

ELABORACION DE METODOLOGIAS DE ANALISIS Y
PLANIFICACION PARA EVALUAR LA CONTRIBUCION
REAL DEL USO DE LA ENERGIA SOLAR EN EL
BALANCE ENERGETICO TOTAL Y SECTORIAL.
APLICACION A ESCALAS PILOTO #

Irene Alicia Blasco Lucas*
Ricardo Marcelo Morales*

Area de Energias Alternativas - IMA-FI-UNSJ
Av.Lib. San Martín 1109(0) - 5400 San Juan

RESUMEN

Ante la grave crisis energética y económica nacional, y contemplando el estado del arte de tecnologías alternativas, surge la necesidad de lograr formular e implementar Metodologías de Análisis y Planificación que permitan evaluar las posibilidades reales de complementación entre sistemas convencionales y solares en procesos de calor de altas, medias y bajas temperaturas, para satisfacer las demandas de las diferentes actividades sectoriales. En una primera etapa, se realiza en el presente trabajo el análisis limitado a localidades de bajos niveles de complejidad. Se efectúa una valoración económica a lo largo de la vida útil de los mismos, que incluye la consideración de costos externos o sociales debidos a la contaminación ambiental.

Se instrumenta una herramienta para modelar los cambios pre-
visibles en la actual estructura de consumos energéticos térmicos
no eléctricos, que permite determinar la presión de sustitución de
los sistemas integrados considerados, mensurar el ahorro posible y
predecir hasta qué punto estas estrategias representan soluciones a
problemas de escasez o encarecimiento de energías no renovables.

Se ha elaborado un software versátil en lenguaje TP6, denomi-
nado "DIASOL1" (Diagnóstico Solar), que permite analizar la in-
fluencia de las diversas variables intervinientes y ajustar paráme-
tros mediante iteraciones sucesivas.

Los resultados que se presentan corresponden al análisis de
21 sistemas térmicos solares dimensionados para satisfacer 12 tipos
de demandas comprendidas en un intervalo de valores mínimos y máxi-
mos, respecto a 43 convencionales; en un total de 79 posibilidades
de sistemas integrados; para las áreas correspondientes a cinco es-
taciones meteorológicas de la provincia de San Juan.

REFERENCIAS

- # Director de Beca: Dr. Ing. Francisco Garcés. IEE-FI-UNSJ.
- Codirector de Beca: Ing. Ind. Francisco Alba Juez. IMA-FI-UNSJ.
- * Arquitecta. Becarfa Perfeccionamiento del CONICET. (Implement.).
- * Programador. (Diseño y Codificación). FCEFyN-UNSJ.

DESCRIPCION GLOBAL DE LA METODOLOGIA [1]

Para realizar el estudio se decide una escala basada en las necesidades energéticas térmicas de comunidades de bajos niveles de complejidad, definiendo criterios de clasificación de tecnologías, tanto solares como convencionales de referencia, en base a sus características y las posibilidades de aplicación sectoriales. Ver Tablas N° 1 y 2.

TABLA N° 1 : APLICACIONES TERMICAS SOLARES POR SECTORES

USOS POR NIVELES DE TEMPERATURA	PRINCIPIO FISICO	TIPOS DE RESPESA TECNOLÓGICA	APLICACIONES POR SECTOR		
			PROD.	ELAB.	EXTR. SERV.
Altas Temp. (> 180°C) Medias Temp. (> 100°C) (< 180°C)	Concentración	•colectores especulares planos •Cilíndrico PARABÓLICOS	GV	GV	GV
		•Parabólico POLAR	CD1 CPI	CD1 CPI	CD1
Bajas Temp. (< 100°C)	termocirculación Natural termocirculación Forzada	•colectores planos de Líquido -PANELES -DESTILADOR	CAC ACD ACD AP	CAC ACD ACD AP	CAC ACD ACD AP
		-PANELES -POZA	CAC CAB1 CAC CAC CAB1 CAB1	CAC CAB1 CAC CAC CAB1 CAB1	CAC CAB1 CAC CAC CAB1 CAB1
Bajas Temp. (< 100°C)	termocirculación Forzada	•colectores planos de Aire -PASIVOS -PANELES -HORNO -INVERNAD.	CAB1 CAB1 CD2 CAA CAR2	CAB1 CAB1 CD2 CAA CAR2	CAB1 CAB1 CD2 CAA CAR2
		-PANELES -DUCTOS	DPA DPA	DPA DPA	DPA DPA CAB1 CAB1

