



Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigación en Energía

CURSO-TALLER SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



**Dimensionamiento de
Sistemas Solares de
Bombeo de Agua**



Objetivos del Diseño



- El agente técnico
- Evaluar la viabilidad técnica del proyecto.
- Estimar el costo del sistema.
- Evaluar la propuesta del proveedor.

- El proveedor
- Garantizar que el sistema opere con un rendimiento aceptable.
- Optimizar el costo del proyecto



Datos Mínimos Necesarios



- Demanda mensual (obtener promedio diario).
- Características de la fuente de agua.
- Producción .
- Nivel estático, dinámico y de descarga.
- Calidad del agua.
- Características geográficas del sitio.
- Datos mensuales de insolación.



Procedimiento de Diseño



- 1.- Determine la demanda de agua del mes crítico.
- 2.- Determine la carga dinámica total.
- 3.- Seleccione el tipo de bomba, motor y controles.
- 4.- Dimensione el arreglo fotovoltaico.
- 5.- Estime el rendimiento mensual del sistema;
compare con la demanda.
- 6.- Afine el diseño.



Estimación del requerimiento de agua diario

1.- Demanda de Agua

= Agua para Abrevadero



+ Agua para Irrigación



+ Agua para Consumo Humano



Demanda de Agua del Mes Crítico

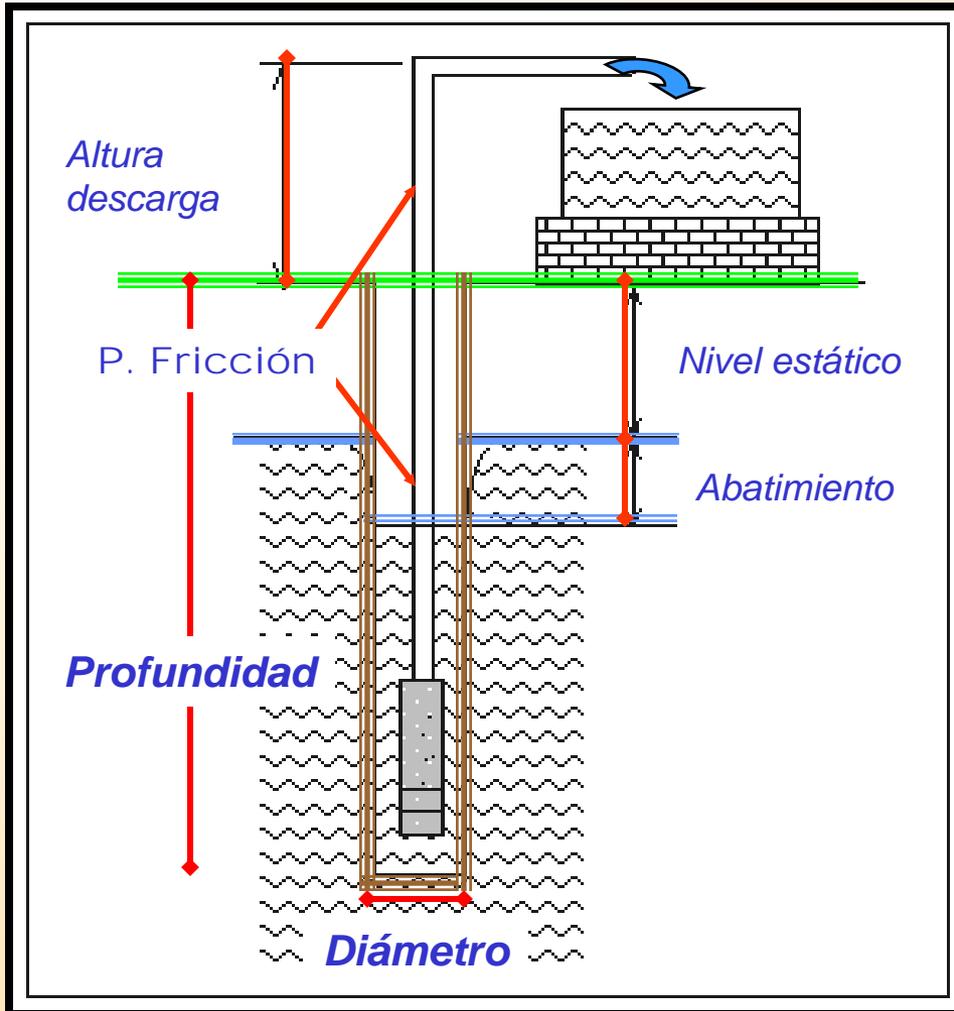


Proyecto: "Guía"

