



ELECTRICIDAD DESDE ESTACION ESPACIAL SOLAR (EEES o SBPS)

**Material para la asignatura "Tecnología de la Energía", Post grado
"Economía y Políticas Energéticas (UNIMET)". Prof: **Ing. Nelson Hernández****



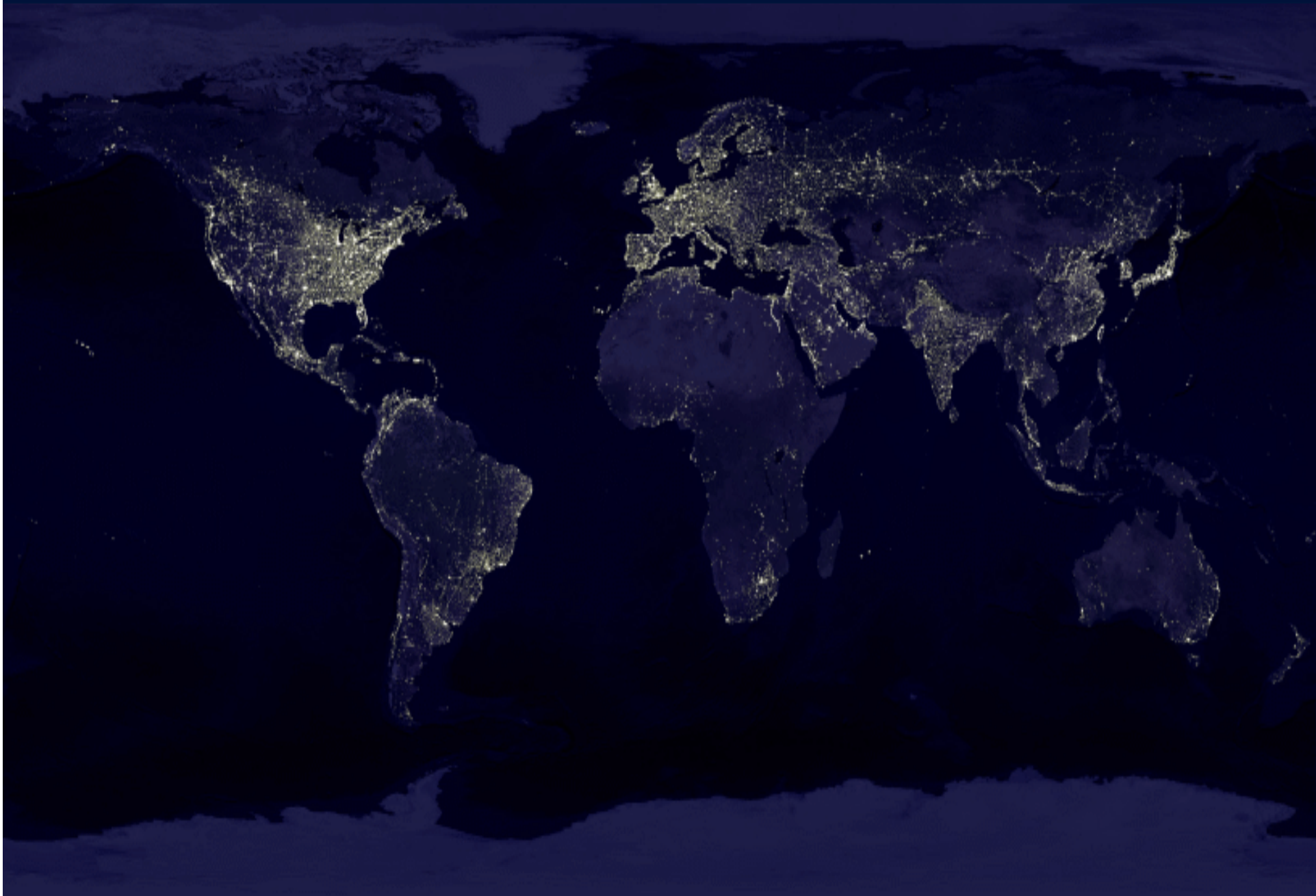
Primer huella del hombre en la Luna. Foto de la huella de la bota del astronauta Aldrin (julio 1969)



El astronauta Aldrin rinde tributo a la bandera de los Estados Unidos izada en la Luna (julio 1969)

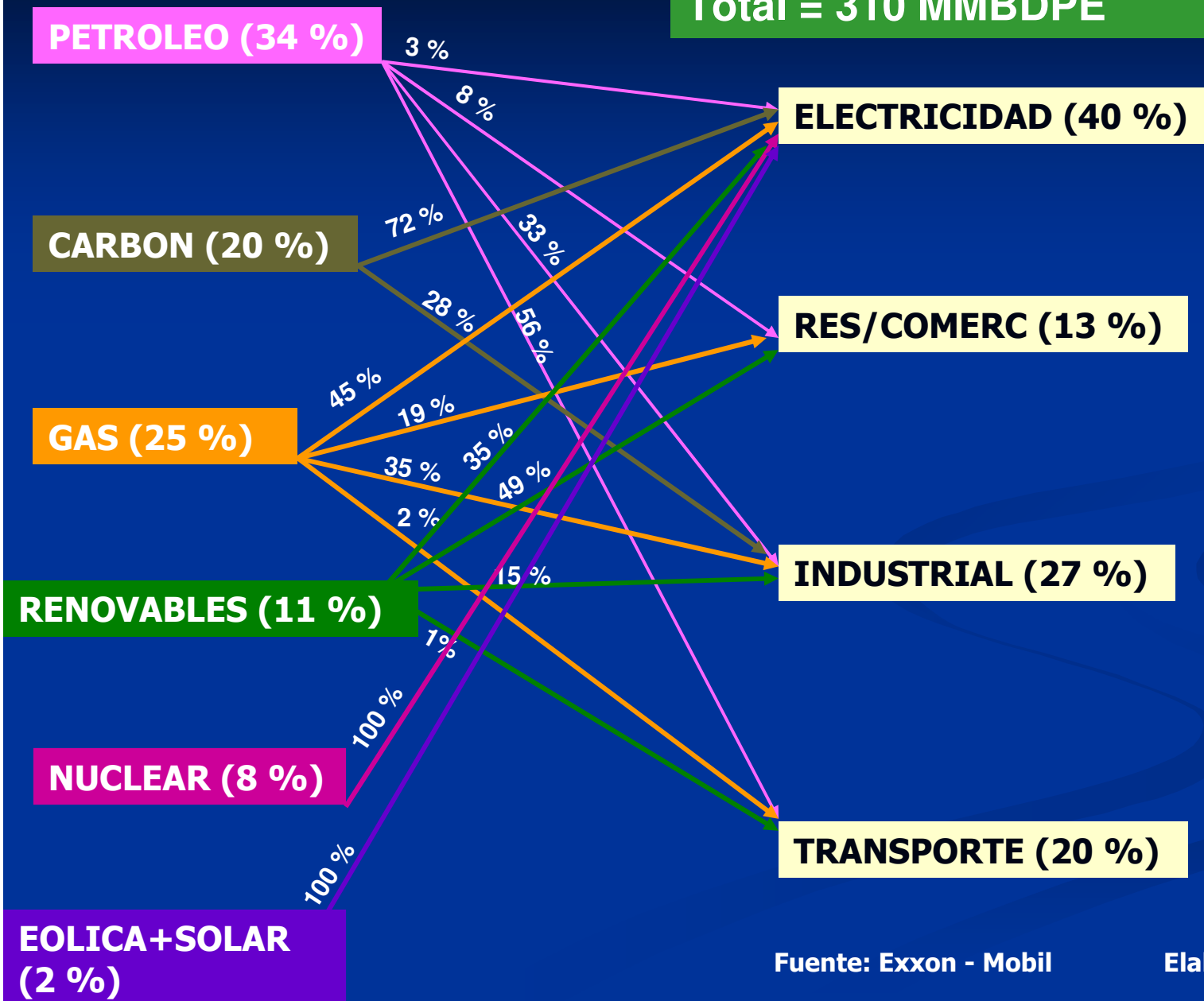
... Se cumplen 40 años de uno de los grandes anhelos del hombre, "la conquista del espacio". Hoy de nuevo estamos viendo, como tanta veces hemos hecho en busca de respuesta a nuestros problemas individuales o colectivos, hacia el cielo para solventar la problemática energética mediante estaciones espaciales para la conversión de la luz solar en electricidad.

Consumo mundial de electricidad nocturna

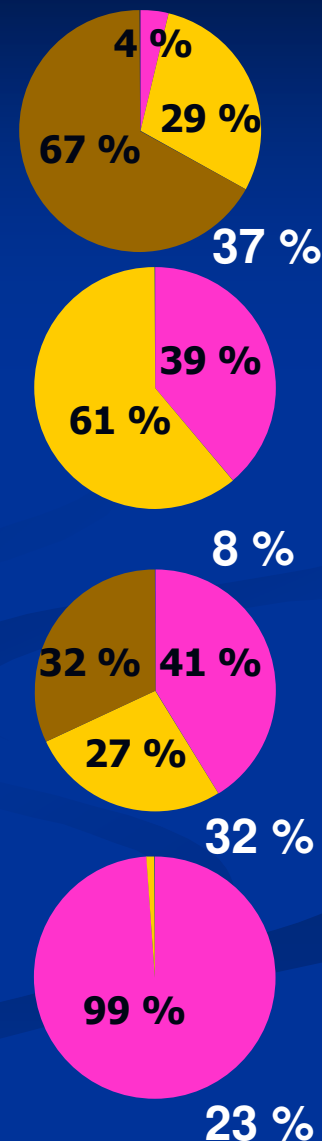


Pronostico Consumo Mundial de Energía al 2030

Total = 310 MMBDPE



Emisión CO2
Total = 33.5
millardos TM

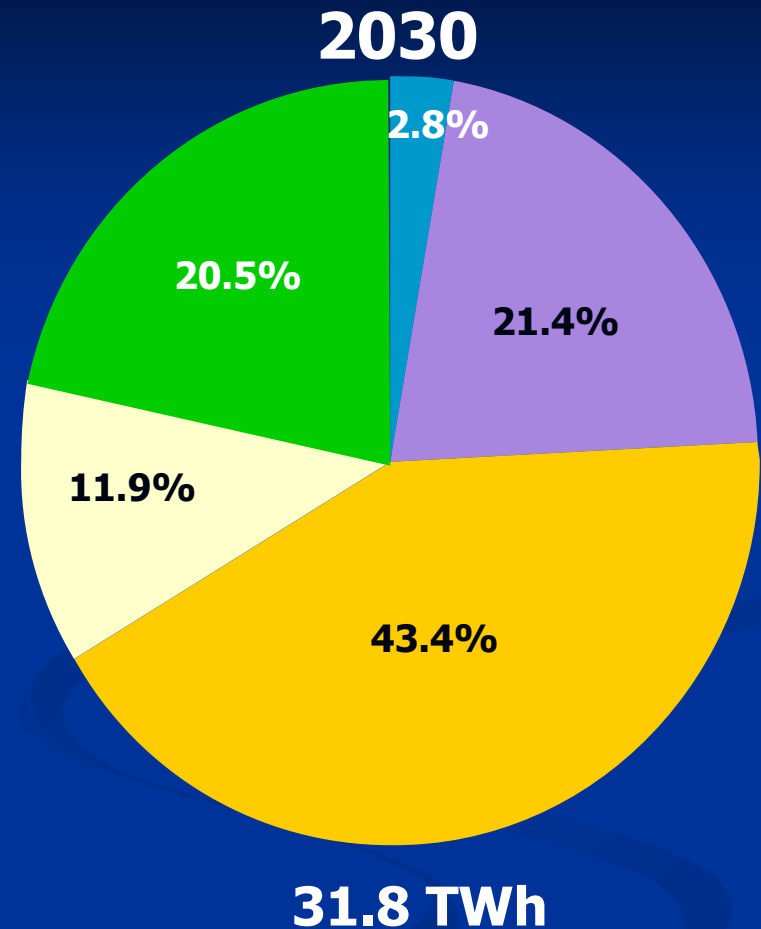
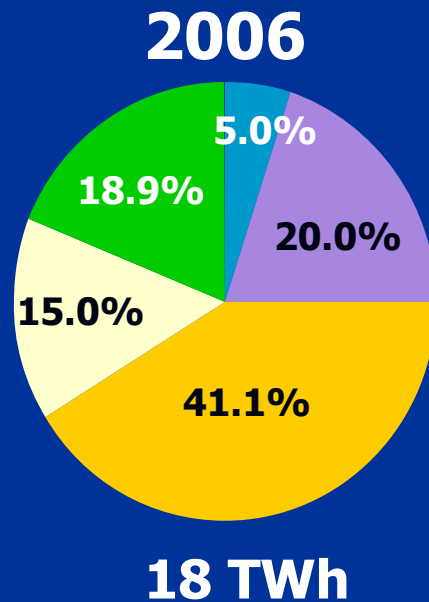


