

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1980

CNEA-NT. 20/80

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA Y ESTUDIOS ESPECIALES

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

Walter Scheuer

Departamento de Fisica

Gerencia de Investigaciones

BUENOS AIRES

1980

CNEA

Formulario № 132

Este libro debe ser devuelto antes de la fecha de vencimiento indicada a continuación.

[illegible]

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA Y ESTUDIOS ESPECIALES

**APROVECHAMIENTO
DE LA
ENERGIA SOLAR**

Walter Scheuer
Departamento de Fisica
Gerencia de Investigaciones

BUENOS AIRES

1980

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR[†]

Walter Scheuer

RESUMEN

Se informa brevemente sobre el potencial de la energía solar a nivel mundial y argentino, las ventajas y desventajas inherentes a su aprovechamiento y el actual desarrollo de las aplicaciones de la energía solar en la Argentina.

ABSTRACT

Brief information is given on the potential of solar energy world-wide and in Argentina, on the advantages and disadvantages inherent to its exploitation, and on the present stage of development of solar energy applications in Argentina.

† Versión actualizada de una contribución del autor a la Conferencia Técnica sobre el Buenos Aires 2000 "CONTECBAIRES 2000" (Mesa Redonda N° 2: "Energía: Fuentes Alternativas para el Futuro"); Mar del Plata, República Argentina, Diciembre 12-15, 1979.

1. Potencial de las aplicaciones de la energía solar

Se intenta dar un breve panorama global del potencial de las aplicaciones de la energía solar en el mundo y en la Argentina¹.

Utilizando cifras suficientemente indicativas como para servir de marco de referencia aproximado, es aceptable suponer que dentro de unos 70 años la población mundial se habrá estabilizado en alrededor de 15.000 millones de habitantes y que su consumo promedio de energía, per capita, será cercano a los 5 kW térmicos en forma continuada a lo largo de las 24 horas diarias, similar al promedio actual de la población sueca y unas 3 veces superior al actual consumo de la población argentina². La energía a producir deberá ser aproximadamente el doble de la consumida por la población, pues deben compensarse pérdidas y consumos adicionales cada vez más significativos originados en los sistemas de distribución de energía y por la necesidad de reciclar materiales, producir alimentos en forma intensiva, adoptar medidas tendientes a disminuir la contaminación ambiental, etc.. Por lo tanto, se llega a un consumo mundial anual total de aproximadamente $1,3 \cdot 10^{11}$ toneladas-equivalente-petróleo = $1,3 \cdot 10^{15}$ kW_th = $4,5 \cdot 10^{18}$ B.t.u., que supera en 20 veces el actual consumo mundial total de energía, para una población sólo 4 veces superior a la actual. La energía solar incidente sobre la superficie de los continentes varía, por supuesto, con la latitud y con la época del año; si se considera que su valor medio anual sobre los 135 millones de km² que abarcan los cinco continentes clásicos es de $\sim 3,5$ kW_th/m²-día (Ref. 3) y se supone que esta energía es convertida a otras formas utilizables de energía con una eficiencia media razonable del 40%[†], resulta que el requerimiento energético anual de la "población estabilizada" podría ser satisfecho utilizando sólo aproximadamente 2% de dicha área. Si bien no se tomó en consideración que es necesario dejar algún espacio entre los colectores de radiación a fin de efectuar su mantenimiento, es de esperar que en la práctica ese porcentaje sea menor, ya que se optará por utilizar zonas de insolación anual significativamente superior a su valor medio.

Dentro de ese panorama "estabilizado", a la Argentina, por su superficie, le corresponderían unos 330 millones de habitantes con un requerimiento energético global cercano a $3 \cdot 10^{13}$ kW_th/año. En cuanto a la energía solar disponible para satisfacer ese requerimiento, a los fines prácticos corresponde considerar solamente la incidente al norte de la Provincia de Río Negro. Si bien las variaciones

[†] Para obtener este valor se supuso que la demanda es en 70% del tipo térmico y en 30% del tipo eléctrico, que la eficiencia media para la conversión de energía solar a térmica es del 40% para los colectores planos y fijos, y del 65% tanto para los colectores planos ajustables estacionalmente cuanto para los del tipo concentrador; además, que la eficiencia media para la conversión de energía solar a eléctrica es del 15%.