<i>Mes</i>	<i>Demanda (litros/día)</i>	<i>Insolación (kWh/m²)</i>	<i>Caudal (litros/h)</i>
<i>Enero</i>	8,000	5.80	1,379
<i>Febrero</i>	8,000	6.40	1,250
<i>Marzo</i>	10,000	6.80	1,471
<i>Abril</i>	10,000	6.90	1,449
<i>Mayo</i>	10,000	6.90	1,449
<u>Junio</u>	<u>12,500</u>	<u>6.40</u>	<u>1,953</u> ←
<i>Julio</i>	12,500	6.40	1,953
<i>Agosto</i>	12,500	6.50	1,923
<i>Septiembre</i>	12,500	6.80	1,838
<i>Octubre</i>	10,000	6.80	1,471
<i>Noviembre</i>	10,000	6.00	1,667
<u>Diciembre</u>	<u>8,000</u>	<u>5.20</u>	<u>1,538</u> ←



2.- Carga Dinámica Total



$CDT = \text{Nivel estático}$

+ Abatimiento

+ Altura de descarga

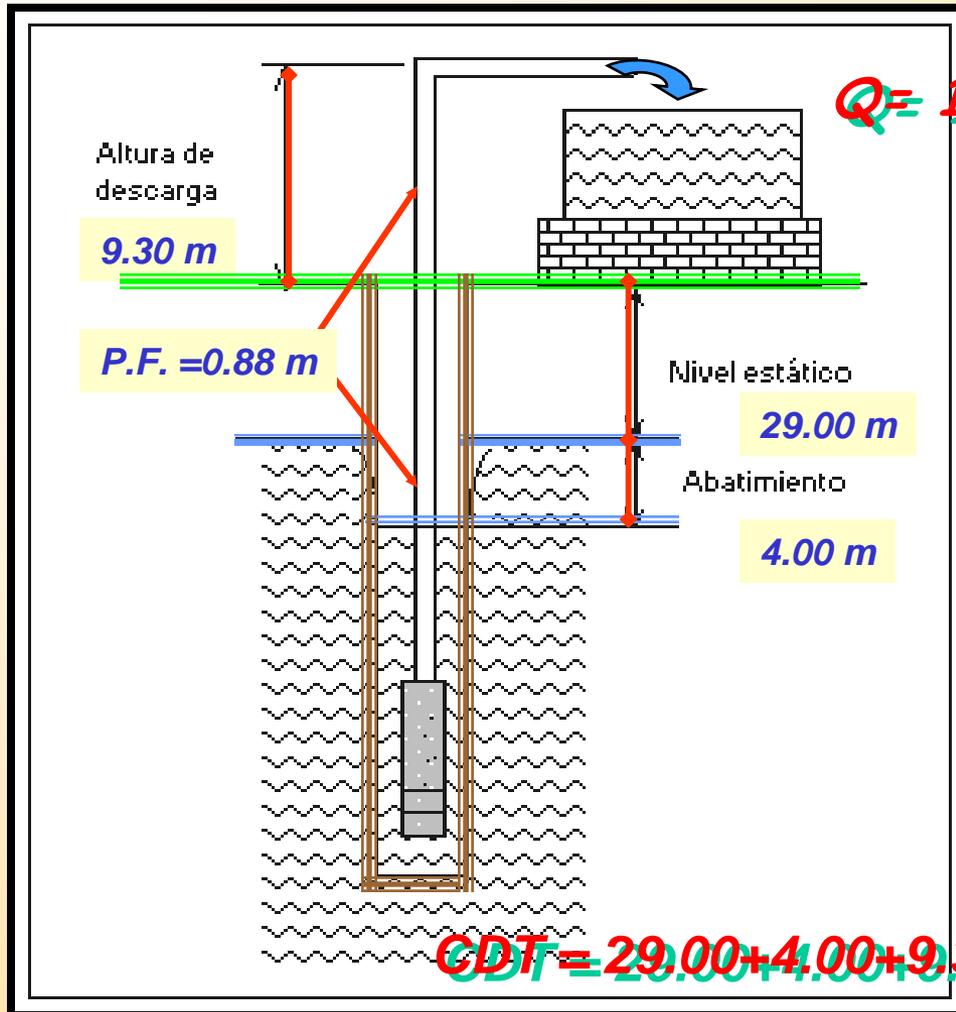
+ Pérdidas por fricción

(En función de la cantidad de agua bombeada y de los diámetros y tipos de tuberías).

Nota: El cálculo de CDT se hace para el mes crítico



Carga Dinámica Total (Ejemplo)



$$Q = 12.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$CDT = 29.00 + 4.00 + 9.30 + 0.88 = 43.18 \text{ m}$$