REFERENCIAS :
 GV : Generación de vapor.
 CD : Cocción doméstica.
 CPI : Cocción de productos industriales.
 CAC : Calentamiento de agua de caldera (Proc. Ind.).
 ACD : Agua caliente para consumo doméstico.
 AP : Agua potable.
 CAB : Calefacción de ambientes habitables.
 CAA : Calefacción de ambientes agrícolas.
 DPA : Deshidratación de productos agrícolas (Peq. Esc.).
 DP : Deshidratación de productos (gran escala).

TABLA N° 2 : SITUACION DE REFERENCIA

USOS POR NIVELES DE TEMPERATURA	TIPOS DE TECNOLOGÍA ARTEFACTO/COMBUSTIBLE	APLICACIONES POR SECTOR		
		PROD.	ELAB.	EXTR. SERV.
Altas Temp. (> 180°C)	•CALDERA -Diesel -Gas -Leña -Carbón	GV CAC GV CAC CAC GV GV CAC	GV CAC GV CAC CAC GV GV CAC	GV CAC GV CAC CAC GV GV CAC
	•HORNO -Gas -Leña -Carbón	CPI CD2 CPI CD2 CPI CD2	CPI CD2 CPI CD2 CPI CD2	CD2 CD2 CD2 CD2
Medias Temp. (> 100°C) (< 180°C)	•COCINA -Gas -Leña -Carbón	CD1 AP CD1 AP CD1 AP	CD1 AP CD1 AP CD1 AP	CD1 CD1 CD1 AP
	•CALEFON -Gas -Leña -Carbón	ACD ACD ACD ACD	ACD ACD ACD ACD	ACD ACD ACD ACD
Bajas Temp. (< 100°C)	•ESTUFA -Gas -Kerosene -Leña -Carbón	CAB1 CAA CAB1 CAA CAA CAB1 CAA	CAB1 CAR2 CAB1 CAA CAB1 CAR2 CAB1 CAA	CAB1 CAR2 CAB1 CAR2 CAB1 CAR2 CAB1 CAR2
	•HORNO -Diesel -Gas -Leña -Carbón	DPA DPA DPA DPA	DPA DPA DPA DPA	DP DP DP DP

REFERENCIAS :
 GV : Generación de vapor.
 CD : Cocción doméstica.
 CPI : Cocción de productos industriales.
 CAC : Calentamiento de agua de caldera (Proc. Ind.).
 ACD : Agua caliente para consumo doméstico.
 AP : Agua potable
 CAB : Calefacción de ambientes habitables.
 CAA : Calefacción de ambientes agrícolas.
 DPA : Deshidratación de productos agrícolas (Peq. Esc.).
 DP : Deshidratación de productos (gran escala).

Con la intención de evaluar cada sistema analizado para más de un tamaño, se estipulan valores mínimos y máximos de demandas, dimensiones y calidad tecnológica, cubriendo así una cierta gama de los mismos.

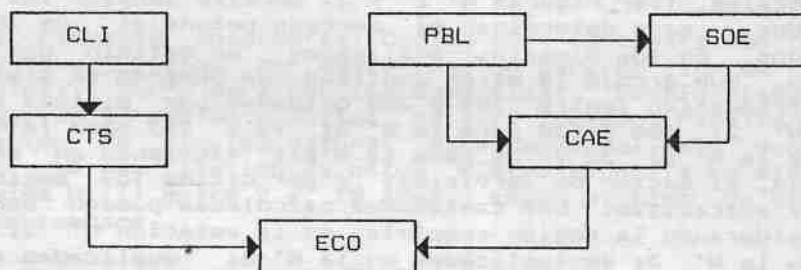
La posibilidad de complementación de los sistemas solares y convencionales, en sistemas integrados; se plantea a partir de la competitividad técnico-económica entre ambos. La contribución energética de los sistemas solares permite un ahorro en el consumo de combustibles convencionales. Para su estimación, es necesario realizar un análisis climático y de comportamiento térmico mensual, dado el carácter estocástico de la oferta solar [2] [3] [4]. En el análisis microeconómico se utiliza el "Método del Ciclo de Vida" para la obtención de los Costos Reales y de los índices de rentabilidad, ya que los sistemas solares implican una alta inversión inicial y bajos costos de operación y mantenimiento [5] [6]. Los costos sociales o externos, debidos a la contaminación ambiental son calculados en función de la carga térmica provista por los sistemas convencionales [7].