de intensidad solar en esa parte del territorio nacional son muy pronunciadas, usaremos conservativamente su valor medio anual en toda la región³: $190 \text{ W}_t/\text{m}^2$, al cual corresponde una energía incidente promedio anual de $4,5 \text{ kW}_t\text{h}/\text{m}^2 - \text{día}$. Suponiendo nuevamente una eficiencia de conversión media del 40%, el requerimiento energético global mencionado se puede satisfacer utilizando aproximadamente el 2% del área referida.

Si, en cambio, se analiza la situación argentina al año 2000, resulta que el requerimiento global de energía previsto⁴ se puede satisfacer usando sólo el 0,1% del territorio, al norte de la Provincia de Río Negro. Por otra parte, la demanda eléctrica total del país proyectada⁵ para ese año ($175.000 \text{ GW}_e\text{h/año}$), se puede generar a partir de la radiación solar colectada en un área de 1420 km^2 , si se supone la misma insolación media que antes y que únicamente se aprovecha el 50% del terreno (dejando el resto para la circulación y para evitar sombras de un colector sobre otro) y se toma 15% como eficiencia razonable para la conversión a electricidad. Esta superficie representa sólo el 0,07% del mencionado territorio y es sólo 1,7 veces mayor que la del espejo de agua del embalse de la central El Chocón, central que genera aproximadamente 55 veces menos energía que los $175.000 \text{ GW}_e\text{h/año}$ previstos como consumo eléctrico global a fin de siglo.

Por lo tanto, la energía solar disponible sobre la superficie terrestre es superabundante para satisfacer las necesidades energéticas futuras de la humanidad y lo mismo vale para las de la Argentina.

2. Efectiva demanda de la energía solar

Con respecto a la fracción de la demanda global de energía que será efectivamente satisfecha mediante conversión de la energía solar, la mayor parte de los pronósticos corresponden al caso particular de los EE.UU. de Norteamérica. Si bien las cifras varían notablemente según el origen de la evaluación, como valores indicativos se pueden tomar el 2% de la demanda para el año 2000 y alrededor del 15-20% en el año 2020. Por otra parte, no se justifican discusiones excesivas sobre el exacto grado de participación de la energía solar en el abastecimiento energético dentro de unos 50 años, ya que su magnitud dependerá de una serie de factores, no exclusivamente técnicos (la explotación de la energía nuclear es un ejemplo claro de esto). Lo que se puede dar por seguro - y es lo que importa - es que constituirá una fracción apreciable del parque energético mundial, el cual, si se aprovecha la experiencia adquirida, estará formado por una diversidad de fuentes, sin preeminencia excesiva de ninguna de ellas.

3. Ventajas y desventajas de la energía solar

VENTAJAS: La energía solar es gratuita, inagotable, superabundante para los requerimientos energéticos de la "población estabilizada", esencialmente no contaminante, de máxima intensidad en las regiones de bajo o mediano desarrollo y de libre disponibilidad (muchas veces en el lugar de la demanda); además, gran parte de la tecnología específica necesaria para su aprovechamiento es relativamente simple (al alcance de países con desarrollos industriales incipientes o medianos) y adaptable a las condiciones económicas reinantes en la región de aplicación (los dispositivos requeridos pueden producirse usando métodos que sean intensivos en capital o en mano de obra o mediante una adecuada combinación de ambos). Cabe agregar que, para el caso de la Argentina, todas las formas de conversión están al alcance de las ciencia, técnica e industria nacionales, con básicamente el empleo de materiales nacionales, si bien para implementar algunas de aquellas aún se requieren desarrollos específicos (por ej.: conversión fotovoltaica).