Datos para el Dimensionamiento



Demanda diaria de agua en el mes crítico =
12.50 m³

Carga dinámica total = **43.18 m**

Recurso solar en verano = **6.4 h-pico/día**

Nota: Utilizar las mismas unidades que el fabricante

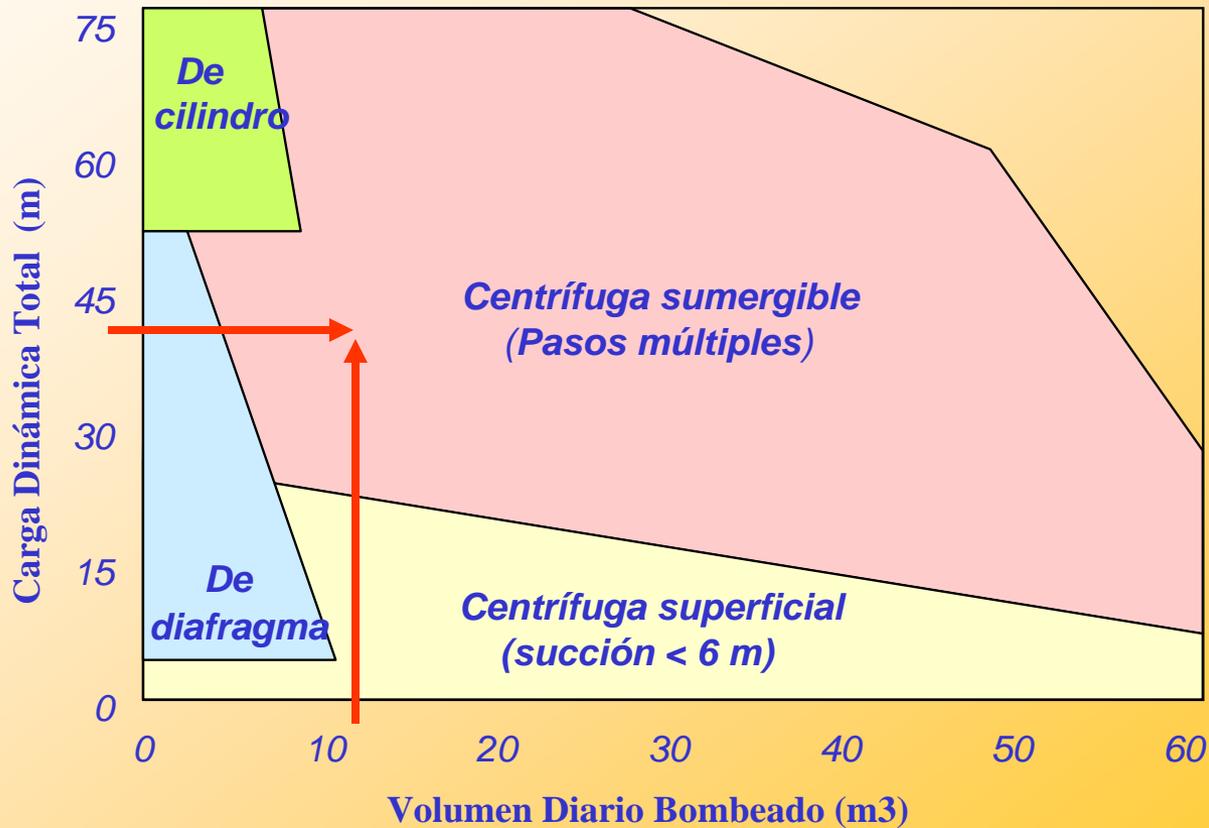


3.- Selección Bomba



- Tipo de bomba recomendada (una opinión)

CDT = 43.18 m



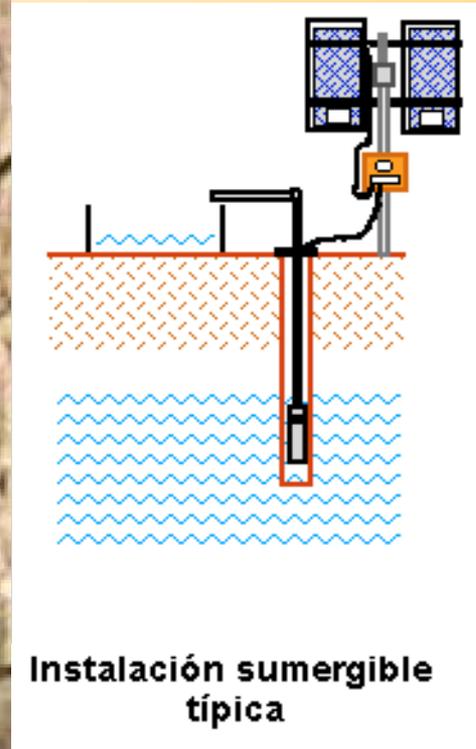
$Q = 12.50 \text{ m}^3$



Bombas Centrífugas Sumergibles



Centro de Investigación en Energía, UNAM





Selección Motor y Controles



- ❖ Motor y controles: varias opciones disponibles (depende del fabricante)
- Motores de corriente alterna (c.a.)
- Más duraderos, menos mantenimiento.
- Necesitan inversor.
- Motores de corriente continua (c.c.)
- Más eficientes, acoplamiento directo o indirecto.
- Más mantenimiento.



Dimensionamiento del Equipo FV



- Use tablas del fabricante

Rápido, poco preciso

- Use programa de cálculo para computadora
(hoja de cálculo)

Preciso, específico



Tablas del fabricante

Demanda de agua mes crítico = 12.50 m³ / día

Carga dinámica total = 43.18 m

Recurso solar en verano = 6.4 hsp

Nota: Utilizar las mismas unidades que el fabricante



Dimensionamiento del Equipo FV



• Tablas del fabricante

$$P_{FV} = 840 \text{ W}$$

• Cuadro de selección de bomba de un fabricante*

Altura	420 W	448 W	480 W	512 W	840 W	896 W	960 W	1024W	1440W
5M	8A-5	8A-5	8A-5	8A-5	14A-3	14A-3	14A-3	14A-3	14A-3
Invierno M3/Día	22	26	28	31	72	75	85	90	115
Verano Md/Día	42	46	51	58	109	110	119	125	150
Fujo Max. L/M	110	121	152	163	250	260	270	284	320

40M	3A-10								
Invierno M3/Día	0	0	0	2	8	9	10	11	18
Verano Md/Día	3	4	5	6	16	18	19	21	32
Fujo Max. L/M	12	15	18	22	61	68	74	81	120