Para el análisis de mercado se definen "Localidades Tipo" departamentales, supliendo de este modo carencia de información. Las cantidades hipotéticas sectoriales de los sistemas considerados, se calculan en función de los respectivos parámetros socio-económicos con que se relaciona cada uno; pudiendo adoptar distintas participaciones porcentuales, desde muy pesimistas hasta muy optimistas. En los ejemplos estudiados se decide una situación intermedia.

El análisis macroeconómico considera el impacto económico-ambiental sectorial y global resultante de la aplicación de un conjunto de sistemas pre-seleccionados. Se realiza la sumatoria del producto del ahorro obtenido en la vida útil de cada sistema y la correspondiente cantidad hipotética sectorial de equipos.

Los resultados obtenidos permiten extraer valiosas conclusiones, orientadoras del futuro accionar tanto en tareas de investigación como en las posibilidades de inversión, comercialización y de protección del ambiente.

Se definen seis módulos interactuantes entre sí mediante las salidas. Clima (CLI), Población y vivienda (PBL), Socioeconómico (SOE), Cantidad de Equipos por Sector (CAE), Carga Térmica Solar y Convencional (CTS), Micro y Macroeconomía (ECO). La relación entre módulos se representa en el esquema:



INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

▪ **Análisis climático:** La fuerte influencia de los factores climáticos en la determinación de la rentabilidad de los sistemas, se hace evidente en este caso, en que se utilizan los mismos valores mínimos y máximos para todas las localidades consideradas. Ver Figura N° 1 y Tabla N° 3. Las estaciones meteorológicas N° 2 y 5 acusan la mayor cantidad de sistemas que compiten con tecnologías tradicionales (36 de los 42 considerados); sus características son de clima frío seco con elevada intensidad de radiación, y leves amplitudes estacionales. Siguen en orden las estaciones N° 10 y 3 (33 sistemas competitivos), y por último la N° 6 muy cálida (con 29).

FIG. N° 1: ESTACIONES METEOROLÓGICAS - ÁREA DE INFLUENCIA

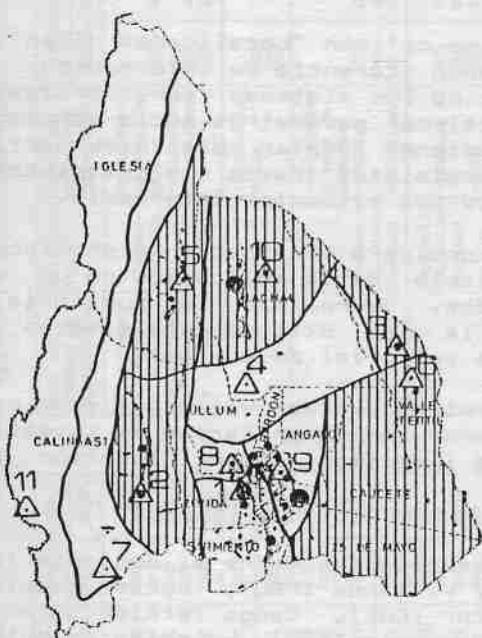


TABLA N° 3 : ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Est	Localidad	Departamento	Lat--	Long--
1	San Juan	Pocito	31.39	68.35
2	Barreal	Calingasta	31.39	69.29
3	San Agustín	Valle Fertil	30.38	67.27
4	El Balde	Jachal	30.56	68.38
5	Rodeo	Iglesia	30.12	69.07
6	Las Tumanas	Valle Fertil	30.52	67.19
7	Los Patos	Calingasta	32.16	70.06
8	La Toma	Ullum	31.29	68.46
9	San Martín	San Martín	31.30	68.20
10	Huaco	Jachal	30.09	68.29
11	Pachón	Calingasta	31.45	70.28