DESVENTAJAS: Debido a la baja densidad de potencia que caracteriza a la energía solar (aproximadamente $1,2 \text{ kW/m}^2$ en condiciones muy favorables), para su aprovechamiento se requieren áreas de colección relativamente grandes y, por lo tanto, elevadas inversiones iniciales para su instalación; además, las discontinuidades en su disponibilidad (ciclo día-noche, nubes) hacen que, para parte de sus aplicaciones, sea necesaria la incorporación de sistemas de almacenaje de energía, cuyo costo no es despreciable. Finalmente, si bien en ciertos casos su aprovechamiento terrestre puede implicar alguna contaminación ambiental, ésta está siempre muy por debajo de la que caracteriza a las fuentes convencionales de energía, excepción hecha en algunos casos para los aprovechamientos hidroeléctricos. Como contaminaciones específicas pueden citarse: transferencia de la energía solar desde el punto en que ésta incide sobre la Tierra al punto en que el sistema de aprovechamiento la reinyecta a la atmósfera, eventuales contaminaciones producidas durante la fabricación y el uso de los dispositivos de aprovechamiento solar, eventual alteración estética del paisaje en el caso de algunas instalaciones de gran potencia. Conviene aclarar que - a diferencia de lo que ocurre con la mayoría de las fuentes energéticas convencionales - no se produce inyección neta de calor a la atmósfera, excepto que se considere el caso del empleo de una estación satelital geostacionaria para coleccionar energía solar en el espacio y luego transferirla a la Tierra.

A lo que antecede, cabe agregar algunos comentarios. Como la mayor desventaja intrínseca de la energía solar suele mencionarse su discontinuidad; sin embargo ésta es paliable mediante el uso de sistemas de acumulación de energía.

En cambio, la desventaja inherente a su baja densidad de potencia no es modificable y es la que conduce a las elevadas inversiones iniciales. En particular, no es posible reducir los costos introduciendo técnicas de miniaturización tales como las que contribuyeron a la drástica disminución de precios en los dispositivos electrónicos de estado sólido (calculadoras, computadoras, etc.): el área requerida para coleccionar sobre la superficie terrestre una energía solar dada depende de numerosos factores (latitud, condiciones climáticas, época del año, hora del día) pero no es disminuible mediante argucias tecnológicas.

Del conjunto de consideraciones hechas en esta sección, parece equitativo concluir que las ventajas del aprovechamiento de la energía solar superan ampliamente las desventajas ligadas al mismo.

4. Desarrollo del aprovechamiento de la energía solar en la Argentina

En esta sección se resumen los puntos principales del desarrollo de las aplicaciones de la energía solar en la República Argentina.

Las tareas en este campo fueron iniciadas en 1970 por un pequeño grupo de la Comisión Nacional de Estudio Geoheliofísicos que trabajaba en el Observatorio Nacional de Física Cósmica de San Miguel, Provincia de Buenos Aires. Las actividades a nivel nacional recibieron un fuerte impulso inicial durante 1974, año en el que, durante casi un mes, se efectuó en el mismo instituto un curso de helioenergética, dentro de una reunión de mayor alcance auspiciada por la UNESCO y la Unión Astronómica Internacional; el curso contó con la participación de varios expertos extranjeros y la asistencia de unos 30 profesionales, técnicos y estudiantes argentinos y latinoamericanos. A fines de 1975 la Comisión Nacional de Estudios Geoheliofísicos, a esa sazón responsable nacional de las actividades en este campo, convocó a las "Jornadas de Planificación y Concertación en el Área de la Energía Solar", que se realizaron con gran éxito en Vaquerías, Provincia de Córdoba. Durante las mismas se coordinaron las tareas de los diversos grupos que para ese entonces se ocupaban del tema y se recomendó crear un Comité de profesionales idóneos para asesorar a la mencionada Comisión en su cometido y otro para la redacción de un Plan Nacional de Energía Solar. Ambas iniciativas fueron concretadas y a mediados de 1977 la Secretaría de Estado de Ciencia Y Tecnología aprobó dicho plan. Hoy la responsable del área a nivel nacional es esta Secretaría de Estado, que lo englobó dentro de su Programa Nacional de Energía No Convencional, el cual abarca a las energías solar y eólica y al aprovechamiento de la biomasa. Para su mejor desarrollo, se transformó el Comité Asesor inicial en el actual que cubre todo el programa. Durante 1979, la Secretaría distribuyó 24 subsidios a

diversos grupos, por un monto de 630 millones de pesos (420.000 u\$s), que constituye aproximadamente el 5,6% de su presupuesto. Se estima que en dicho año las instituciones activas en el tema invirtieron unas 5 veces esta suma.