$$CDT = 43.18 \text{ m}$$

$$Q = 12.50 \text{ m}^3$$

Modelo Bomba 3A-10

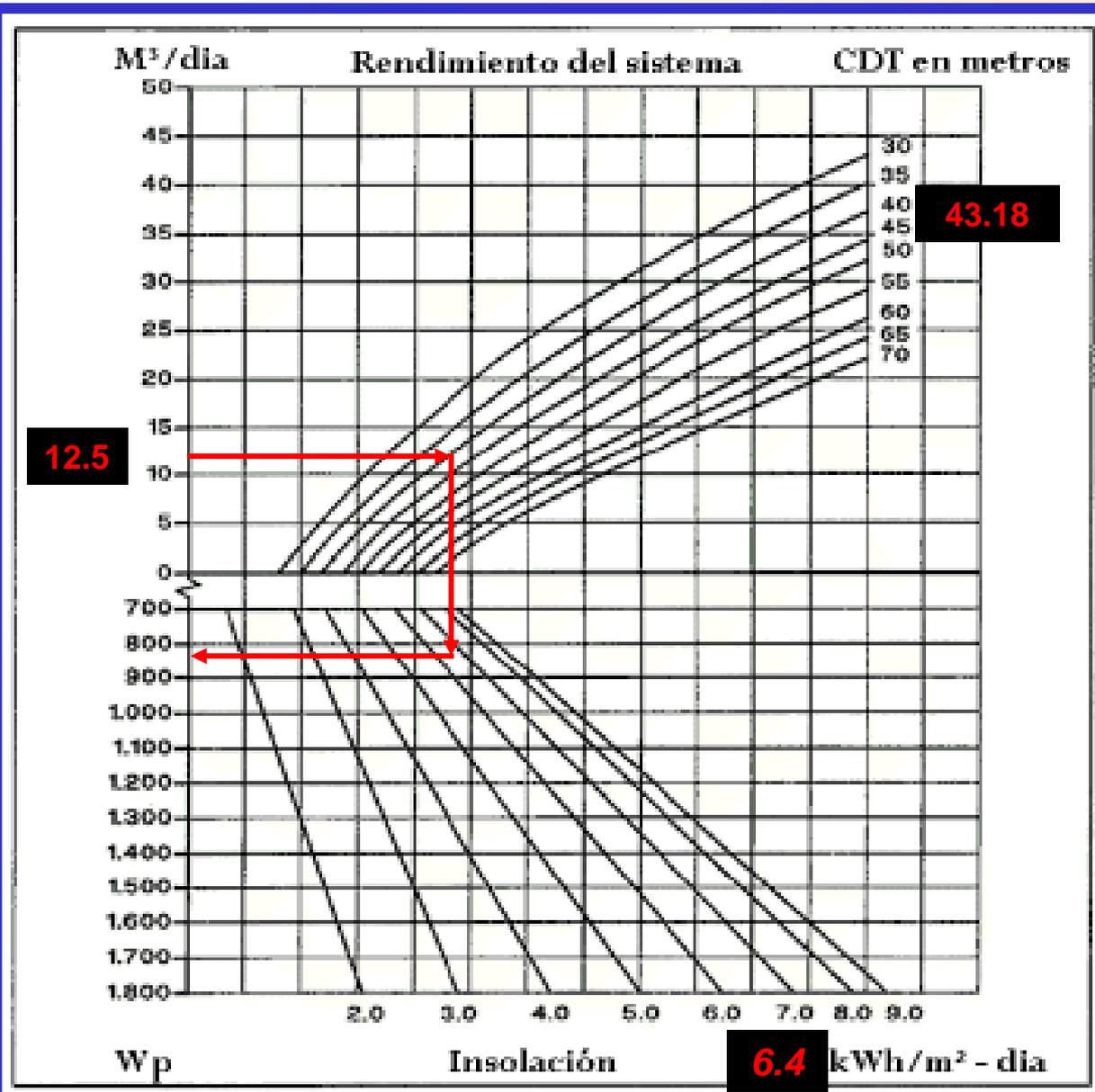


Figura 29. Curva de rendimiento (ejemplo para Grundfos SP 3A-10)