23 %

Fuente: Exxon - Mobil

Elaboración: N. Hernández

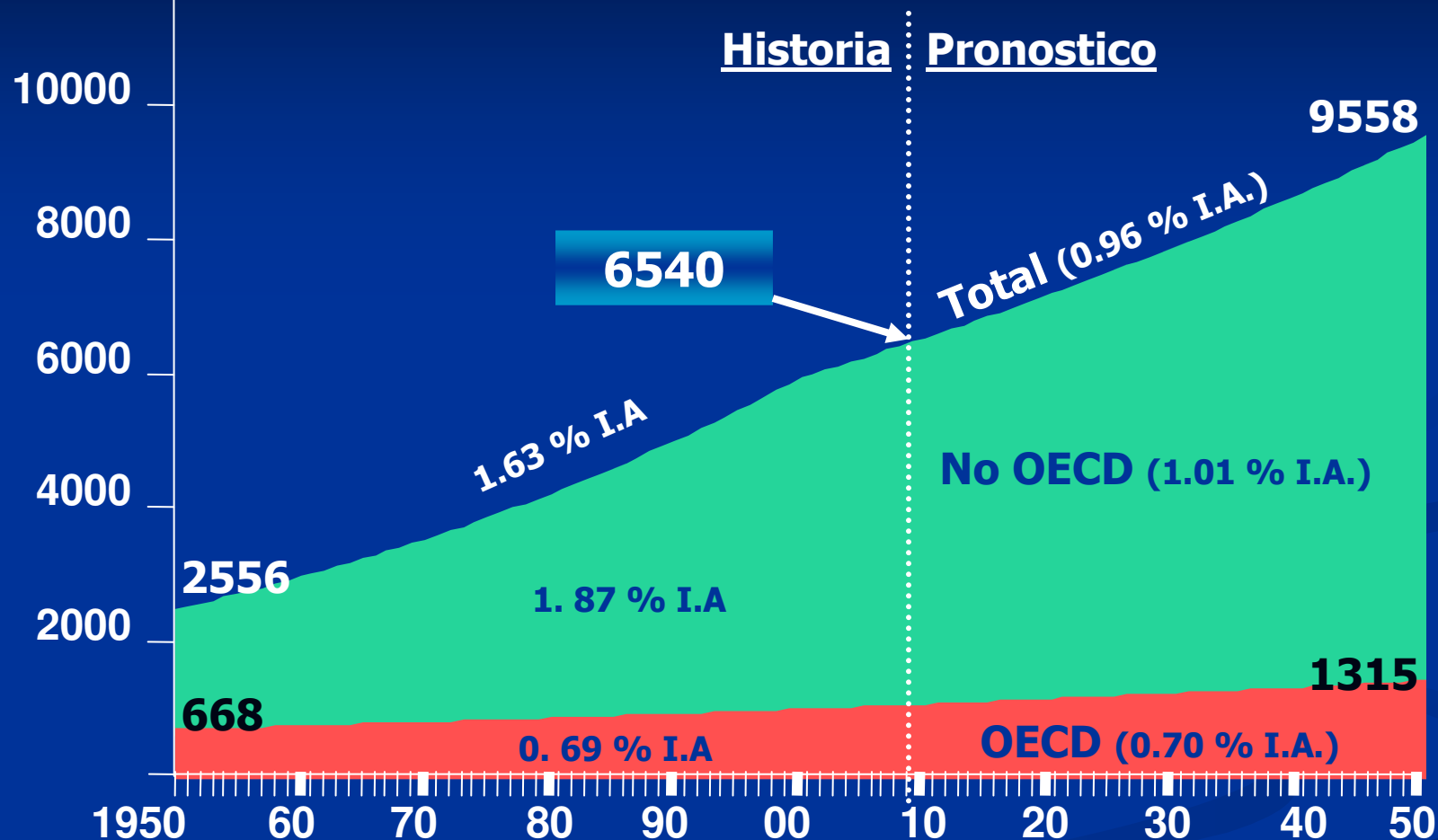
Generación mundial de electricidad por tipo de combustible



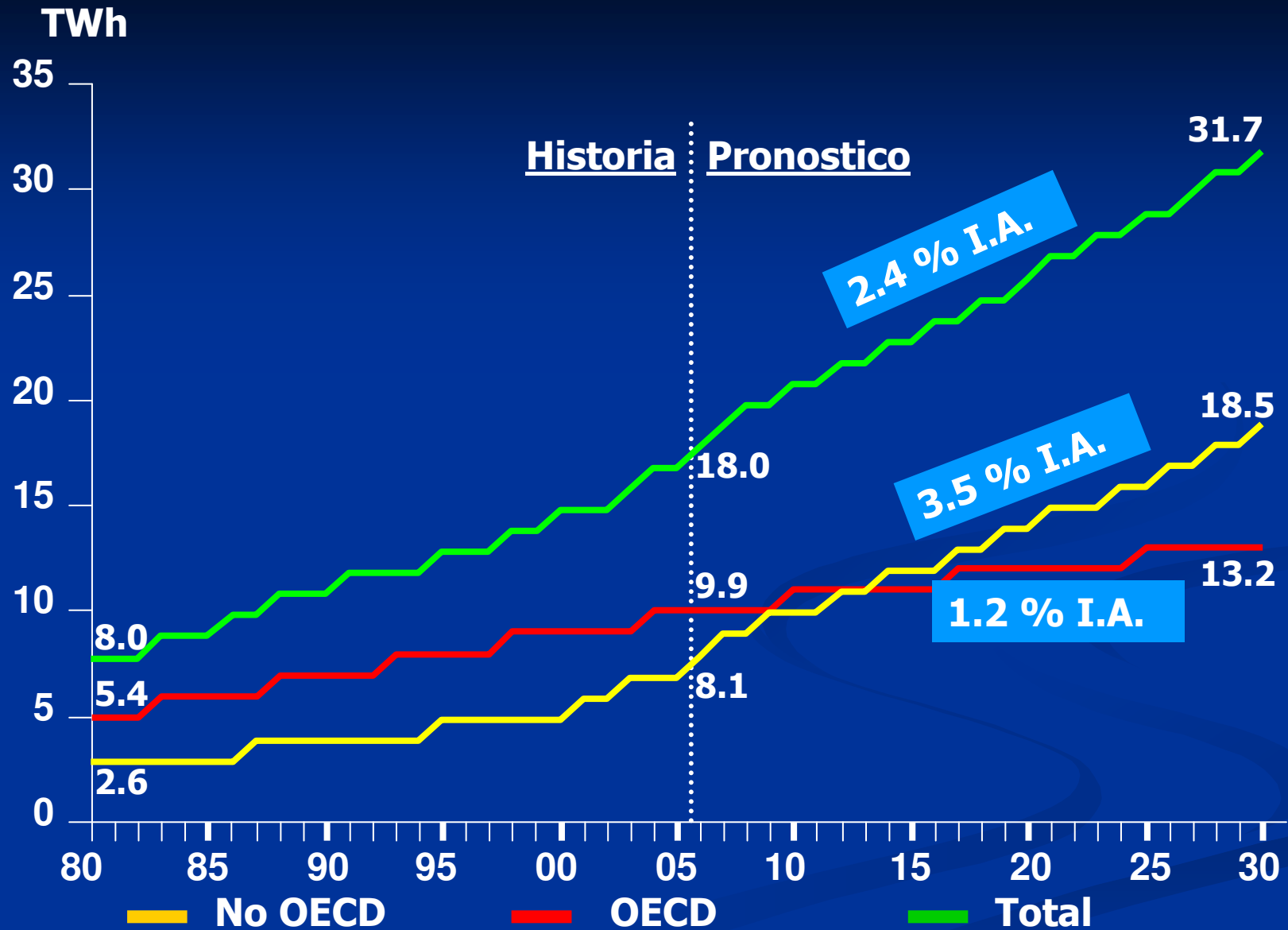
■ Petróleo ■ Gas natural ■ Carbón
■ Nuclear ■ Renovable