En el plano no-oficial, la Asociación Argentina de Energía Solar (sociedad sin fines de lucro y con personería jurídica) posee actualmente unos 265 miembros y realiza anualmente una Reunión de Trabajo de Energía Solar, la sexta de las cuales se efectuó durante el mes de Julio de 1980 en Catamarca. Además, edita un Boletín y las Actas de las reuniones anuales mencionadas y organiza o propicia reuniones sectoriales.

Al presente hay en el país unos 130 profesionales trabajando en el área del aprovechamiento de la energía solar, además de numerosos técnicos; de aquellos se puede estimar que unos 50 se dedican "muy activamente" al tema, unos 50 lo hacen "activamente" y aproximadamente 30 lo hacen "con escasa dedicación". Los campos cubiertos son múltiples, estando los principales consignados en el Cuadro 1. Es de destacar la red de medición solarimétrica (primer punto del Cuadro 1) que en su etapa inicial tendrá 40 estaciones, de las cuales cerca del 75% ya está montado. Como unos pocos ejemplos concretos de la variada tarea en ejecución se pueden mencionar: (a) se está construyendo un banco de ensayo para calefones solares, también destinado a posibilitar la futura extensión de certificados de aptitud para equipos producidos por las industrias nacional y extranjera (hay en el país más de media decena de fabricantes de significación y otros menores, quienes ya han vendido alrededor de 5000 m² de colector); (b) se está ensayando un prototipo para secado de tabaco Virginia que utiliza 300 m² de colectores y tiene una capacidad de carga de 10 toneladas; (c) se está construyendo un sistema de destilación solar de agua, desarrollado en el país, que en su fase inicial proveerá 500 litros diarios de agua potable a los pobladores de El Cebollar, Provincia de La Rioja (aproximadamente 5 litros diarios por habitante); (d) están aprobados varios proyectos de viviendas y de edificios públicos con incorporación de dispositivos para el aprovechamiento de la energía solar.

Los párrafos precedentes de esta sección muestran que el desarrollo de los aprovechamientos de la energía solar ya constituye una realidad en el país, asentada sobre la acción ahora consolidada de la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología, la continuidad del quehacer de la Asociación Argentina de Energía Solar y la tarea múltiple de varias instituciones nacionales (Comisión Nacional de Energía Atómica, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Obras Sanitarias de la Nación, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, etc.), universidades nacionales (Salta, Rosario, San Luis, San Juan,

Catamarca, La Pampa, Tucumán, Córdoba, etc.) y, en el área privada, institutos y universidades (Instituto de Arquitectura Solar de La Plata, Universidad del Salvador, Universidad de Mendoza, etc.), consultoras profesionales e industrias.

Para la efectiva implementación masiva de estos desarrollos a nivel de usuario, el obstáculo principal está dado por el actual costo inicial de los dispositivos de aprovechamiento solar que sólo es apropiado en general para los calefones solares y para la arquitectura solar, si bien para casos especiales también dispositivos más elaborados pueden resultar económicamente competitivos. Durante el proceso de implementación, será imprescindible evitar la creación de falsas expectativas y la introducción en el mercado de dispositivos y equipos de baja calidad, hechos ambos capaces de producir el "cierre" del mercado por razones no técnicas ni económicas.

Referencias

- 1) La información referente al panorama mundial está expuesta en esta sección siguiendo los lineamientos dados por M.B.Crespi en "Recursos Energéticos y Energía Solar"; Actas de la 2a Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar, Salta, pág. 77 (1976).
- 2) Naciones Unidas, "Statiscal Yearbook 1978"; Nueva York, pág. 389 (1979).
- 3) J.A.Moragues y W.Scheuer, "Conversión de Energía Solar en Electricidad. Estudio de Evaluación"; Publicación Técnica CNEA-NT 23/77 de la Comisión Nacional de Energía Atómica (1977).
- 4) Secretaría de Estado de Energía, "Plan Nacional de Equipamiento para los Sistemas de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica. Período 1979-2000. Resumen"; Buenos Aires, pág. 7 (1979).
- 5) Idem, pág. 28.