Dimensionamiento del Arreglo



SOLAREX

Características Eléctricas

<i>MODELO</i>		VLX -32	VLX -53	VLX -80
Potencia de salida	Pmp	32 W ↕	53W ↕	80W ↕
Voltaje máxima potencia	Vmp	17.2 V	17.2 V	17.0 V
Corriente máxima potencia	Imp	1.86 A	3.08 A	4.71 A
Voltaje de circuito abierto	Voc	21.3 V	21.3 V	21.1 V
Corriente de corto circuito	Isc	2.01 A	3.33 A	5.13 A

$$\text{Cantidad de módulos} = \frac{\text{Potencia requerida por la bomba}}{\text{Potencia de salida del Módulo}}$$

$$840/32=26.25$$

$$840/53=15.84$$

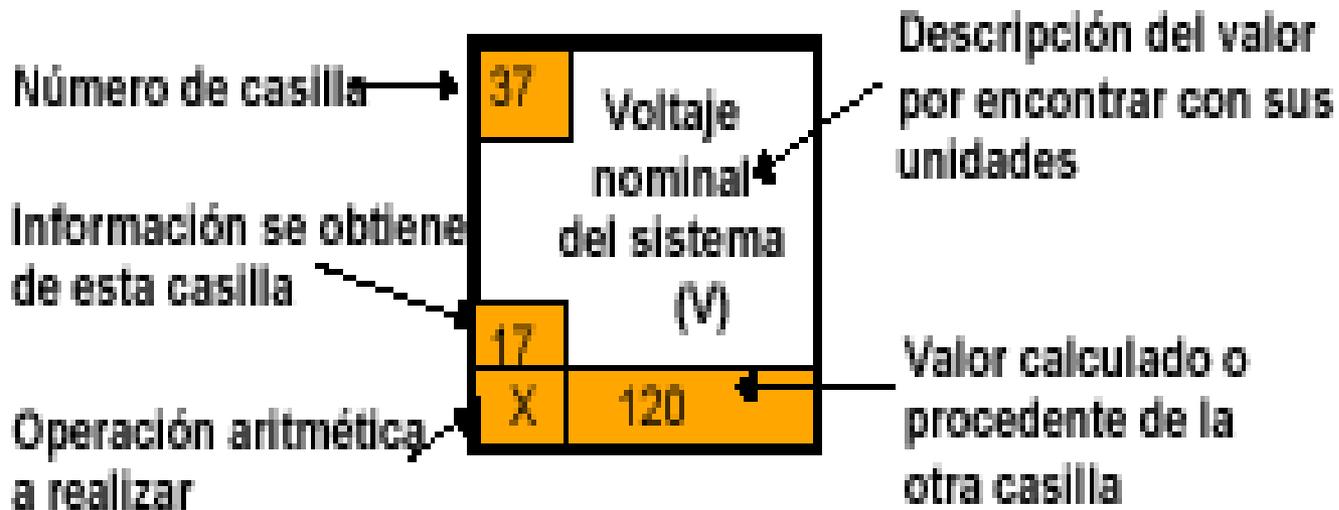
$$840/80=10.5$$



Dimensionamiento del Equipo FV



Programa computadora





HOJA DE CALCULOS 2 BOMBEO DE AGUA

DIMENSIONAMIENTO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO

Ahora es el momento de seleccionar el modelo de módulo fotovoltaico que se usará en el arreglo.
 Repita este proceso hasta encontrar el menor número posible de módulos que satisfagan las necesidades del sistema de bombeo.

INFORMACIÓN MÓDULO FOTOVOLTAICO

Marca y modelo Solarex VLX-53	
Tipo Policristalino	
Vmp 17.2	Voc 21.3
Imp 3.08	Isc 3.4

27	Corriente del Proyecto (A)	28	Factor de reducción del módulo (decimal)	29	Corriente ajustada del proyecto (A)	30	Corriente Imp del módulo (A)	31	Módulos en paralelo (núm. entero)
26	5.76	/	0.95	=	6.06	/	3.08	=	2

32	Voltaje nominal del sistema (V)	33	Voltaje Vmp del módulo (V)	34	Módulos en serie	35	Módulos en paralelo	36	Total de Módulos	37	Corriente Imp del módulo (A)	38	Voltaje Vmp del módulo (V)	39	Tamaño del arreglo fotovoltaico (W)
20	120	/	17.2	=	7	X	2	=	14	X	3.08	X	17.2	=	742



Agua bombeada = 13.36 m³ / día

Cen... UNAM

HOJA DE CALCULOS 3 BOMBEO DE AGUA

AGUA BOMBEOADA Y REGIMEN DE BOMBEO.

40	Módulos en paralelo	41	Coriente Imp del módulo (A)	42	Voltaje Nominal del sistema (V)	43	Factor de rendimiento del sistema (decimal)	44	Factor de conversión	45	Insolación del sitio (h-pico/día)	46	Factor de reducción del módulo (decimal)	47	Carga dinámica total (m)	48	Agua Bombeada (l/día)
31	2	30	X 3.08	20	X 120	18	X 0.35	16	X 367	2	X 6.4	28	X 0.95	13	/ 43.18	=	13,369

Compare el régimen de bombeo (l/h) de la casilla 51 con la capacidad de de la fuente de agua. Si el régimen de bombeo es mayor que la capacidad de batería o bien amplíe la fuente de agua. Esta es una decisión que se basa en el aspecto económico

49	Agua Bombeada (l/día)	50	Insolación del sitio (h-pico/día)	51	Régimen de bombeo (l/h)
48	13,369	2	/ 6.4	=	2,089

Demanda de agua mes crítico = 12.50 m³ / día

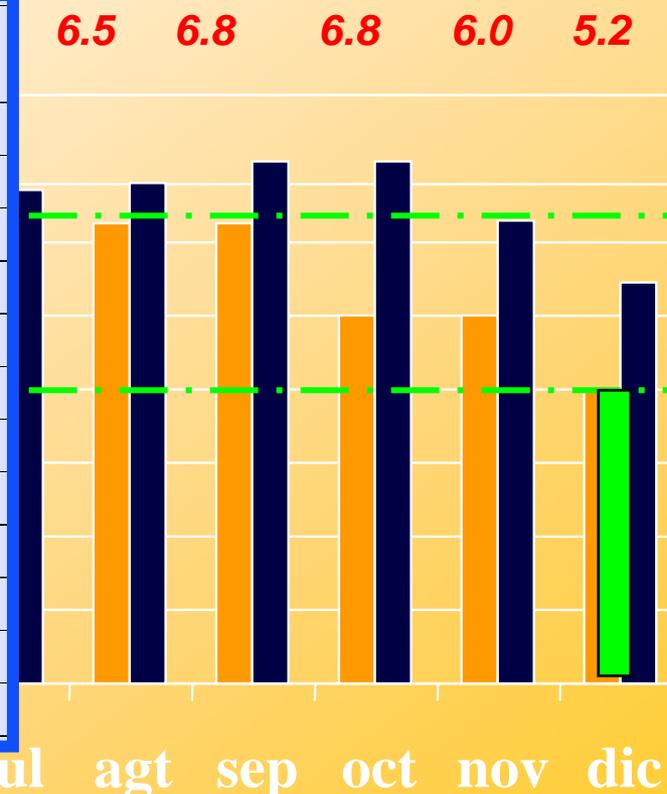


5. - Estime el rendimiento mensual del sistema;



Insolación KWh/m²

Mes	Demanda (litros/día)	Insolación (kWh/m ²)
Enero	8,000	5.80
Febrero	8,000	6.40
Marzo	10,000	6.80
Abril	10,000	6.90
Mayo	10,000	6.90
<u>Junio</u>	<u>12,500</u>	<u>6.40</u>
Julio	12,500	6.40
Agosto	12,500	6.50
Septiembre	12,500	6.80
Octubre	10,000	6.80
Noviembre	10,000	6.00
<u>Diciembre</u>	<u>8,000</u>	<u>5.20</u>





6.- Afinamiento del Diseño



- ❖ Considere otros modelos de bomba, otros fabricantes.

- ❖ Ajuste la inclinación del arreglo.
 - Latitud + 15° produce más en verano.
 - Latitud – 15° produce más en invierno.

- ❖ Considere rastreador.
 - Arreglo es relativamente grande.



Ajuste la inclinación del arreglo.



Latitud + 15° produce más en verano



Latitud - 15° produce más en invierno



Considere Rastreador.





Gracias

sgestec@cie.unam.mx

www.cie.unam.mx