Población mundial

Millones



Generación mundial de electricidad



Proyección índices globales

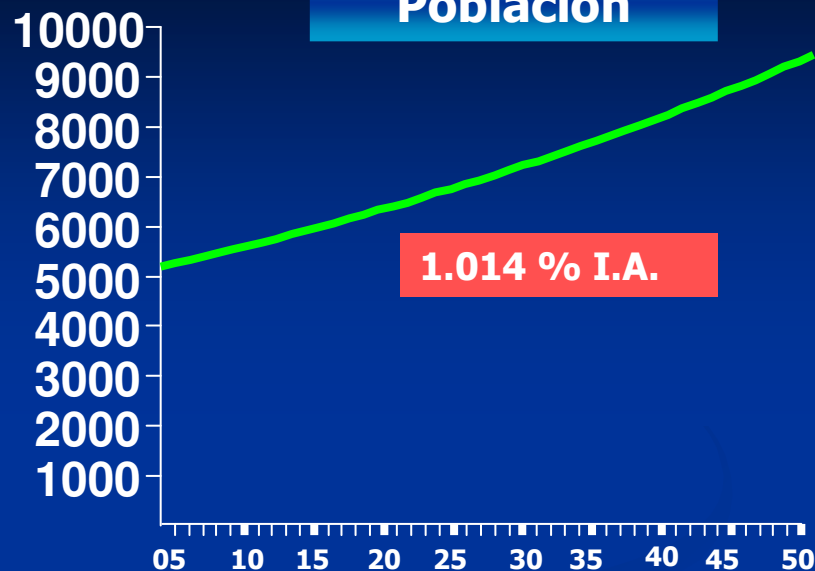
TWh

Energía total



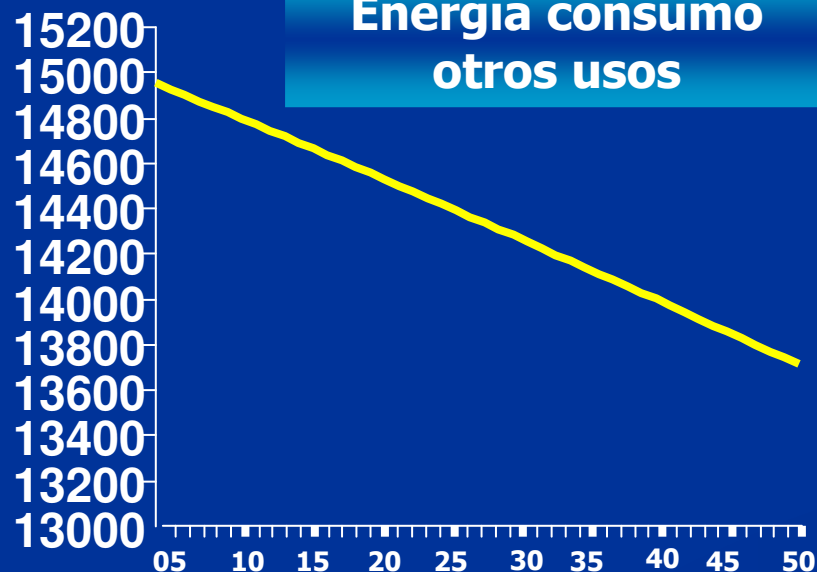
Millones

Población



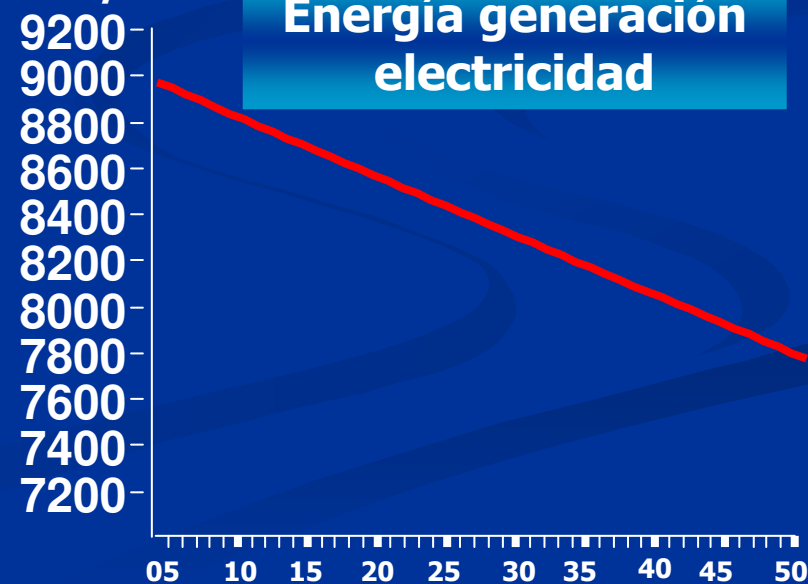
Kwh/hab.

Energía consumo
otros usos



Kwh/hab.

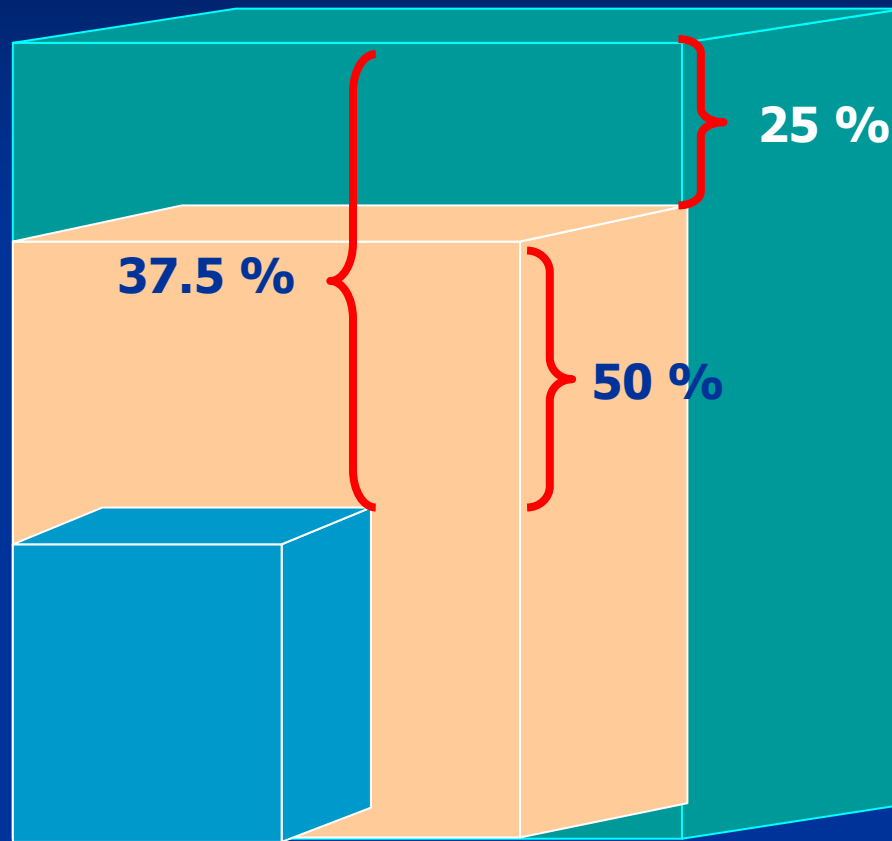
Energía generación
electricidad



Fuente: EIA/IDB

Elaboración: Nelson Hernandez

Eficiencia energética



Energía primaria obtenida de la naturaleza: **400** EJ anual = 62.2×10^9 BPE

Entrega al usuario final: **300** EJ anual = 46.65×10^9 BPE

El usuario final lo transforma y solo usa **150** EJ anual = 23.32×10^9 BPE

EJ = Exa joule = 10^{18} joule

Elaboración: N. Hernández

Población

Para el 2025, el mundo habrá añadido 2 millardos de personas a los 6.8 hoy existentes. El 56 % de la población vivirá en Asia y el 66% estará situada en áreas urbanas cercanas a la costa

Energía

La energía crece en menor proporción que la población. El pico de producción de los combustibles fósiles esta presente y causara inestabilidad social y económica de manera globalizada.

Tres aspectos a considerar:

- Combustibles para mover el transporte de personas y el de productos y equipos
- Fuente energética para la carga base eléctrica
- Gerencia de los picos de demanda eléctrica

Cambio climático

Incremento de la emisión de CO₂ que alteraría el clima en la tierra con las siguientes consecuencia:

- Aumento del nivel de los mares y océanos con las pérdidas de áreas costeras**
- Mayor frecuencia e intensidad de tormentas tropicales con alto impactos en la agricultura, causando migraciones de seres humanos.**
- Disminución de la fortaleza de la soberanía de países, teniendo cabida los conflictos étnicos y religiosos para garantizar la supervivencia**

Tecnología

La energía requiere una mayor dedicación de los países, sobre todos de los desarrollados, de sus presupuestos y políticas para alcanzar el estadio de la "energía sostenible"

Necesidad de adecuar el sistema energético mundial

Sistema Actual

1 millardo de personas utiliza una cantidad de energía equivalente mayor o igual a 2 kWe por persona

- **5 millardos de personas utiliza una cantidad de energía equivalente menor o igual a 0.6 kWe por persona**

- **El conjunto global de consumo es de unos 220 MMBD de petróleo equivalente o 4.8×10^{12} We (TWe)**

- **La mayor cantidad de energía utilizada es no renovable, contaminante, políticamente sensitivas y costosas para muchas personas**

Nuevo Sistema

- **Si cada persona consume al menos 2 kWe, en el 2050 los 10 millardos consumirían 20 TWe**

- **Si deseamos que la especie humana perdure en la tierra el sistema energético que necesita la humanidad debe ser: limpio, seguro, sostenible y de bajo costo**

El sol fuente inagotable de energía

Las diferentes fuentes energéticas existentes en la tierra tienen su origen, directa o indirectamente, de la energía que recibe la tierra del sol:

Eólica

Solar térmica

Solar PV

Bio combustibles

Hidroeléctrica

Maremotriz

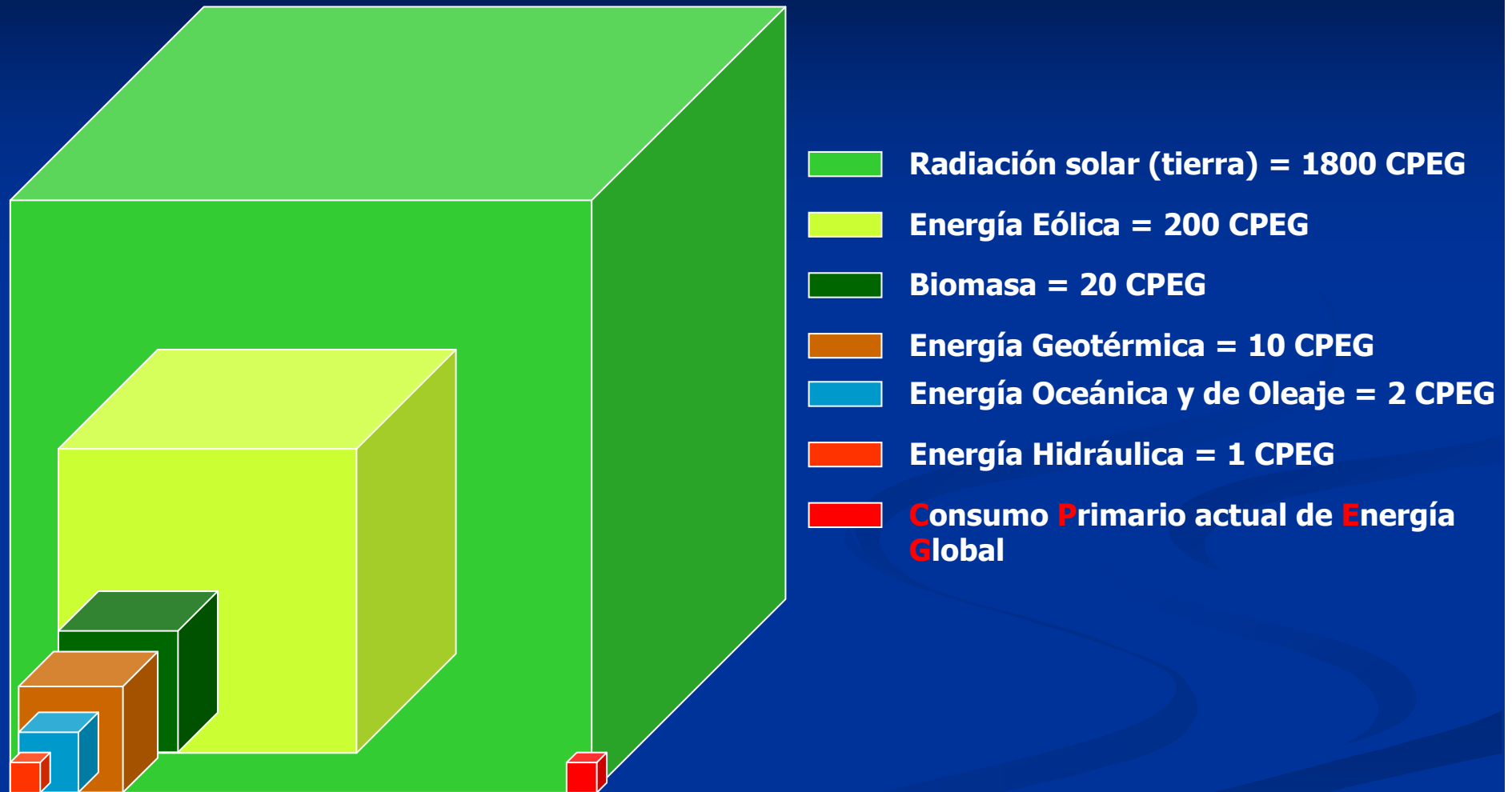
Geotérmica

Fósiles

Nuclear



Potencial físico de energías renovables



Fuente: Nitsch, F. (2007): Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Elaboración: N. Hernández

Perfil de una nueva fuente energética

Como complemento de las existentes, la nueva fuente energética debe ser:

- **No agotable**, para prevenir conflictos futuros
- **Ambientalmente limpia**, para garantizar un mundo sostenible
- **Continuamente disponible**, para proporcionar la seguridad de carga base para todos los usuarios
- **De uso directo**, para permitir su uso eficiente con minima infraestructura
- **De bajo costo**, para un mayor acceso de todas las poblaciones
- **De concretización** en los próximos 20 a 30 años

¿ Cuales son las opciones energéticas?