▪ **Análisis socio-económico:** La interpretación de las realidades locales, (ver Figuras N° 2 y 3) permite adoptar los supuestos apropiados, para determinar el mercado potencial de los sistemas estudiados. En los ejemplos analizados se definió una situación promedio, que arrojó la mayor cantidad de demanda de sistemas en el sector productivo (entre 200 y 300 unidades por sistema para la estación N° 2; 100 y 130 para la N° 3; 75 y 155 para la N° 10; 70 y 100 para la N° 5; 32 y 55 para la N° 6); siguiendo en orden de importancia, el sector de servicios; y por último los sectores elaborativo y extractivo. Las cantidades calculadas pueden ser triplicadas considerando la región completa en la estación N° 2; cuadruplicadas en la N° 3; sextuplicadas en la N° 5; duplicadas en la N° 6; y octuplicadas en la N° 10. Las cantidades hipotéticas, comienzan entonces a tomar importancia para pensar en una producción seriada de los sistemas con mejores perspectivas técnico-económicas.

FIG. N. 2: PONDERACION SECTORIAL DEPARTAMENTAL

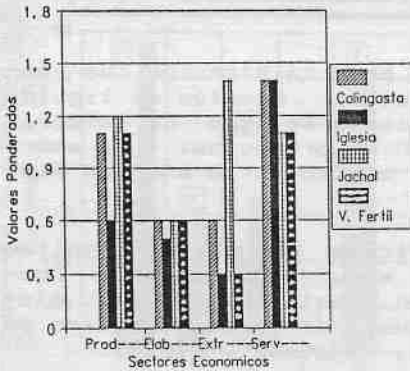
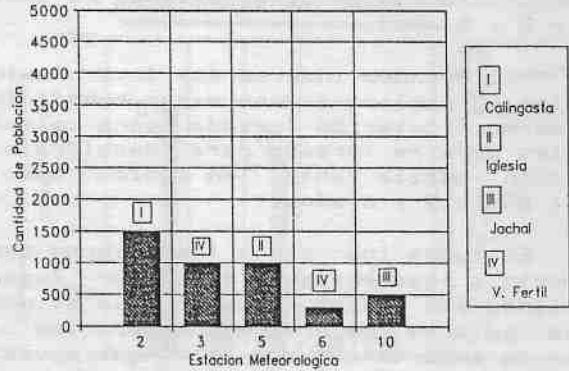


FIG. N. 3: POBLACION EN LOCALIDADES TIPO



▪ **Análisis térmico:** Los supuestos de consumo juegan aquí un importante rol, en el caso considerado se definieron 12 tipos de demandas sectoriales en valores mínimos y máximos; de los cuales en general los sistemas solares cubren anualmente entre el 40 al 80 %. Los sistemas de menor rendimiento fueron la Cocina por concentración para productos industriales, Paneles de aire por termocirculación natural para calefacción de ambientes habitables; y Deshidratador de productos agrícolas por termocirculación de aire forzada.

▪ **Análisis micro-económico:** Los sistemas que no compitieron con los convencionales en las cinco localidades consideradas fueron Concentrador Cilindrico para generación de vapor en mínimo y máximo; Destilador en máximo; Poza para calentamiento de agua de caldera en máximo; y Poza para calefacción de ambientes habitables en mínimo y máximo. En las estaciones N° 3 y 6 se suma además Paneles de líquido por termocirculación forzada para calefacción de ambientes habitables en mínimo y máximo. En las estaciones N° 3, 6 y 10, Ductos con aire forzado para calefacción de ambientes habitables en mínimo y máximo; y en la N° 6, Sistemas pasivos para calefacción de ambientes habitables en máximo; Invernadero para calefacción de ambientes habitables en máximo; y Paneles de aire forzado para calefacción de ambientes habitables.

Los sistemas de mayor aplicabilidad, agrupados según el monto de los costos asociados conforme al interés que pueda representar para distintos tipos de inversores, en orden de importancia, son:

-a) **Pequeños inversores:** Cocina por concentración para cocción doméstica; Cocina por concentración para cocción de productos industriales; Horno para cocción doméstica; Deshidratador de productos agrícolas mediante ductos de aire forzado; Paneles por termocirculación de líquido natural para agua caliente doméstica; y Destilador. La amortización de estos sistemas oscila en mínimo (20 años de vida útil) entre 2 y 10 años, según el tipo de combustible con que se compare.

-b) **Medianos inversores:** Sistemas pasivos para calefacción de ambientes habitables; Invernadero para calefacción de ambientes habitables. Deshidratador de productos agrícolas mediante paneles por

termocirculación de aire forzada. La amortización oscila en mínimos entre 3 y 5 años.

