)   "\$200   "\$8   "\$8    Presencia del Pozero   100% (50%)   25%   25%   necesaria (tiempo)   Demanda   periodo seco   40% (6 meses)   40% (7 meses)   100%   Demanda   periodo seco   40% (6 meses)   40% (5 meses)   100%   Insolación   5.1 KWh/m².d   4.8 KWh/m².d   5.7 KWh/m².d   Cargadores de bateria   \$3 - 5/carga        DATOS DE GASOIL   Precio GasOil (1itro)   \$0.35   \$0.22   \$0.25   Precio Mafta (1itro)   \$0.57 -\$0.78   \$0.30   \$0.47   Gastos personal(pozero)   \$518 / mes   \$30 / mes   \$24 / mes   Transporte de combustible   "\$90 / a     Consumo tipico(GasOil)   0.34 1/m³   0.5 1/m³   0.5 1/m³   Motores de GasOil   7.5 - 10 Hp   7 - 15 Hp   10 Hp   Precio Motor y Bomba   \$5000   \$4000   \$3200   Gastos de Mantenimiento   \$600 / a   Vida útil   \$20 años   \$1000   Tipo de bomba usada   Pistón simple   \$1000   Tipo de bomba a pistón   1-2 / año   1-2 / año   Demanda   \$1000   \$1000   Tipo de bomba a pistón   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   \$1000   Tipo de bomba a pistón   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2 / año   1-2 / año   Tentro de complex   1-2 / año   1-2	Trabajador / dia	1 405		
Ingeniero /hora   \$20   \$7.5   \$10   Pozero / mes   \$518   \$30   \$24   Pozero (parte)   ~\$200   ~\$8   ~\$8   ~\$8   \$7.5   \$10   Pozero (parte)   ~\$200   ~\$8   ~\$8   ~\$8   \$7.5   \$10   Precio del Pozero   100% (50%)   25%	Mecanico / hora			
Pozero / mes	Ingeniero /hora			
Presencia del Pozero (100% (50%) (25% 25% 25% 25% 25% 25% 25% 25% 25% 25%	Pozero / mes			
Presencia del Pozero (100% (50%) 25% 25% 25% necesaria (tiempo)  Demanda periodo seco (40% (6 meses) (40% (7 meses)) 100% (5 meses) (100% (5 meses)) (100% (5 m				
necesaria (tiempo) Demanda periodo seco		, \$200	1. \$8	~ \$8 ;
necesaria (tiempo) Demanda periodo seco	Presencia del Pozero	! 1007 (507)	/ 257	
Demanda periodo seco	necesaria (tiempo)	!	1, 23%	25% ;
humedo ; 100% (6 meses) ; 40% (7 meses) ; 100% (100% (6 meses) ; 100% (5 meses) ; 100% (5 meses) ; 100% (5 meses) ; 100% (6 meses) ; 100% (6 meses) ; 100% (6 meses) ; 100% (6 meses) ; 100% (5 meses) ; 100% (6 m				HE LANDAR CHARLES
Insolación   5.1 KWh/m².d   4.8 KWh/m².d   5.7 KWh/m².d   Cargadores de bateria   \$3 - 5/carga       "\$300 modific.   DATOS DE GASOIL   Precio GasOil (litro)   \$0.35   \$0.22   \$0.25   Precio Nafta (litro)   \$0.57 -\$0.78   \$0.30   \$0.47    Gastos personal(pozero)   \$518 / mes   \$30 /mes   \$24 /mes   Transporte de combustible; "\$90 / a     Consumo tipico(GasOil)   0.34 1/m³   \$0.5 1/m³   0.5 1/m³   Motores de GasOil   7.5 - 10 Hp   7 - 15 Hp   10 Hp   Precio Notor y Bomba   \$5000   \$4000   Gastos de Mantenimiento   \$600 / a   Vida útil   \$20 años   \$1000    Tipo de bomba usada   Pistón simple   10 mormalmente   \$1000   Desmontaje bomba a pistón   1-2   \$1000   Desmontaje bomba   \$1000   Desmontaje bomba a pistón   1-2   \$1000   Desmontaje bomba   \$1000   Desmontaje bomba   \$1000   Desmontaje bomba   \$1000   Desmontaje bomba   \$1000   Desmontaje   \$100	periodo seco	40% (6 mpsps)	1 407 (7	1
Insolación   5.1 KWh/m².d   4.8 KWh/m².d   5.7 KWh/m².d    Cargadores de bateria   \$3 - 5/carga         "\$300 modific.    DATOS DE GASOIL   Precio GasOil (litro)   \$0.35   \$0.22   \$0.25    Precio Nafta (litro)   \$0.57 -\$0.78   \$0.30   \$0.47    Gastos personal(pozero)   \$518 / mes   \$30 /mes   \$24 /mes    Transporte de combustible   "\$90 / a        Consumo tipico(GasOil)   0.34 1/m³   \$0.5 1/m³   0.5 1/m³    Motores de GasOil   7.5 - 10 Hp   7 - 15 Hp   10 Hp    Precio Notor y Bomba   \$5000   \$4000   \$3200    Gastos de Mantenimiento   \$600 / a   \$400 / a    Vida útil   \$20 años   \$1000    Tipo de bomba usada   Pistón simple   10 m²    Tipo de bomba usada   Pistón simple   10 m²    Pesmontaje bomba a pistón   1-2 /año   1-2 /año   1-2 /año    Desmontaje bomba a pistón   1-2 /año   1-2 /año   1-2 /año   1-2 /año    Tipo de bomba usada   Pistón simple   1-2 /año   1-	hulmedo			
