

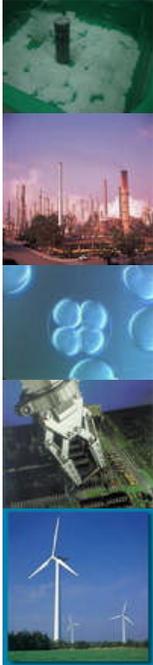
Programa Iberoamericano
de Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo

Herramientas para el diseño y la simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera

Sao Paulo (Brasil), Mayo 2011

Agenda



- **Introducción**
- **Algoritmos de simulación**
- **Cálculo del recurso energético**
- **Perfil de consumo**
- **Simulaciones**
- **Debilidades**
- **Resumen**
- **Otros programas**

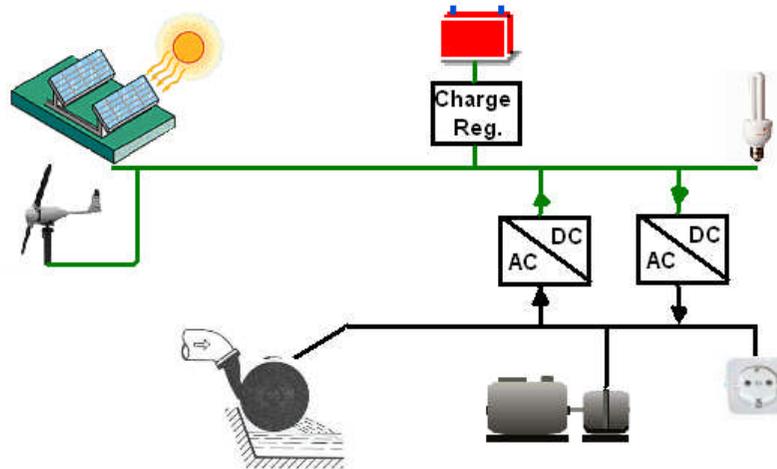
Introducción



- **HOMER**
 - NREL 1993. Gratuito hasta versión 2.69 del 2009.
- **HYBRID2**
 - RERL-MIT/NREL. 1996. Última versión: 1997.
 - Modelo de baterías KiBaM del 2004.
- **HOGA**
 - UNIZAR. Última versión: Septiembre 2010.
- **RETScreen**
 - Gobierno de Canadá. Última versión: 2010.

Objetivos

- **DIMENSIONAR:** Tamaño de cada generador en función del consumo
- **OPTIMIZAR:** Reducir el €/kWh
- **SIMULAR:** Análisis detallado del funcionamiento.



HOMER



- **RECURSO**

- Solar, eólico, hidráulico, hidrógeno, biomasa y diesel
- **VIENTO**
 - Permite medidas horarias o media mensual
 - Weibull, autocorrelación, patrón diario y velocidad max
- **SOLAR**
 - Sobre plano horizontal
 - Media horaria, media mensual o media mensual del índice de claridad
- **Hidro**
 - Media mensual(constante) o valores horarios