-c) Grandes inversores: Invernáculo para calefacción de ambientes agrícolas (acusa mayor beneficio neto); Paneles de líquido por termocirculación forzada para calentamiento de agua de caldera; Paneles de aire forzado para deshidratación de productos. La amortización oscila tanto en mínimo como en máximo (30 años de vida útil) entre 2 y 6 años.

En todos los casos los mayores beneficios económicos resultan respecto a gas envasado en primer lugar, seguido del carbón. Contemplando los costos sociales, la situación cambia, siendo los sistemas solares mejores en comparación al uso de carbón seguido en orden de importancia por leña, gas envasado, kerosene y diesel.

■ Análisis macro-económico: A nivel global, la estación N° 2 es la que acusa mayores beneficios, seguida por la N° 10; la N° 5; la N° 3 y por último la N° 6. Proporcionalmente, los beneficios obtenidos contemplando costos sociales, son mayores en mínimos que en máximos, variando en los primeros entre 30 y 72 % más que sin considerarlos, y en los segundos entre 12 y 32 %; resultando mayor el impacto en las localidades de menor complejidad. A nivel sectorial el ahorro es mayor en el sector productivo, seguido por el elaborativo en las estaciones N° 3, 5 y 6; por el extractivo en las estaciones N° 2 y 10; y por último el de servicios. Si tenemos en cuenta los costos sociales, los tres últimos sectores representan una proporción de ahorro más significativa. Ver Figuras N° 4 a 7, que ilustran como ejemplo el caso sectorial de valores mínimos; y las N° 8 y 9 que presentan el balance global para mínimos y máximos respectivamente.

FIG. N 4: SECTOR PRODUCTIVO - MINIMOS

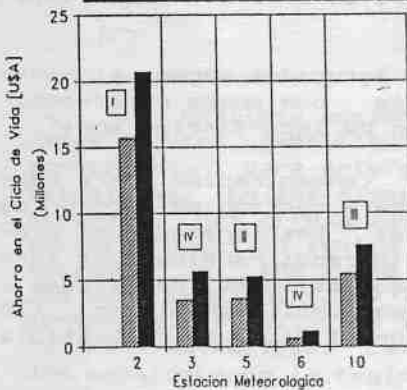
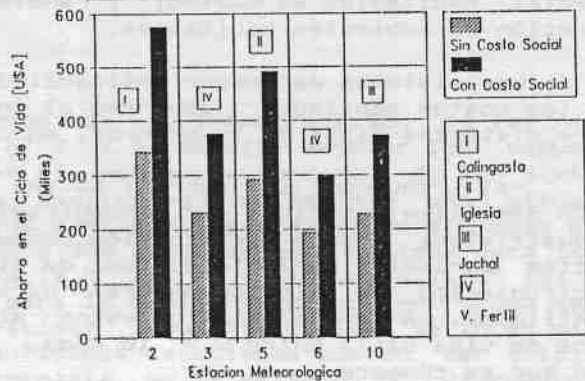