	Limpia?	Segura?	Confiable?	Carga Base?
Fósiles	No	Si	Inminente pico	Si
Nuclear	No	Si	Costos, Disponibilidad, Políticas	Si
Eólica	Si	Si	No, intermitente	No
Geotermal	Si	Si	No, Disponibilidad limitada	Si
Solar terrestre	Si	Si	No, intermitente	No
Hidráulica	Si	Si	No, Sequías, Planificación compleja	
Bio-combustibles	Si	Si	Capacidades limitadas. Pobre rendimiento energético (EROEI)	
SBSP o EEES	Si	Si	Si	Si

¿ Que es SBSP o EEES?

La energía eléctrica espacial solar (EEES) o Space Base Solar Power (SBSP), es la energía solar capturada en el espacio mediante grandes arreglos de celdas fotovoltaicas y transmitida a la tierra vía microonda (Wi Tricity) o de rayo láser a un receptor en la tierra (redtecnna) donde se convierte en energía eléctrica de carga base, o de energía de carga de baja intensidad, o en energía sintética.

La luz del sol capturada en el espacio es más eficaz en el abastecimiento de energía continua de carga base comparada con la energía solar capturada en la tierra.

EEES ha sido estudiado desde los años 70 por DOE, NASA, ESA, y JAXA, pero "ha caído generalmente a través de las grietas" debido a que no ha existido una organización responsable para desarrollar e implementar programas espaciales y de seguridad energética. Sin embargo, el presidente Obama contempla dentro de sus programa energético el desarrollo en los próximos 10 años de un prototipo semi comercial.



¿Cómo funciona el EEES?



Los paneles solares del satélite capturan la energía de la luz solar y la envían a la tierra utilizando la tecnología de transmisión inalámbrica vía microondas

Señales recibidas desde la antena receptora terrestre (verde) permiten al satélite corregir continuamente la dirección de envío de energía al punto receptor

Ventajas del EEES



Foto: Nasa

- Menos atmosfera permite obtener mayor energía por área
- Cualquier lugar de la tierra puede recibir la energía solar obtenida del EEES
- La estación puede proporcionar energía 96 % del tiempo
- Los paneles solares no ocupan superficie terrestre
- Suficiente espacio en el espacio
- Promueve el desarrollo espacial, solar y transmisión de la energía inalámbrica

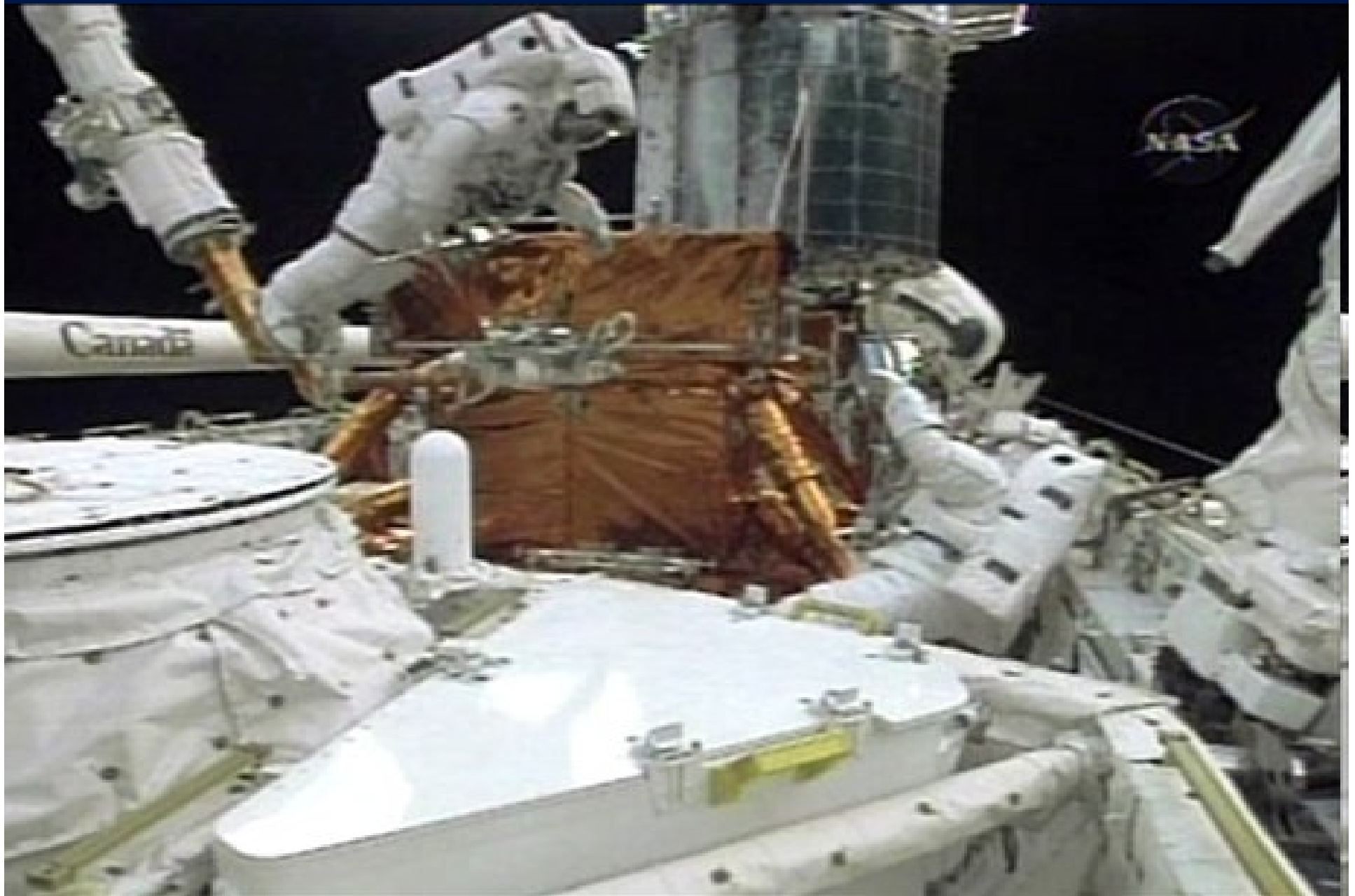
Ventajas del EEES



Foto: Nasa

- No es necesario equipos de almacenamiento de energía (baterías)
- El calor generado es arrojado al espacio
- No contaminación del agua o aire al producir la energía
- Requieren de poco personal para operarlas y las rectecnnas permiten, debajo de ellas, el desarrollo agrícola

Ultima caminata espacial en la reparación del telescopio Hubble (17-05-09)