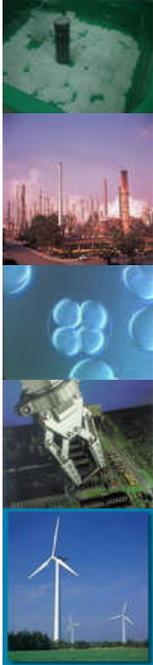
HOMER



- **SIMULACIÓN**

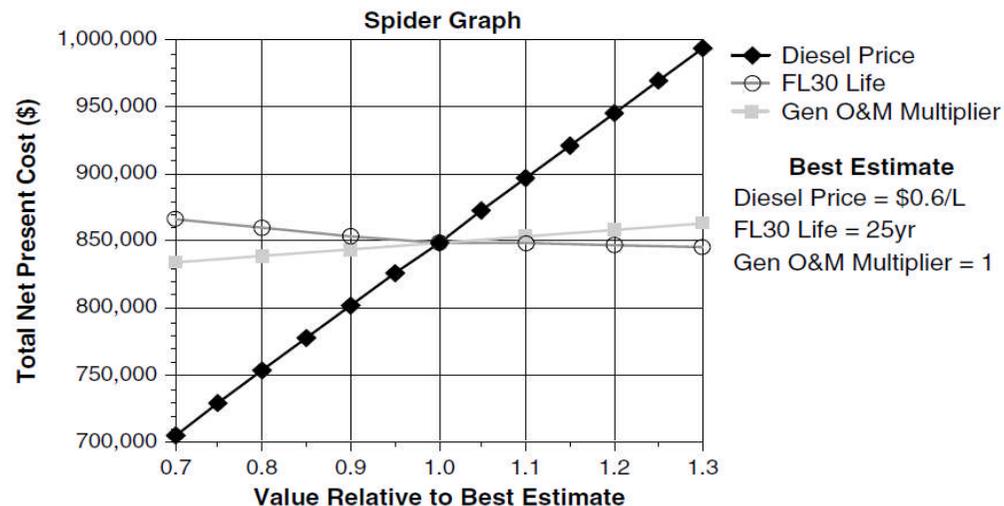
- Simulación con algoritmo enumerativo, series temporales/probabilístico
- Simula las distintas combinaciones de sistemas y estrategias de control
- Introduce análisis de sensibilidad
- Optimización Mono o Semi-Multi objetivo.
 - €, CO₂. Límites de $E_{no_servida}$ introducidos por el usuario
- Time-Step: 60 minutos
- Duración de la simulación: 1 año
- No considera degradación de ningún componente ni aumento del consumo

HOMER



• RESULTADOS

- Listado de sistemas ordenados por el coste total
- Capital inicial, coste total, €/kWh, uso de diesel, horas de generador, tamaño de cada elemento, CO₂, flujos baterías
- Resultados globales y horarios.
- Resultados de sensibilidad