CUADRO 1

PROGRAMAS DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR EN EJECUCION EN LA ARGENTINA

- | | |
|---|---|
| 1. EVALUACION DEL RECURSO | <ul style="list-style-type: none">- Montaje de la red nacional de mediciones solarimétricas (Primera parte: 40 estaciones, entre Salta y la Antártida). {CNIE}- Cálculos de radiación solar: (a) para condiciones experimentales distintas a las reinantes durante las mediciones; (b) basados sobre datos medidos en ciertas zonas, para otras de las cuales no existen mediciones. {Diversos grupos}- Calibración de equipos de medición. {CNIE, SMN} |
| 2. NORMALIZACION Y EVALUACION DE EQUIPOS | <ul style="list-style-type: none">- Montaje de bancos de pruebas para colectores solares, con líquidos o aire como fluido intermedio. {CNIE, industria privada}- Confección de Norma IRAM para determinación de rendimiento térmico de colectores solares. {IRAM con industria e institutos de investigación y desarrollo} |
| 3. DESTILACION DE AGUA | <ul style="list-style-type: none">- Construcción de un sistema para una comunidad aislada (aproximadamente 5 litros diarios por habitante). {CNIE-OSN} |
| 4. SECADO | <ul style="list-style-type: none">- Construcción de sistemas para tabaco, granos, frutas y hortalizas. {U.N.Salta-INTA, U.N. Rosario, CNIE, U.N.Catamarca} |
| 5. PROVISION DE AGUA Y AIRE CALIENTES | <ul style="list-style-type: none">- Construcción de equipos para usos domiciliarios, edificios públicos e industria. {Industria privada, institutos de investigación y desarrollo, asesorías privadas} |
| 6. ARQUITECTURA SOLAR | <ul style="list-style-type: none">- Construcción de prototipos, estudios de materiales, mediciones y modelos numéricos de condiciones termodinámicas de edificios. {U.N.Rosario, U.N.Salta, IADIZA, IAS, INTI, U.N.Tucumán, U.N.Córdoba, U.Belgrano, asesorías privadas, otros} |
| 7. PRODUCCION DE ENERGIA MECANICA Y ELECTRICA | <ul style="list-style-type: none">- Construcción de equipos para comunidades aisladas y aplicaciones rurales e industriales. {CNEA, CIAT, U.N.Salta, U.N.San Luis, U.N.San Juan} |

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 8. REFRIGERACION | - Construcción de dispositivos para conservación de productos perecederos y para refrigeración de ambientes. {U.N.Salta, CNIE-CNEA, CIAT, <u>ase</u> sorías privadas} |
| 9. ALMACENAJE DE ENERGIA TERMICA | - Ensayo de sistemas aptos para ser utilizados en conjunción con las aplicaciones 4 a 8. {U.N.Salta, (U.N.Litoral), (CITEFA)} |
| 10. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS | - Cursos, conferencias, becas, viajes de <u>capaci</u> tación al exterior. |

En la realización de las tareas listadas se utilizan múltiples equipos solares: colectores planos para líquidos (preferentemente agua) y aire, concentradores de radiación, pozas solares, acumuladores de piedra para energía térmica, detectores de radiación, etc. Para la mayoría de los campos listados se efectúan tanto desarrollos experimentales cuanto teóricos.

Al final de cada tema específico, se listan, entre llaves, los principales grupos activos en el mismo. Las abreviaturas usadas indican:

CIAT: Centro de Investigaciones y Asistencia Técnica (Mendoza).
CITEFA: Centro de Investigaciones Técnicas de las Fuerzas Armadas.
CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.
CNIE: Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales.
IADIZA: Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Aridas (Mendoza).
IAS: Instituto de Arquitectura Solar (La Plata).
INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
IRAM: Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.
OSN: Obras Sanitarias de la Nación.
SMN: Servicio Meteorológico Nacional.