Cargadores de bateria   \$3 - 5/carga		, room(o meses)	, IUU% (omeses);	
Cargadores de bateria ; \$3 - 5/carga ; ; \$300 modific.;  DATOS DE GASOIL  Precio GasOil (litro) ; \$0.35 ; \$0.22 ; \$0.25 ; \$0.25 Precio Nafta (litro) ; \$0.57 -\$0.78 ; \$0.30 ; \$0.47 ; \$0.50 precio Nafta (litro) ; \$518 / mes ; \$30 /mes ; \$24 /mes ; \$24 /mes ; \$30 /mes ; \$30 /mes ; \$24 /mes ; \$30 /mes ; \$3	Insolación	5.1 KNh/m= d	14 8 KN15/m2 41	5 7 MUL ( 7 1)
## \$300 modific.;  DATOS DE GASOIL  Precio GasOil (litro); \$0.35			!	Jar KNIN/ma.d;
### ### ##############################	Cargadores de bateria	\$3 - 5/carga	; ;	
DATOS DE GASOIL  Precio GasOil (litro) ; \$0.35		" \$300 modific	.)	
Precio GasOil (litro) ; \$0.35 ; \$0.22 ; \$0.25 Precio Mafta (litro) ; \$0.57 -\$0.78 ; \$0.30 ; \$0.47 Gastos personal(pozero) ; \$518 / mes ; \$30 /mes ; \$24 /mes Transporte de combustible; ~ \$90 / a ; Consumo tipico(GasOil) ; 0.34 1/m³ \$ ; 0.5 1/m³ ; 0.5 1/=³ Motores de GasOil ; 7.5 - 10 Hp ; 7 - 15 Hp ; 10 Hp Precio Motor y Bomba ; \$5000 ; \$4000 Gastos de Mantenimiento ; \$600 / a ; \$400 / a	DATAS DE CASSEL		i de la companya de	
Precio Nafta (litro)   \$0.57 - \$0.78   \$0.30   \$0.47  Gastos personal(pozero)   \$518 / mes   \$30 /mes   \$24 /mes  Transporte de combustible   \$90 / a				
Gastos personal(pozero)   \$518 / mes   \$30 /mes   \$24 /mes   Transporte de combustible  \$590 / a   \$7.5 - 10 Hp   \$7.5 - 15 Hp   \$10.5 I/m <sup>3</sup>   \$10.5 I/m <sup>3</sup>			; \$0.22 ;	\$0.25 ;
Transporte de combustible; ~ \$90 / a \ Consumo tipico(GasOil)   0.34 l/m³ \$   0.5 l/m³   0.5 l/m³ Motores de GasOil   7.5 - 10 Hp   7 - 15 Hp   10 Hp	rrecio marta (litro) ;	\$0.57 -\$0.78	1 \$0.30 1	\$0.47 ;
Transporte de combustible; ~ \$90 / a \ Consumo tipico(GasOil)   0.34 l/m³ \$   0.5 l/m³   0.5 l/m³ Motores de GasOil   7.5 - 10 Hp   7 - 15 Hp   10 Hp	Gastos personal(pozero)	\$E10 /	ed de la destación de la desta	the decision to
Consumo tipico(GasOil)	Transporte de combustible		; \$30 /mes ;	\$24 /mes ;
Motores de GasOil ; 7.5 - 10 Hp ; 7 - 15 Hp 10 Hp Precio Motor y Bomba ; \$5000 \$4000 Gastos de Mantenimiento ; \$600 / a \$400 a Vida Util ; >20 años 10 años Casilla para grupo Gasoil; \$1000  Tipo de bomba usada ; Pistón simple fistón normalmente ; y doble efecto set  Desmontaje bomba a pistón; 1-2 /año	Consumo tinico (Garatil		; ;	;
Precio Kotor y Bomba   \$5000   \$4000   \$3200   Gastos de Mantenimiento   \$600 / a   \$400	Motorne de Ca-Dil			0.5 1/m3 ;
Gastos de Mantenimiento ; \$600 / a \$400 /a Vida útil ; >20 años 10 años Casilla para grupo Gasoil; \$1000  Tipo de bomba usada ; Pistón simple pistón normalmente ; y doble efecto set  Desmontaje bomba a pistón; 1-2 /año	Procie Water . D.			10 Hp ;
Vida útil ; >20 años ~10 años Casilla para grupo Gasoil; \$1000 \$300  Tipo de bomba usada ; Pistón simple Fistón normalmente ; y doble efecto set  Desmontaje bomba a pistón; 1-2 /año 1-2	Gastas de Manda ;			\$3200 :
Casilla para grupo Gasoil; \$1000  Tipo de bomba usada ; Pistón simple ; Pistón normalmente ; y doble efecto ; jet  Desmontaje bomba a pistón; 1-2 /año 1-2 = 1000 como como como como como como como c	Vid- (1:3		; \$400 /a ;	\$1100 /a !
Tipo de bomba usada Pistón simple Fistón normalmente y doble efecto jet  Desmontaje bomba a pistón: 1-2 /año	,	)20 años	; ~10 años ;	~10 años :
normalmente y doble efecto jet  Desmontaje bomba a pistón: 1-2 /año 1-2 a	Casilla para grupo Gasoil;	\$1000	/ \$300 g	\$500 ;
normalmente y doble efecto jet  Desmontaje bomba a pistón: 1-2 /año 1-2 a	Tipo de bomba usada	Dist.	1 4	
Desmontaje bomba a pistón: 1-2 /año				Pistón :
	nor maimence	y doble efecto	; jet ;	
	Desmontaie bomba a sist	1.2 /		
	======================================	1-2 /ano	; 1-2 / año ;	1-2 /250 3

<sup>\*</sup> Bomba de doble efecto.

#### 4. COMPARACION ECONOMICA

Sobre la base de los datos básicos de cada país, un sistema de bombeo fotovoltaico es comparado con una alternativa de GasOil convencional respectiva.

El sistema BFV para la comparación tiene las siguientes características:

PRODUCCION/DENANDA:800 m4/dia (25 m3/d de una profundidad de 32 m)

SISTEMA BFV : 1200 WP PRECIOS:

> Paneles : \$6/Wp + Transporte + Gastos de Importación Inversor y Bomba : \$2800 + Transporte + Gastos Importación

PRODUCCION: 9000 ms/ año

VIDA UTIL: PANELES SOLARES : 20 años

INVERSOR Y BONBA : 10 años

VIDA PROYECTADA: 20 años

INTERES REAL: 5%

Las siguientes tablas muestran los gastos por m³ de agua bombeada para las dos alternativas: BFV - bomba de GasOil, en los tres países en comparación.

En la primera Tabla, aparecen los gastos sin el pozo, tanques y la cañeria. (Es el caso de una sustitución en una planta existente)

En la segunda tabla, los gastos para realizar el pozo y la infraestructura. (Pozo : 80 m , Cañeria :50m , Tanque: 10m³)

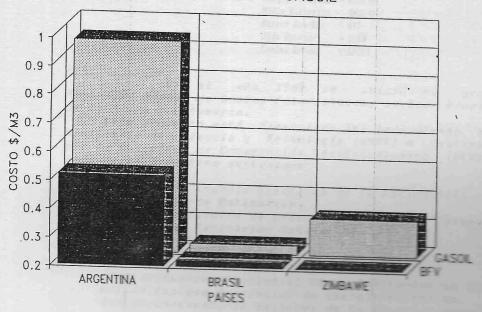
TABLA I COMPARACION SOLO DEL SISTEMA DE BOMBEO

\$/m3	1	ARGENTINA	;	BRASIL	1	ZINBANE	7
BFY	;	0.52	- ;	0.22	1	0.20	-;
Gas0il	1	0.94	1	0.23	1	0.33	;

TABLA II COMPARACION DE LOS GASTOS POR mã CON INFRAESTRUCTURA POZO, TANQUES, ETC.

\$/m3	1	ARGENTINA	- 1	BRASIL	1	ZIHBAHE	7
BFY		0.67	- ;	0.25	;	0.26	7
Gas0il	1	1.10	1	0.26	1	0.38	;

# COMPARACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICO - GASOIL



Los resultados muestran claramente, que en la Argentina la economia comparativamente, tiene más ventajas que en los otros países.

La razón de este efecto se encuentra en los altos gastos de personal en la Argentina.

Los altos salarios de los pozeros y los altos gastos de mantendade de los sistemas de GasOil en la Argentina, dan más ventajas a la aplicación de sistemas BFV.

Los altos gastos de mantenimiento en limbawe, como consecuencia de las largas distancias a ciudades próximas, tambien resulta uma ventaja para el sistema BFV.

En Brasil, a causa de los bajos salarios y bajos niveles de precios para la infraestructura en general, la ventaja para el sistema BFV no es muy grande.

Generalmente se puede decir, que la economia de un sistema BFV depende mucho del país de aplicación y no siempre es favorable.

Rainer Schröer La Rioja,Octubre de 1992