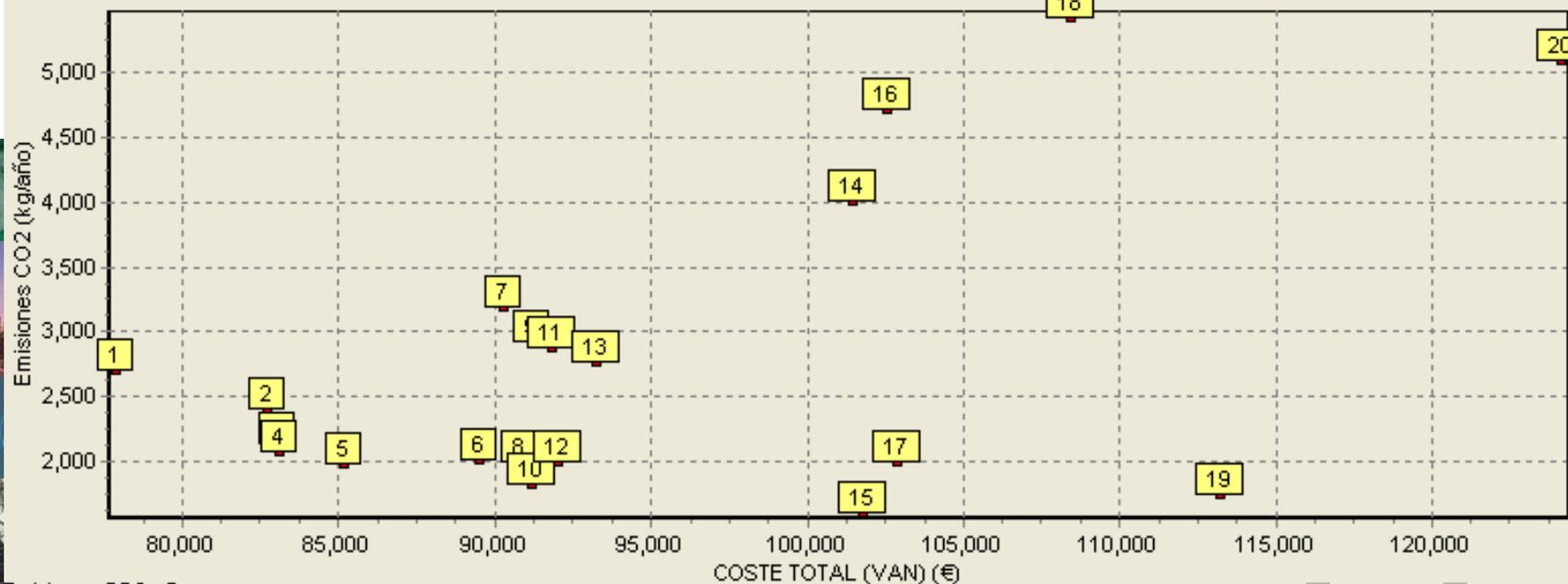
HOGA



- **RECURSO**

- Solar, eólico, hidráulico, hidrógeno, biomasa y diesel
- **VIENTO**
 - Permite medidas horarias o media mensual
 - Weibull, autocorrelación, patrón diario y velocidad max
- **SOLAR**
 - Sobre plano horizontal
 - Media horaria, media mensual o media mensual del índice de claridad
- **Hydro**
 - Media mensual(constante) o valores horarios

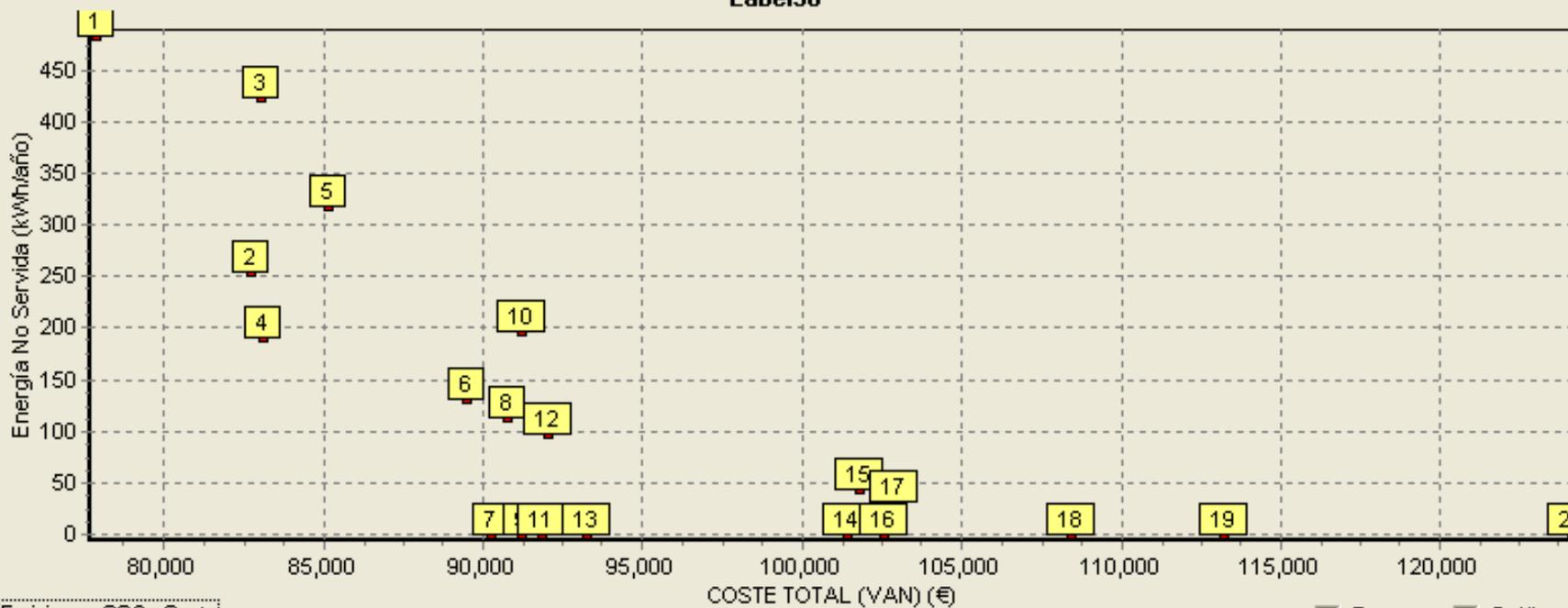
Optim. Multi-objetivo. Pareto de No Dominadas de la Generación 14. Total de casos evaluados: 801