FIG. N 5: SECTOR ELABORATIVO - MINIMOS



SISTEMAS EXPERTOS PARA LA ADECUACION

FIG. N 6: SECTOR EXTRACTIVO - MINIMOS

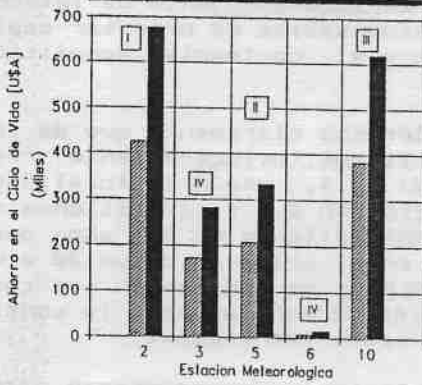


FIG. N 7: SECTOR SERVICIO - MINIMOS

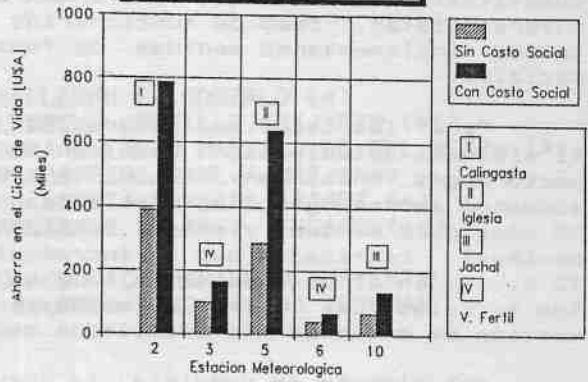


FIG. N 8: AHORRO GLOBAL MINIMO

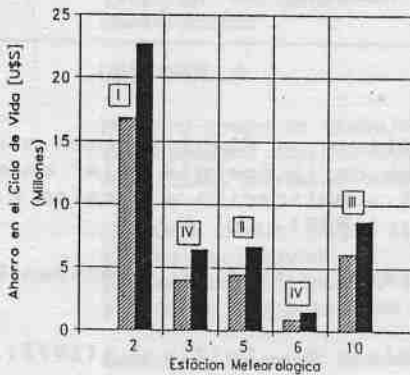
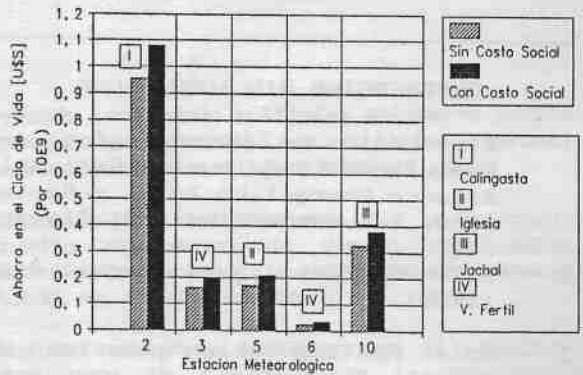


FIG. N 9: AHORRO GLOBAL MAXIMO



CONCLUSIONES

Se ha logrado formular una Metodología universal y versátil, ya que permite introducir cambios en las hipótesis utilizadas, en la cantidad y tipos de sistemas estudiados, y en los niveles de complejidad analizados; pudiendo utilizar los módulos separadamente para análisis particulares de aspectos parciales determinados.

La exactitud de los resultados es altamente dependiente de la consistencia de los datos utilizados, por lo cual se debe tener especial cuidado en la selección de los mismos.

El análisis de los resultados obtenidos mediante su aplicación, tal como vimos anteriormente, permite una buena referencia cuantitativa que facilita la toma de decisiones tanto de futuros inversionistas, como de funcionarios responsables de orientar capitales, implementando medidas de fomento que contemplen beneficios sociales.

Para los casos analizados, se determina claramente que de los 21 sistemas estudiados, resultan competitivos, principalmente respecto a gas envasado y carbón, entre 18 y 14, según la localidad; acusando ahorros globales que varían entre U\$A 0.8 y 17 millones en 20 años para mínimos y entre U\$A 25 y 954 millones en 30 años para máximos; cantidades que se incrementan en el primero de un 30 a un 72 %, y en el segundo de un 12 a un 32 % si se contemplan los costos sociales. Las cifras obtenidas justifican ampliamente la continuación de estudios más detallados sobre estas tecnologías.

Actualmente se completa la documentación, se programan otros casos de aplicación, como también la elaboración de bancos de datos y la introducción de nodos de decisión en la Metodología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 - "Elaboración de Metodologías de Análisis y Planificación para Evaluar la Contribución Real del Uso de la Energía Solar en el Balance Energético Total y Sectorial. Aplicación a Escalas Piloto. - Informe Final -"; Blasco I.; (1992).
- 2 - "Solar Engineering of Thermal Processes"; Duffie J., Beckman W. (1980).
- 3 - "Solar Heating Design"; Beckman W., Klein S., Duffie J.; (1977).
- 4 - "Passives Solar Design"; Balcomb D.; (1985).
- 5 - "Economic Analysis of Solar Thermal Energy Systems"; West R., Kreith F.; (1988).
- 6 - "Solar Energy Handbook"; Kreider F., Kreith F.; (1979).
- 7 - "Stand der Internationalen und Nationalen Diskussion der Sozialen Kosten Verschiedener Energietechnologien"; Hohmeyer O.; Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung Karlsruhe; Actas del "7. Internationales Sonnenforum" Band III Frankfurt; (1990).