Comparación EEES vs solar terrestre

Solar espacial

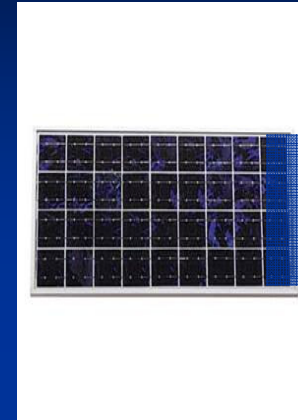
**Intensidad Solar
1366 W/m²**



**No hay
noche**



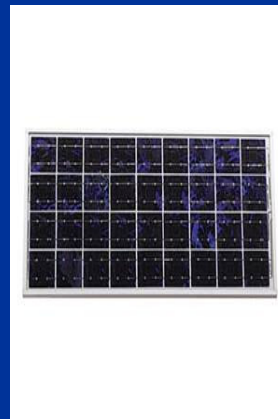
**Minima acción del
tiempo**



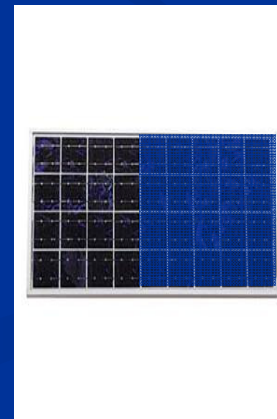
60 % mas eficiente

Solar Terrestre

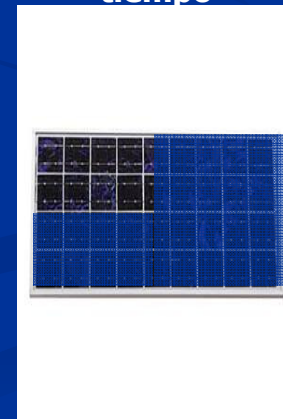
**Intensidad Solar
1000 W/m²**



**12 h
de noche**



**Perdidas por mal
tiempo**

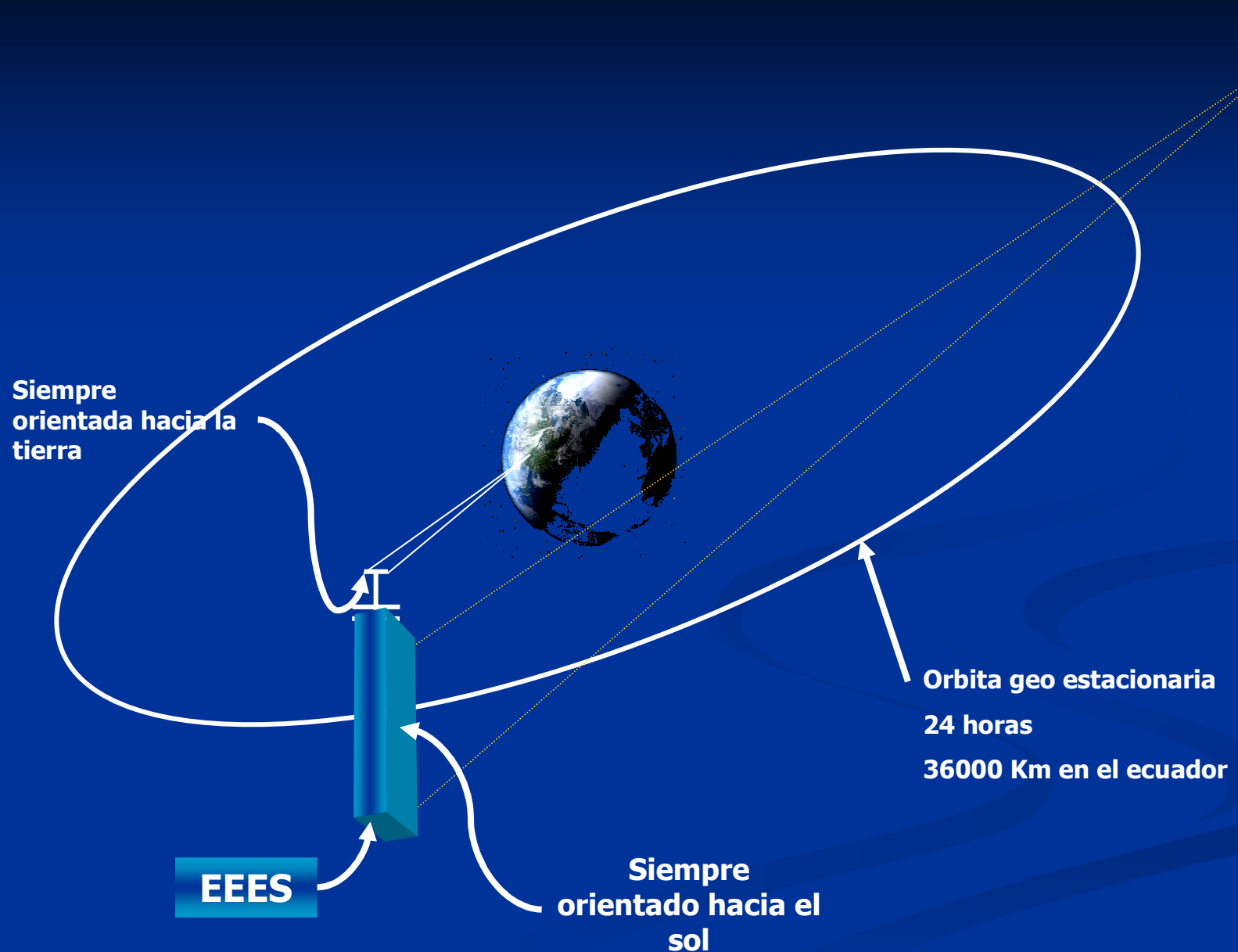


Electricidad Estación Espacial Solar (EEES)

... Algunas dimensiones



Concepto básico de una EEES



Elaboración: N. Hernández

Midiendo la potencialidad de EEES



EEES estacionario



$$1 \text{ Tw/día} * 365 \text{ días/año} = 365 \text{ Tw-año}$$

Ajuste de eficiencia, posición geo espacial de la EEES y corrección de tiempo orbital

Reservas mundiales de petróleo (2008)
1258 millardos de barriles = **244 Tw**

212 Tw-año

Tw = 10^{12} watos

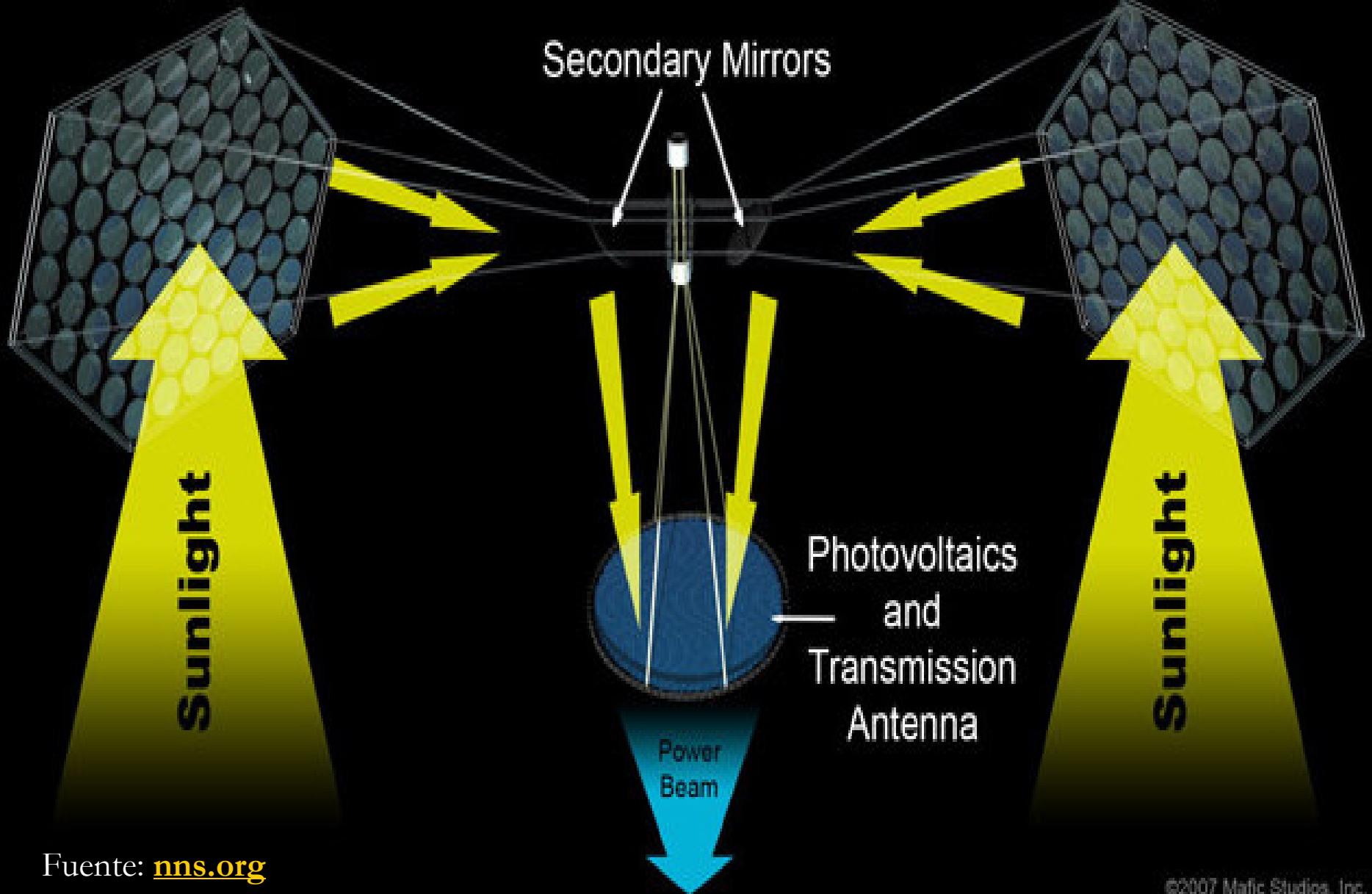
Cada Km de la banda recibe cada año 212 Tw, el 87 %, equivalente energéticamente a todas las reservas de petróleo para el 2008

5 km

Primary Mirror

Primary Mirror

Secondary Mirrors



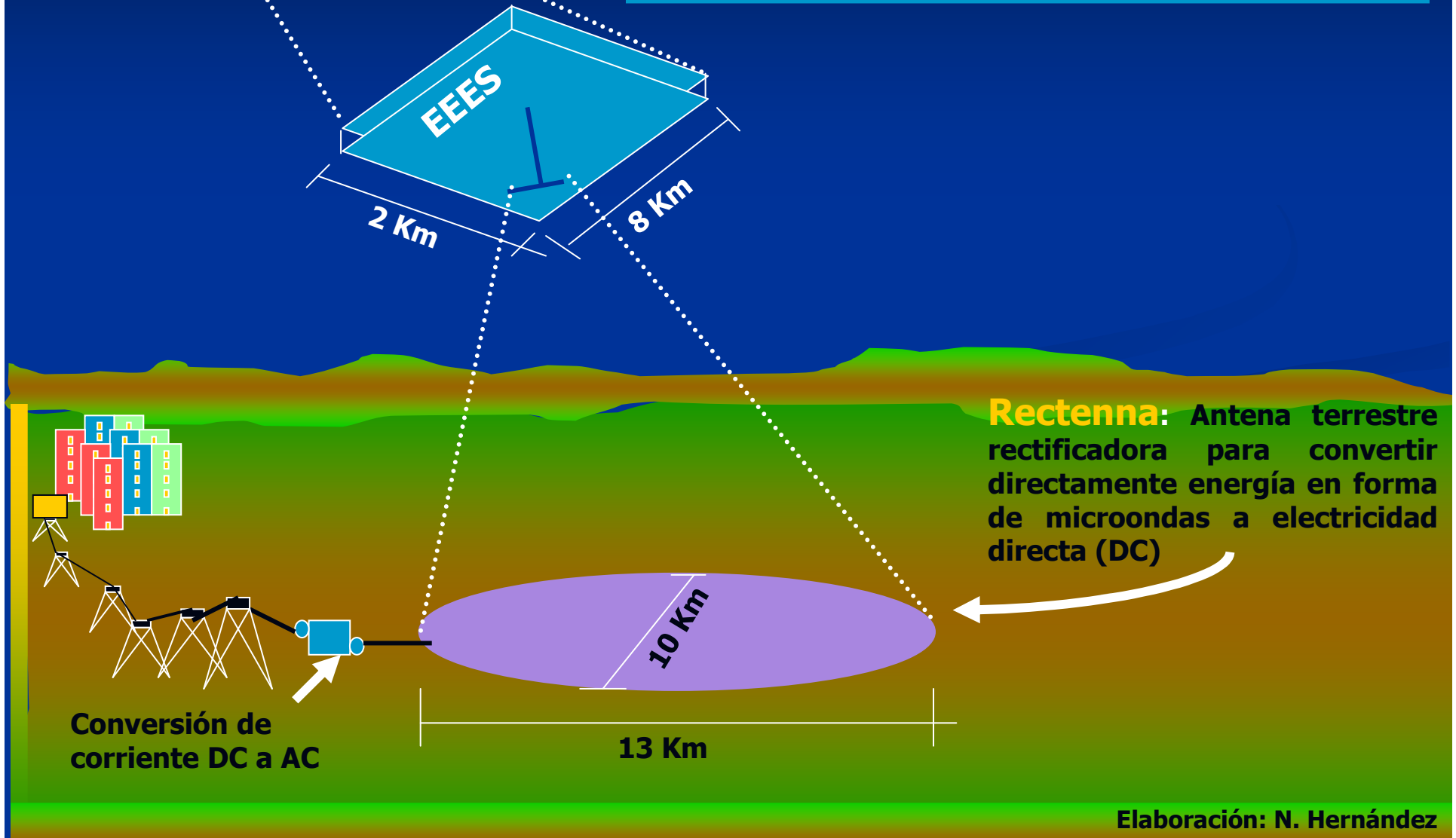
Fuente: nns.org

©2007 Mafic Studios, Inc.

Prototipo de una EEES para 5 Gw-año

$$E = A * D * F_c * 365$$

$$E = 2 * 8 * 1.4 * 0.58 * 365 = 4.8 \text{ Gw-año}$$



¿Qué significa una EEES de 5 Gw-año?