Emissiones CO2 - Coste

Esquema Gráfica

Laberjo



Emissiones CO2 - Coste

Esquema Gráfica

HYBRID2



- **RECURSO**

- Solar, eólico y diesel
- Datos por intervalo o sintetizador de la media mensual
- **VIENTO**
 - Altura anemómetro
 - Variabilidad
 - Desviación estándar
 - Densidad del aire
- **SOLAR**
 - Irradiación horizontal
 - Temperatura ambiente
 - Latitud, longitud, inclinación, reflectividad del suelo

HYBRID2



- **SIMULACIÓN**

- Series temporales/Probabilistic.
- **Simula un solo sistema** con mucho detalle
- Simula balance eléctrico y coste de la instalación
- **Time-Step: Definible.** Recomendado entre 5min-2horas.
- **Duración de la simulación: Definible**, pero son necesarios datos para cada punto.
- No tiene en cuenta degradación de componentes

Sample Performance Summary Output

 * RESULTS OF THE SIMULATION: OVERALL PERFORMANCE

* Project
 Sample Simulation

* General
 - simulation program Hybrid2
 - date of run 03-18-1996
 - Time of run 14:24:00

* Run specifications
 - start value of the simulation period (h) 1
 - duration of the simulation period (h) 720
 - simulation time step (min) 60

* HYBRID SYSTEM

ENERGY FLOWS	kWh	% load		kWh	% load
Total production	7802.14	52.8	Total sinks	15002.23	101.5
Load demand	14783.24	100.0	Load coverage	12479.76	84.4
AC primary load	3801.62	25.7	AC primary load	3209.26	21.7
AC deferrable load	3590	24.3	AC deferrable load	3030.62	20.5
DC primary load	3801.62	25.7	DC primary load	3209.26	21.7
DC deferrable load	3590	24.3	DC deferrable load	3030.62	20.5
			Unmet load	2303.47	15.6
AC heating demand	1005	100.0	AC heating load	750.4	74.7
Production			Optional load	0	0
- from wind (AC)	0	0	- AC optional load	0	0
- from wind (DC)	3414.98	23.1	- DC optional load	0	0
- from PV (AC/DC)	483.39	3.3			
- from diesel (AC/DC)	1071.37	7.2			
Storage			Excess energy	0	
- into storage	410.53	2.8	- spilled	0	0
- from storage	528.92	3.6	- dump load	0	0
			- excess dump load	0	0
Energy losses	-7391.54	-50			
Fuel consumed (liters)	366.67				



3

l

ción.

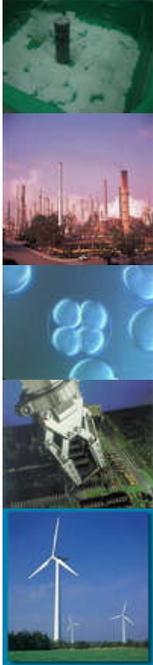
RETScreen



- **RECURSO**

- **Solar, eólico, hidráulica, olas, mareas, combustibles fósiles..... Pero solo se pueden utilizar 3**
- **Además, solo permite introducir datos del recurso para el sistema base**
- **Una gran base de datos de recurso energético, aunque el mismo programa advierte que puede no ser muy fiable**
- **Solo permite introducir datos de la tecnología primaria, el resto de producciones los calcula en función de un factor de utilización**

RETScreen



- **SIMULACIÓN**

- **Desarrollado en Excel**
- **Herramienta básica para dimensionar**
 - **Eficiencia energética, mini-redes, enfriamiento industrial...**
- **Simula solo un sistema, de máximo tres tecnologías (base, primario y para los picos) con poco detalle.**
- **No incluye simulación ni optimización**
- **No simula con series temporales**
- **Duración: 1 año**
- **No permite incluir baterías**

RETScreen

Microsoft Excel - RETScreen4-

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ? | RETScreen

Escriba una pregunta

C857 Full power capacity output

Full power capacity output

Power system exceeds minimum load of the isolated

Used case system characteristics	Unit	Estimate	%	Incremental initial costs	System design graph
Base load power system					
Technology		Wind turbine			
Rating strategy		Full power capacity output			
Capacity	kW	20	918.5%		
Electricity delivered to load	MWh	10	99.1%		
Electricity exported to grid	MWh	3			
Intermediate load power system					
Technology		Photovoltaic			
Rating strategy		Full power capacity output			
Capacity	kW	4	188.4%		
Electricity delivered to load	MWh	0	0.9%		
Electricity exported to grid	MWh	35			
Peak load power system					
Technology		Other			
Fuel type		Diesel (#2 oil) - L			
Fuel rate	\$/L				
Installed capacity	kW	2.1			
Capacity	kW	2	103.6%		
Electricity delivered to load	MWh	0	0.0%		
Manufacturer			See PQR		
Unit cost	kWh/kWh				
Backup power system (optional)					
Technology					
Capacity	kW	0			

Used case system summary	Fuel type	Fuel consumption - unit	Fuel consumption	Capacity (kW)	Energy delivered (MWh)
Start					
Load & Network					
Energy Model					
Tools					

Inicio HOMER - [sim3] 2 Explorador ... HOGA Microsoft Powe... Microsoft Excel... E5

Consumos



	HOMER	HYBRID2	HOGA	RETSCREEN
Tipo de cargas	AC, DC y Térmicas	AC o DC	AC, DC, H ₂ y H ₂ O	
Perfil de consumo	Media horaria mensual o valores horarios	Media horaria mensual o valores por intervalo.	Media horaria mensual o valores por hora	Media mensual
Aleatoriedad	SI	SI	SI	NO
Diferentes perfiles	SI, SEMANAL	NO	NO	NO
Factor de escala	SI, ANUAL	SI, MENSUAL	SI, SEMANAL	NO
DSM	SI	SI. 2 TIPOS	NO	NO

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

Estrategias de control



•2 Tipos:

•Utiliza

•E

•Carga

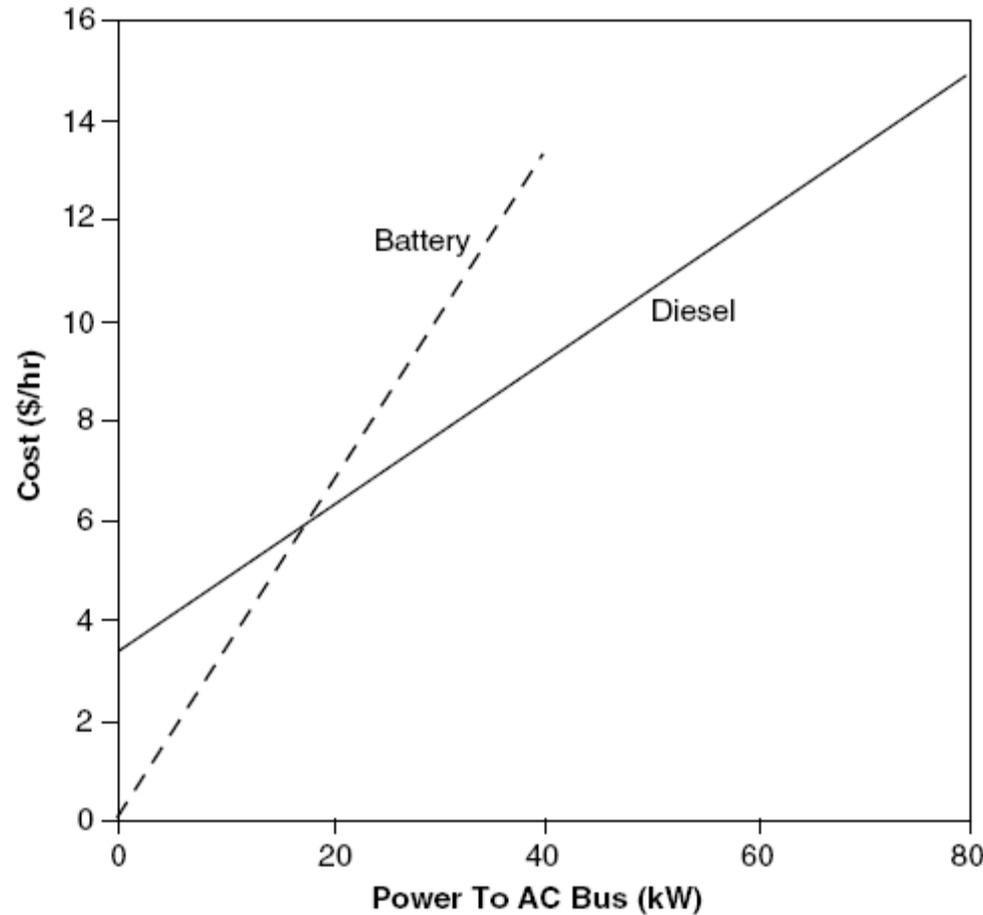
•L

•C

•N

•S

pr



ni de consumo
nteriores es,
edictiva

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

Probabilidad de Pérdida de Carga



- No se calcula en ningún programa
- Es necesario hacer un análisis a largo plazo
- Necesidad de series sintéticas de datos meteorológicos de varios años



Comparación entre herramientas



- **Proceso**
 - Optimización mediante HOMER y HOGA
 - Cada sistema óptimo ha sido simulado por Hybrid2 y RETScreen
- **Condiciones**
 - Mismo perfil de consumo
 - Mismo recurso energético
 - Mismo abanico de equipos disponibles

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

Comparación entre herramientas



- Se observan diferencias entre HOMER y HOGA, por ejemplo:

	HOMER	HOGA
FV	4 kWp	8,5 kWp
Eólica	3x6,5kWp	1x6,5kWp
Gen. Diesel	1,9kWp	1,9kWp
Litros	447	600
Baterías	4 x 444Ah	8 x 444Ah
Coste	78.000€	85.000€

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

Comparación entre herramientas



- También entre HOMER y HYBRID2 y RETScreen

	HOMER	HYBRID2	RETScreen
FV	5.058 kWh/año	5.427 kWh/año	9.000 kWh/año
Eólica	15.406 kWh/año	13.803 kWh/año	13.000 kWh/año
Gen. Diesel	1.072 kWh/año	5.412 kWh/año	0 kWh/año
Litros	447	1.693	0
Batería(in/out)	1734/1343	101/101	N/A
Consumo	10.257 kWh/año	10.243 kWh/año	10.000 kWh(año)

Comparación entre herramientas



- También entre HOMER y HYBRID2 y RETScreen

	HOGA	HYBRID2	RETScreen
FV	8.820 kWh/año	11.533 kWh/año	12.000 kWh/año
Eólica	4.492 kWh/año	4.601 kWh/año	17.000 kWh/año
Gen. Diesel	1.686 kWh/año	4.734 kWh/año	0
Litros	447	1.466	0
Batería	3781/3806	801/801	N/A
Consumo	10.257 kWh/año	10.243 kWh/año	10.000kWh/año