	2006.Capacidad Instalada (Gw)	Cantidad de EEES de 5 Gw
Mundo	4034	807
Estados Unidos	986	198
China	518	104
Japon	251	51
Rusia	218	44
Alemania	120	24
Brasil	93	19
Venezuela	22	5

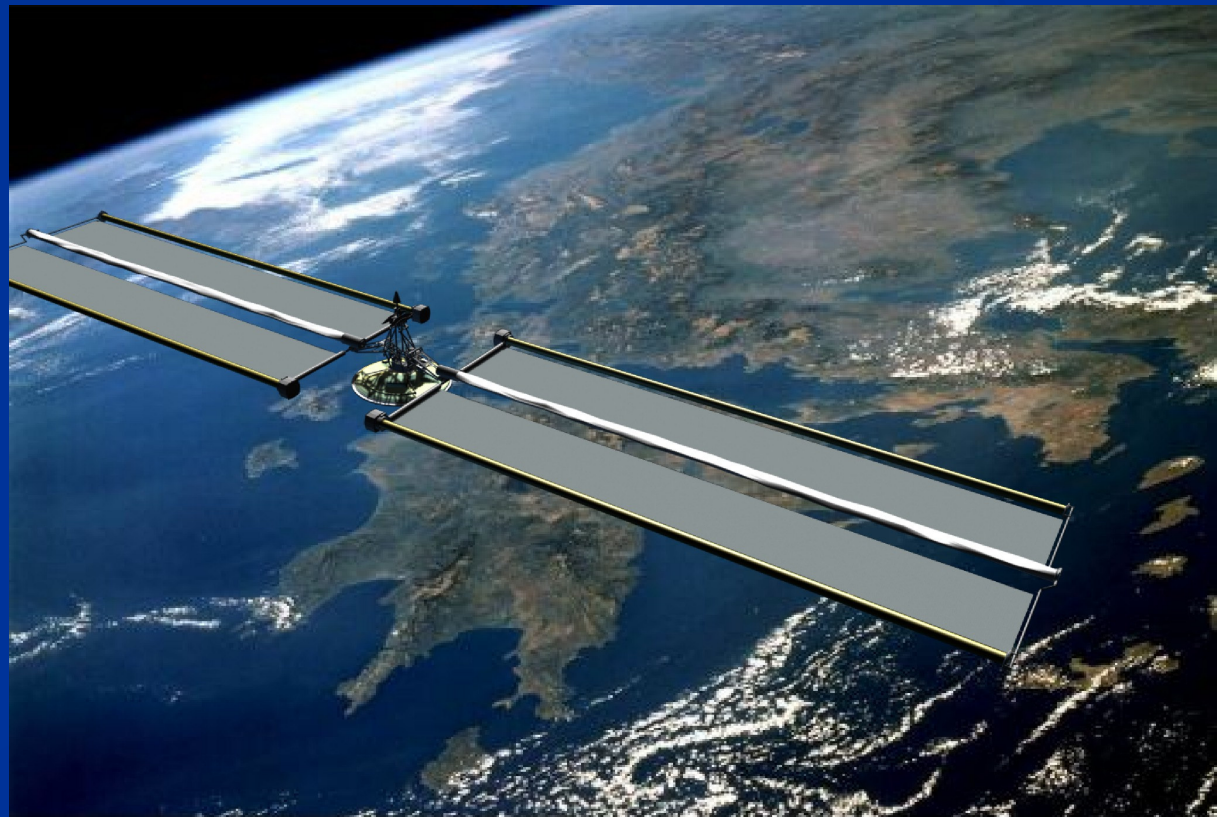
Algunos problemas a resolver con respecto a la Rectenna

- Su cercanía necesaria a las ciudades para minimizar pérdidas operacionales
- Utilización de áreas significativas para su instalación
- Aunque es la misma cantidad por exposición asociada a teléfonos celulares y uso del microonda, resistencia de la población por posibles efectos a la salud
- Interferencia con otros equipos y dispositivos electrónicos



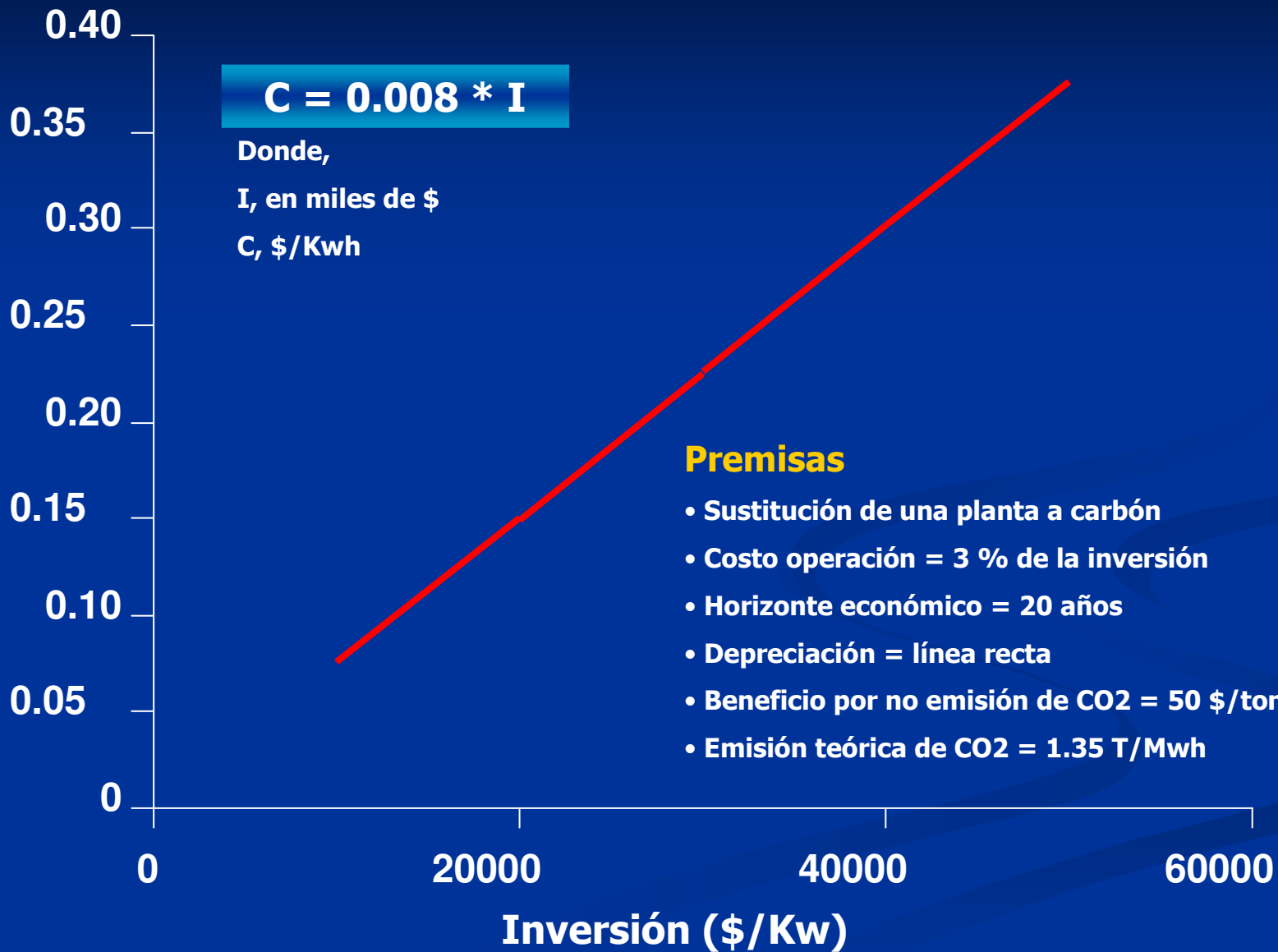
Los equipos de generación eléctrica (molinos o celdas solares) a gran escala solo proporcionan entre 25 a 30 % de la carga diaria, mientras que en la EEES es disponible en un 99 % todo el año en una orbita estacionaria por lo que puede ser utilizada como carga base. Las plantas eléctricas de carbón o nucleares pueden proporcionar carga base en un 90 % al año.

Por otra parte, la EEES no requiere de ningún combustible por lo que hay cero contaminación. EEES es la fuente energética mas limpia y con una carga base ilimitada.

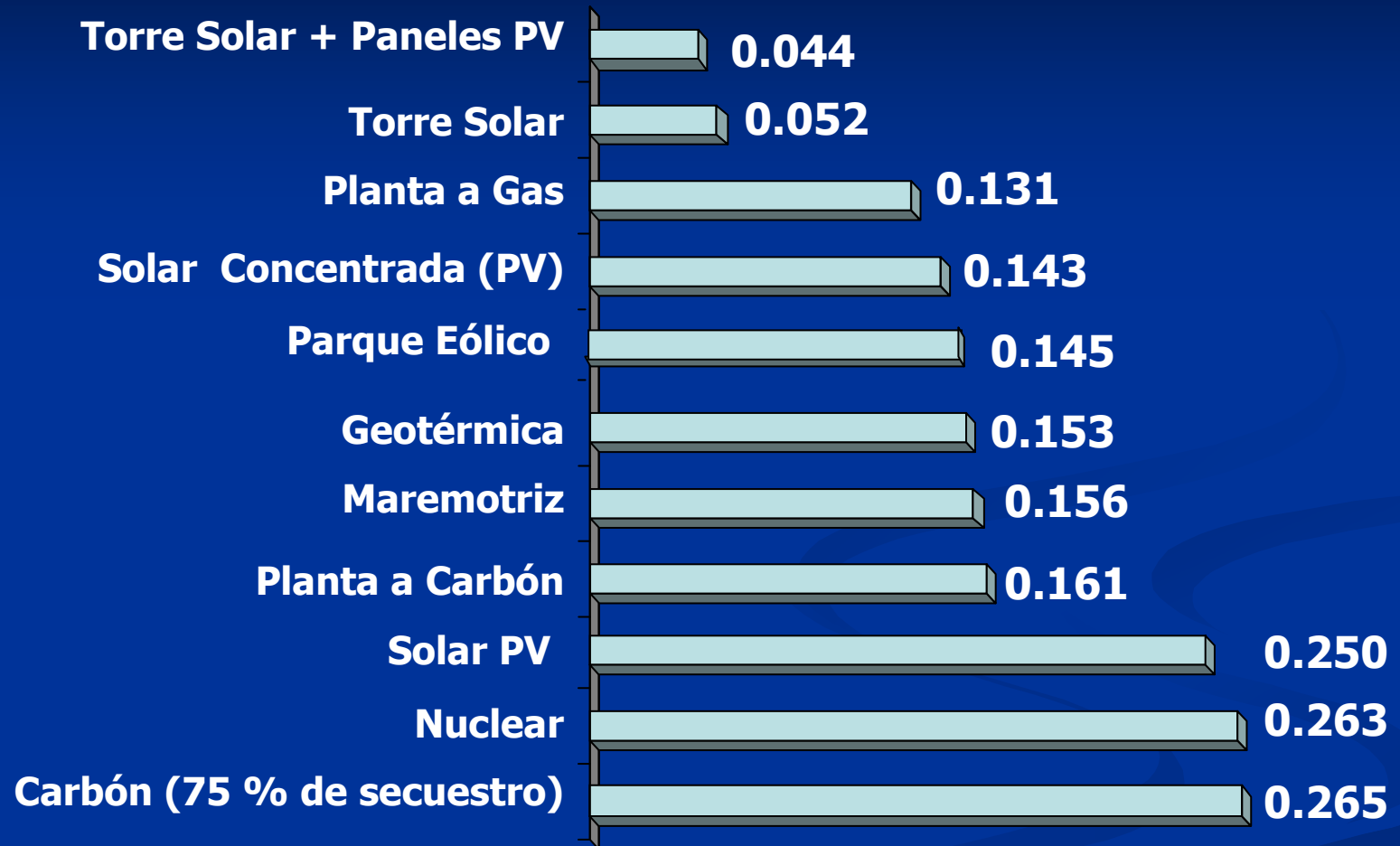


Una aproximación económica de una EEES

Costo (\$/Kwh)



Costo Generación de Electricidad (\$/Kwh)



Elaboración: Nelson Hernández

Proyecto energético (no espacial) desarrollado por Japón



Satélite LEO (orbitando a 1100 Km)

Orbitas al día: 16

Capacidad: 10 Mw

Costo: Entre 100 – 300 MM\$

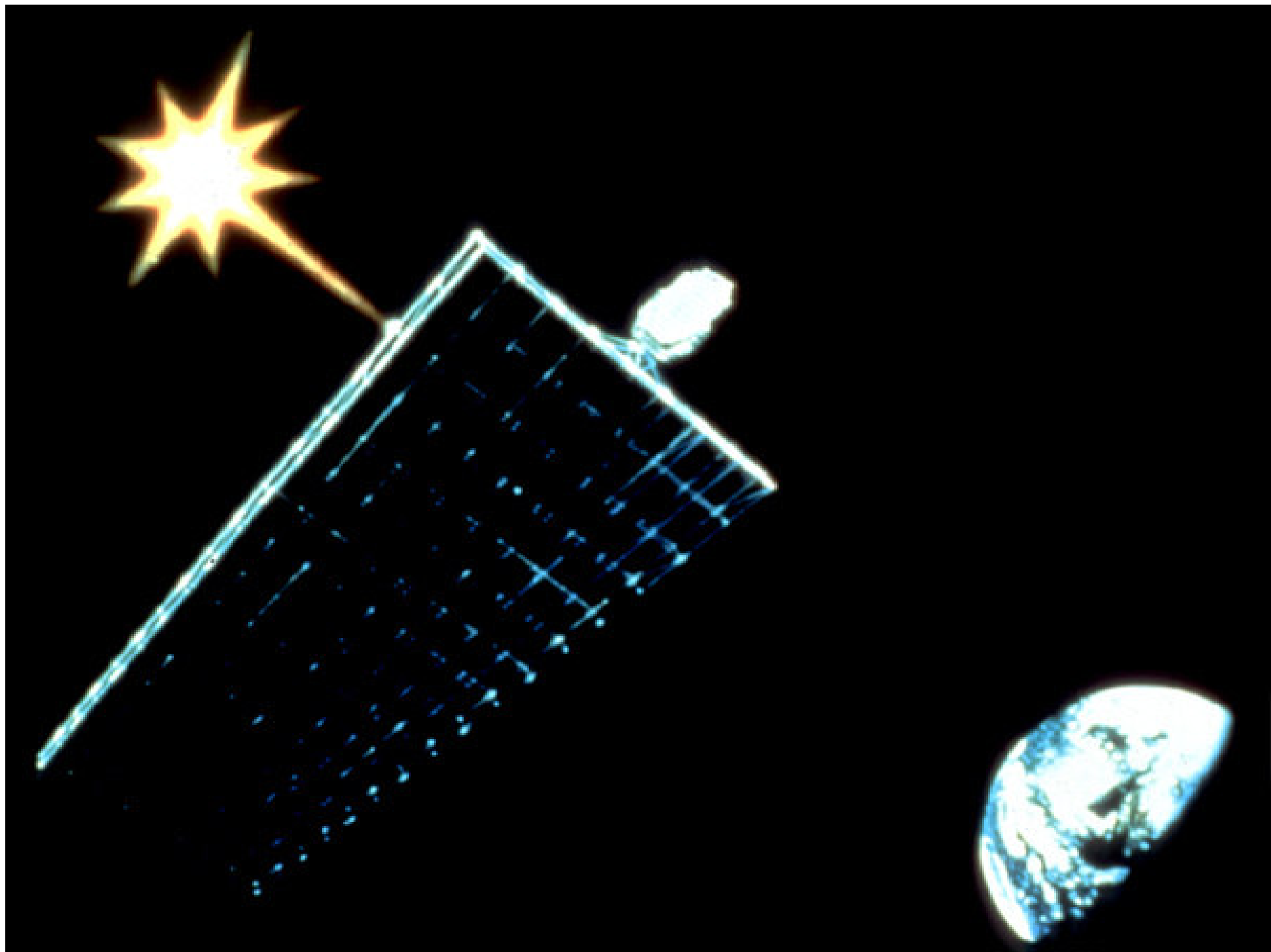
Rectennas: En el ecuador

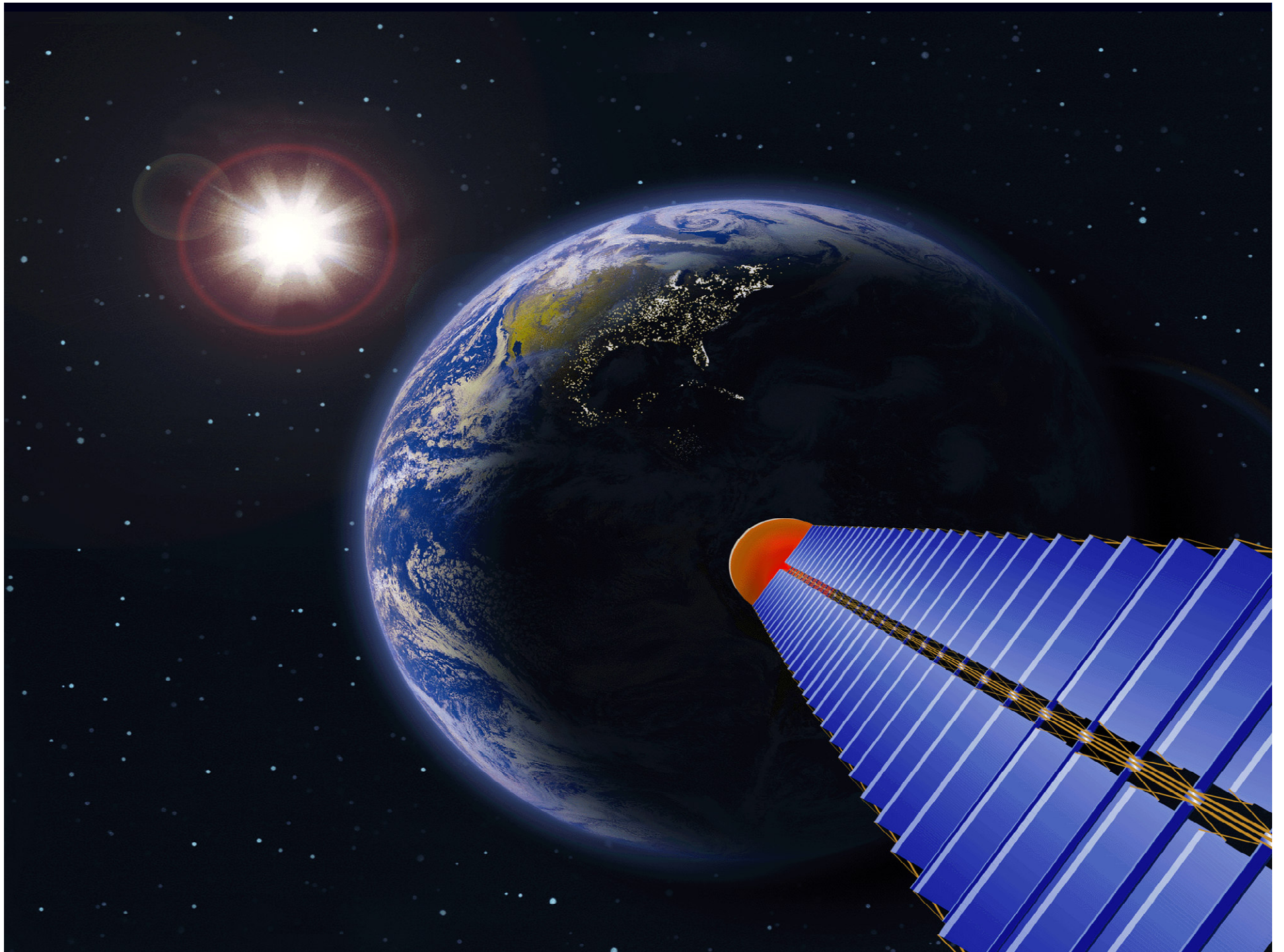
Energía: entrega 200 segundos de energía por cada orbita (100 Kwh)

Mas información : <http://www.spacefuture.com/power/sps2000.shtml>

Posibles diseños







SPACE SOLAR POWER

A diagram illustrating a space solar power system. At the top right, a large orange sun is partially visible. In the center, a large blue hexagonal solar collector and converter is shown. Below it, several blue microwave beams are depicted traveling towards the Earth. On the left, the Earth's surface is shown with several large, oval-shaped ground receivers. The background is a dark space filled with stars.

**SOLAR ENERGY
COLLECTOR AND
CONVERTER**

SOLAR ENERGY
• INEXHAUSTIBLE
• CLEAN
• EXPORTABLE

**MICROWAVE
BEAMS**

**MICROWAVE
COLLECTORS
AND POWER
DISTRIBUTION**

**SPACE POWER STATION-150 KM²
GROUND RECEIVERS-100 KM² EACH
POWER OUTPUT-10 MILLION KILOWATTS**

Cráter Plum en la Luna

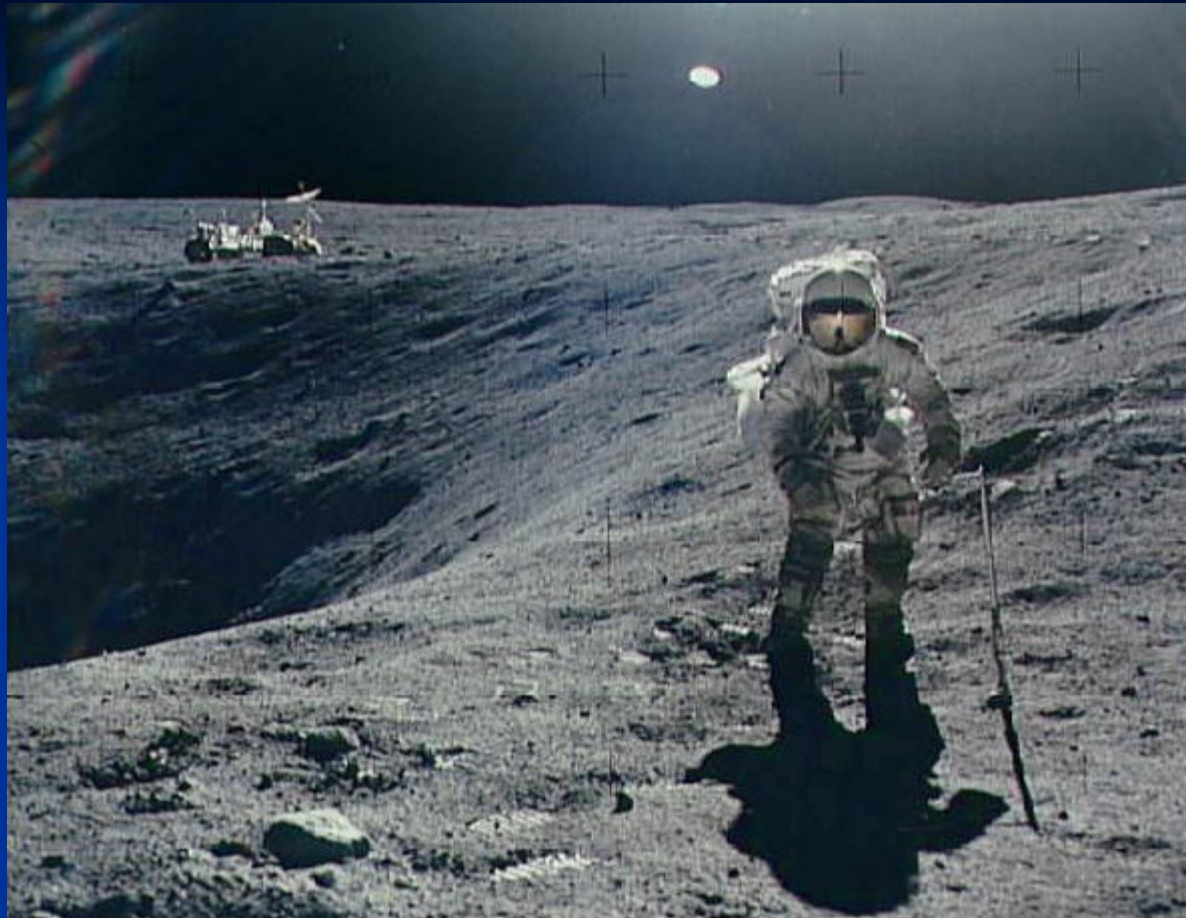


Foto NASA:

La nave Apolo 16 pasó tres días en la Luna en Abril de 1972, siendo la quinta de seis misiones alunizadoras. La Apolo 16 fue famosa por instalar y utilizar un telescopio ultravioleta en lo que fue el primer observatorio lunar, y por recolectar rocas y datos sobre las misteriosas tierras altas de la Luna.

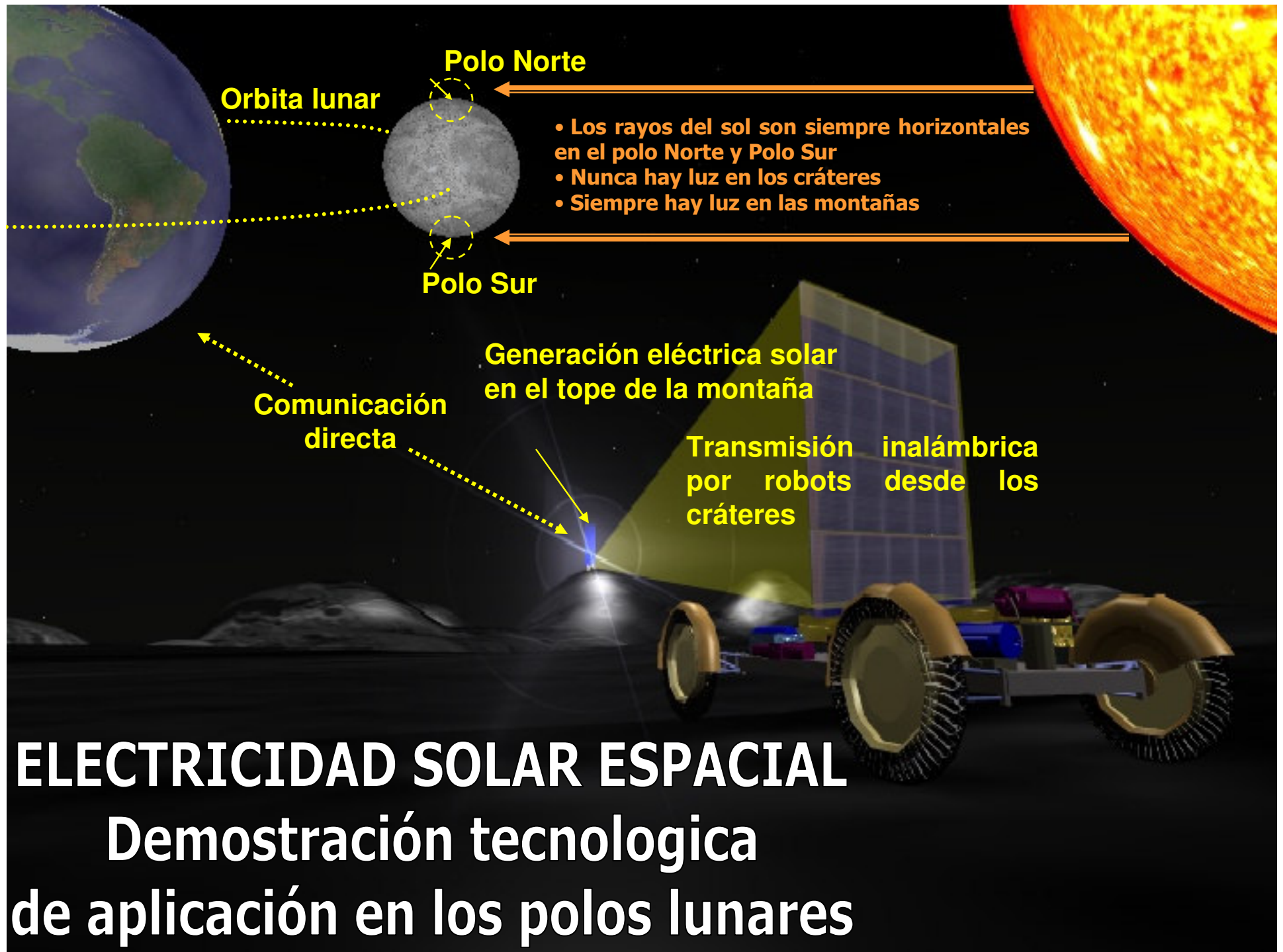
En esta foto, el astronauta John W. Young fotografía a Charles M. Duke, Jr. recolectando muestras de rocas en el sitio de alunizaje Descartes.

Duke está cerca del cráter Plum, mientras que el vehículo explorador lunar espera aparcado en el trasfondo.

El vehículo explorador lunar permitió que los astronautas viajaran grandes distancias para investigar las características superficiales y recolectar rocas. Mientras tanto, arriba, Thomas K. Mattingly orbita en el Módulo de Comando.

La luna como Estación Eléctrica Espacial Solar (EEES o SBPS)







- La electricidad es la forma de energía que mas utiliza la humanidad
- El crecimiento de la población mundial, las necesidades energéticas y el impacto al hábitat del hombre requiere de un nuevo esquema energético mundial
- El perfil de la nueva fuente energética debe ser: no agotable, limpia, disponibilidad continua, de uso directo y de bajo costo.
- De las opciones energéticas actuales la EEES es la que mejor cumple con el perfil buscado
- El desarrollo comercial de EEES requiere del interés y apoyo de las instituciones gubernamentales, especialmente, de los países desarrollados

... Si ya se hizo una vez



La decisión de ir a la luna:

Discurso del 25 de mayo de 1961 del presidente John F. Kennedy antes de una sesión común del congreso, en Washington DC, de los E.E.U.U. El Vice presidente Lyndon Johnson (izquierda) y el vocero de la Casa Blanca, Sam Rayburn (derecha).

Durante este discurso, Kennedy hizo la siguiente declaración famosa:

" ... Creo que esta nación debe confiar en alcanzar la meta, antes de que esta década finalice, de poner a un hombre en la luna y de regresarlo con seguridad a la tierra. No hay proyecto espacial, en este período, que impresione mas a la humanidad, o más importante en la exploración del espacio a largo alcance; y ninguno será tan difícil o costoso de lograr como el primer viaje a la luna ... ".

El aterrizaje de luna fue alcanzado en julio de 1969.

... por que no hacerlo nuevamente

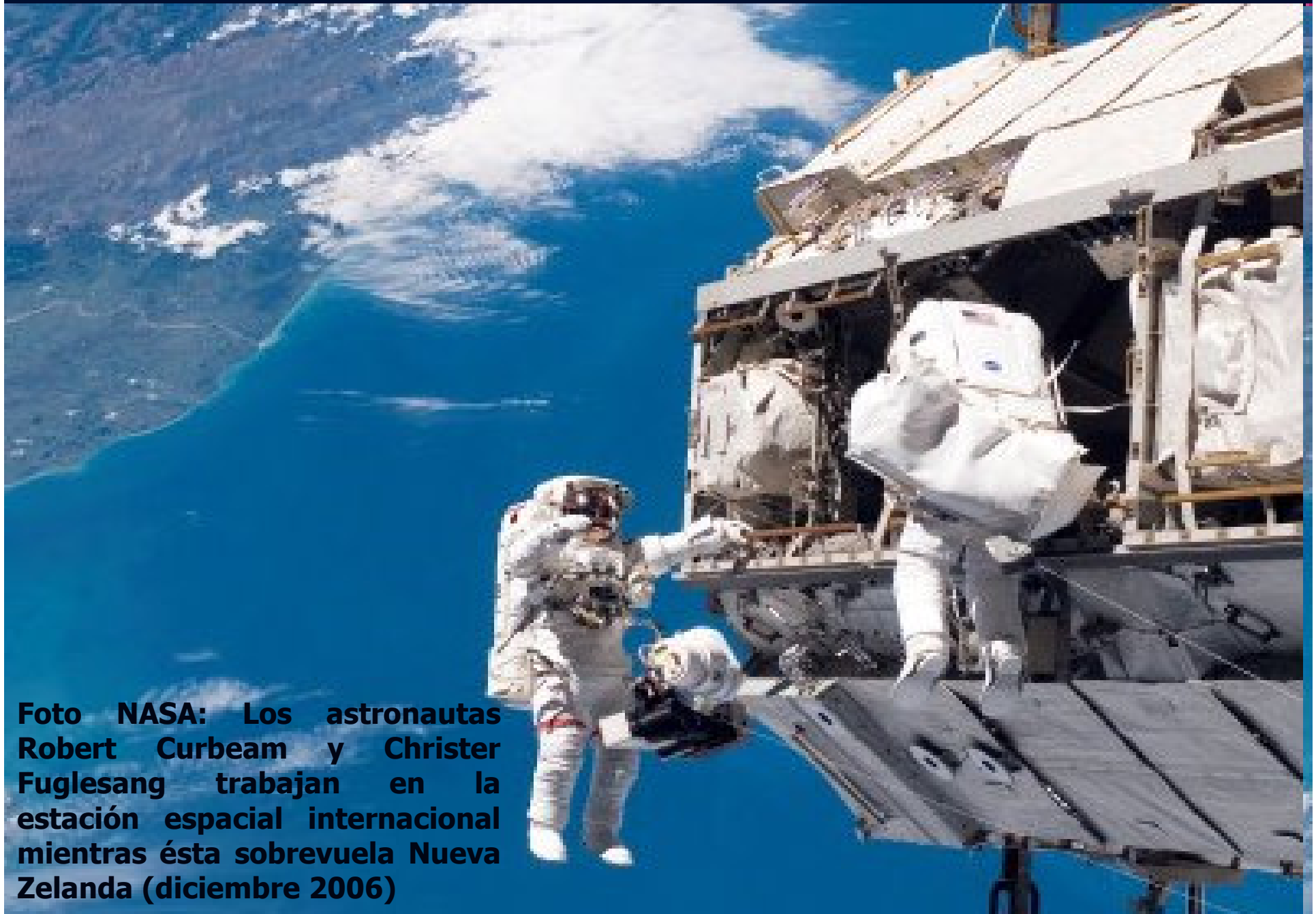


Foto NASA: Los astronautas Robert Curbeam y Christer Fuglesang trabajan en la estación espacial internacional mientras ésta sobrevuela Nueva Zelanda (diciembre 2006)

... Muchas Gracias