Limitaciones



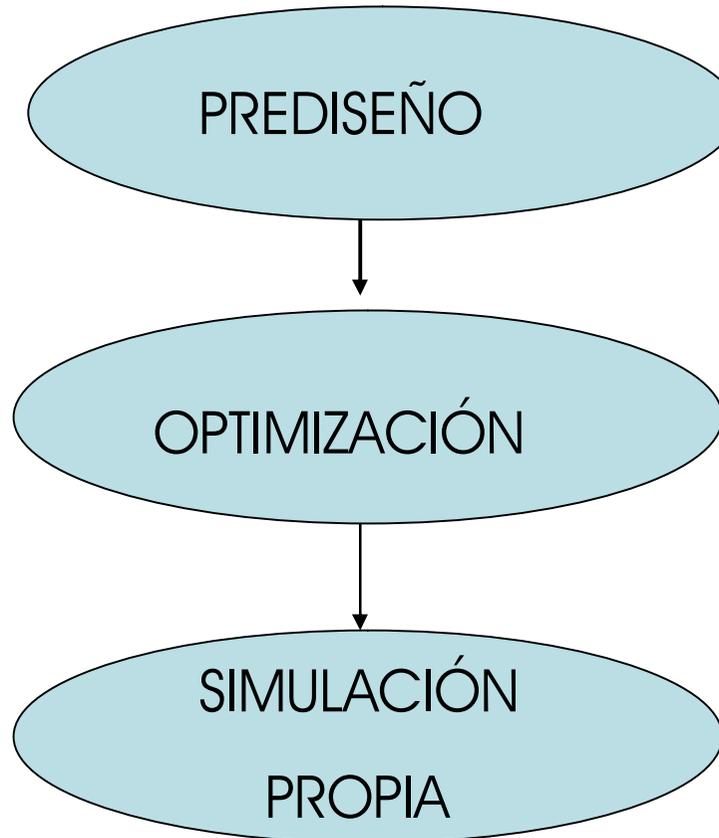
- Simulación de solo un año (**menos hybrid2**).
- No tiene en cuenta degradación ni aumento del consumo
- Cálculo muy simple de la producción FV que solo depende de G (**menos hybrid2 y HOMER**)
- Densidad del aire constante durante el año
- No permite modular la potencia de una turbina hidráulica
- Muchos fallos durante la ejecución (**solamente hybrid2**). Probablemente debidos a la antigüedad de la versión.
- Una interfaz de usuario muy pobre (**hybrid2**)
- No optimiza entre distintos sistemas (**hybrid2 y RETScreen**)

Resumen



- **Hybrid2** es la herramienta que parece más precisa en la simulación de un sistema, pero su pobre interfaz gráfica, la versión antigua y la no posibilidad de optimizar entre varios sistemas le quitan interés.
- **HOMER** y **HOGA** son un buen compromiso entre precisión de la simulación, funcionalidad y resultados obtenidos. Se podrían mejorar añadiendo modelos de degradación de componentes, mejorando los modelos de generación y aumentando el tiempo de simulación.
- **RETScreen** es un programa demasiado básico para cualquier simulación seria, aunque su facilidad de uso puede ser útil para un pre-diseño.

Consejos de uso



Otras herramientas



- **MATLAB/Simulink**
- **DYMOLA**
- **ViPOR**
- **OffGrid Pro**
- **HYSIS (CIEMAT)**

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos

Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

Referencias



- [1] C.D. Barley and C.B. Winn, Optimal dispatch strategy in remote hybrid power systems, *Solar Energy*, Vol. 58, pp. 165-179, 1996
- HOMER
 - <http://www.homerenergy.com/>
- HOGA
 - <http://www.unizar.es/rdufo/hoga.htm>
- HYBRID2
 - http://www.ceere.org/rerl/rerl_hybridpower.html
- RETSCREEN
 - <http://www.retscren.net/>



¡Gracias por su atención!

Herramientas para el diseño y simulación de sistemas híbridos
Jorge Solórzano del Moral y Miguel Ángel Egido Aguilera. Sao Paulo, 2011.

CYTED
CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO