

# INGENIERIA, ENERGIA Y DESVARROLLO



Raúl Smith Fontana  
Decano  
Facultad de Ingeniería

## 1. PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL

### 1.1. Oferta y Demanda de Energía

**V**arias son las estimaciones y proyecciones de oferta y demanda de energía que han sido realizadas, publicadas y comentadas por diferentes organismos especializados.

En general, todos estos trabajos tratan de determinar, o al menos insinuar:

"Qué tan grande será el déficit de energía alrededor del año 2000 y cómo puede estimarse su proyección más allá de esa fecha".

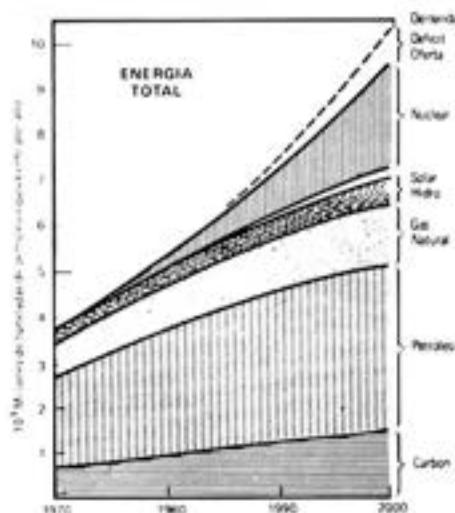


Fig. 1

La figura 1 corresponde a una de las tantas proyecciones globales de Energía Total que asume

ciertas condiciones que podrían ser no suficientes y por consiguiente agudizar el déficit de energía:

- No habrá grandes restricciones en la comercialización internacional de energía. En particular, los principales países exportadores de petróleo no fijarán cantidades límites, como asimismo el carbón se comercializará sin estas restricciones.
- Se considera un crecimiento promedio del PGB de un 4% anual.
- Existe un condicionamiento al parecer transitario al desarrollo de las instalaciones nucleares.
- Existen y existirán limitaciones para el financiamiento de las instalaciones energéticas.

La figura 2 presenta a nivel regional algunas estimaciones de Consumo y Producción de Energía para 5 países ejemplos.

Se ha escogido a Argentina y Brasil como dos países en que la producción es menor que el consumo. A este mismo grupo se asimila Chile y U.S.A. Otros tres países, como ser Canadá, México y Venezuela presentan producciones de energía mayores que sus consumos.

En general, los países mencionados continuarán en su condición de importadores o exportadores de energía probablemente por un largo tiempo.

En particular, como el déficit mundial de energía se prevé cada vez mayor, los países energéticamente dependientes acrecentarán su condición de tal, salvo que descubran nuevos recursos y desarrollen una política energética adecuada.

\* Primera parte de la charla dictada, con motivo de las actividades conmemorativas del IX Aniversario de la Facultad de Ingeniería.

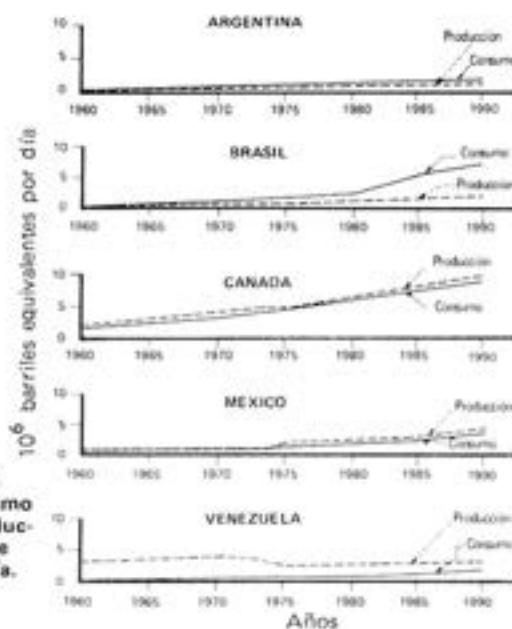


Fig. 2.  
Consumo y produc-  
ción de  
energía.

### 1.2. Recursos Energéticos

Generalizaremos el concepto de Recursos Energéticos haciendo caso omiso de la discutida clasificación de recursos energéticos renovables y no renovables, terminología empleada que produce confusión, especialmente cuando se refiere a su cantidad, calidad y economía relacionada.

Para comprender la complejidad de la información y necesaria homogeneidad de datos que permita su comparación, sería útil que todos los recursos, como ser uranio, carbón, petróleo, gas, geotérmico, solar y otros menos representativos, pudieran cuantificarse de acuerdo a la clasificación del cuadro N° 1 (Mc. Kelvey Box).

Cuadro N° 1

SUBECONOMICAS	IDENTIFICADAS		NO DESCUBERTAS		GRADO CRESIENTE DE RIESGO GEOLÓGICO		
	PROBADAS		DEDUCIDAS	HIPOTÉTICAS			
	MEDIDAS	INDICADAS		EN SECTORES CONOCIDOS			
RESERVAS		+					
RECURSOS							
GRADO CRESIENTE DE RIESGO ECONÓMICO							
SUBECONOMICAS		GRADO CRESIENTE EN SEGURO		RIESGO GEOLÓGICO			
SUBECONOMICAS		SUBECONOMICAS		SUBECONOMICAS			

Es comprensible el grado de dificultad y la magnitud del esfuerzo necesario para conseguir esta información.

En vez de comentar la información que se encuentra disponible sobre este tema en las innumer-

ables publicaciones que existen, se tratará de mostrar que un análisis global de los recursos energéticos nos establece que el hombre tiene a su disposición una cuantiosa energía y que lo verdaderamente importante es generar las políticas y estrategias que le permitan desarrollar las tecnologías para que esta energía esté oportunamente al servicio de la humanidad.

En el año 1975 en el mundo se utilizaron 8 Terawatt (TW) de energía o equivalentemente 2 Kilowatt por persona. (Petróleo 3,8 TW; Carbón 2,2 TW; Gas 1,4 TW. El resto fue suministrado por Hidro 0,6 TW; Nuclear 0,07 TW y cantidades no significativas de madera, eólica, geotérmica y solar).

Para comprender el significado real de estos 8 TW-año conviene compararlos con las estimaciones mundiales de recursos energéticos. (Tabla 1).

TABLA N° 1  
RECURSOS ENERGÉTICOS MUNDIALES ESTIMADOS  
(TERA WATT-AÑO, TWA)

CARBÓN	TWA	TNS. EQUIVALENTE
Total	$2 \times 10^8$	$3.2 \times 10^8$
Reconocible (US\$ 10/T)	$1 \times 10^8$	$0.5 \times 10^8$
<b>PETRÓLEO</b>		
< US\$ 25/barril petróleo-equivalente	$0.8 \times 10^8$	$0.2 \times 10^8$
<b>GAS</b>		
< US\$ 25/barril petróleo-equivalente	$0.4 \times 10^8$	$0.25 \times 10^8$
<b>URANIO</b>		
Reactores térmicos < US\$ 100/kg	$0.1 \times 10^8$	$5 \times 10^7$
Reactores reproducidores	—	—

1 TWA Carbón =  $1.3 \times 10^8$  ton.; 1 TWA Petróleo =  $5 \times 10^8$  barriles;  
1 TWA Gas =  $10^7$  M<sup>3</sup>

FLUJOS DE ENERGÍA NATURAL, TW	
Radiación solar en la superficie de la tierra	120 000
Viento, agua, corrientes marítimas	373
Fotovoltaico	40
Gradiente geotérmico en la tierra	8

Estos flujos se resumen en el "SOFT ENERGY", su forma de flujo hace que estos flujos estén en la naturaleza más directa y sencilla y se capturan para aprovecharlos para la producción de energía más limpia y sostenible.

Es razonable pensar que como el esfuerzo en exploración de recursos se ha realizado fundamentalmente en U.S.A., deberían encontrarse nuevas fuentes en el futuro. Como por ejemplo, en U.S.A. se han perforado  $2.6 \times 10^6$  orificios en la exploración de petróleo mientras que en el resto del mundo la cifra es de  $0.7 \times 10^6$ .

Para entender mejor estas cifras, es preciso reconocer que la energía es sólo uno de los recursos que el hombre puede extraer de la tierra.

Como ejemplo, consideremos una molécula de mineral que el hombre extrae de la tierra para uso de su civilización industrial, y llamemos a este mineral hipotético "DEMANDITA". Consideremos además la composición de una molécula promedio de la corteza terrestre. (Tabla 2). La comparación de estas moléculas nos dice que existirá una crisis de combustibles fósiles probablemente en 200 a 300 años, y que por otra parte nunca llegará a faltar silicio, calcio, aluminio, fierro y otros.

Tabla N° 2

**COMPOSICION MOLECULA HIPOTETICA DEMANDITA**  
(Mineral promedio para uso de la civilización industrial)

$(CH_{1,7})_{0,67} (SiO_2)_{0,22} (CaCO_3)_{0,08} (Fe)_{0,015} (Al)_{0,0001} (Otros)_{0,01}$

**COMPOSICION MOLECULA HIPOTETICA CORTEZA TERRESTRE**  
(Mineral promedio contenido en la corteza terrestre)

$(CH_X)^{EX}_{0,0004} (CH_X)^{NOEX}_{0,0003} (Cox)_{0,015} (O)_{0,59} (Si)_{0,19} (H)_{0,06} (Al)_{0,05} (Ca)_{0,01} (Fe)_{0,013} (Otros)_{0,07}$

EX: Extraíble  
NO EX: No Extraíble  
OX: Oxidado

$CH_X$  :  $CH \rightarrow$  Carbón  
 $CH_2 \rightarrow$  Petróleo  
 $CH_4 \rightarrow$  Gas

Como consecuencia puede inferirse que la crisis energética actual, si así conviniésemos llamarla, es realmente una crisis económica, iniciada por una subida muy rápida de los precios de la energía relacionados con los sistemas energéticos de uso intensivo de capital cuyo origen tiene raíces en aspectos socio-económicos con repercusiones político-estratégicas de desarrollo.

Si para el año 2025 se asume una demanda de energía de 30 TW-año estimada fundamentalmente por el incremento de la población y por el incremento del PGB, aun cuando algunos países desarrollados tiendan a estabilizar estas relaciones, parecería ser claro que eventuales crisis energéticas no tendrían base en escasez absoluta de estos recursos, sino que en el manejo político-estratégico que se haga de ellos. Resulta razonable entonces estar al alcance de las tecnologías más sofisticadas con la experiencia del manejo y gestión para poder aprovechar estos recursos y no sólo limitarse al uso de las más tradicionales.

### 1.3. Crecimiento de la Población y el Producto Geográfico Bruto (P.G.B.).

La población, la fuerza de trabajo, la calidad y estilo de vida, y la conservación de energía, son aspectos claves que proyectan el consumo de energía per-cápita.

Estos conceptos establecen una serie de parámetros que permiten el requerimiento futuro de energía. Probablemente el crecimiento de la población y el producto geográfico bruto son los más utilizados para las estimaciones globales y al mismo tiempo como indicadores de desarrollo económico.

Los países en desarrollo tienen tasas muy altas de crecimiento de población, a diferencia de los

países desarrollados que tienden al crecimiento cero. (Figura 3).

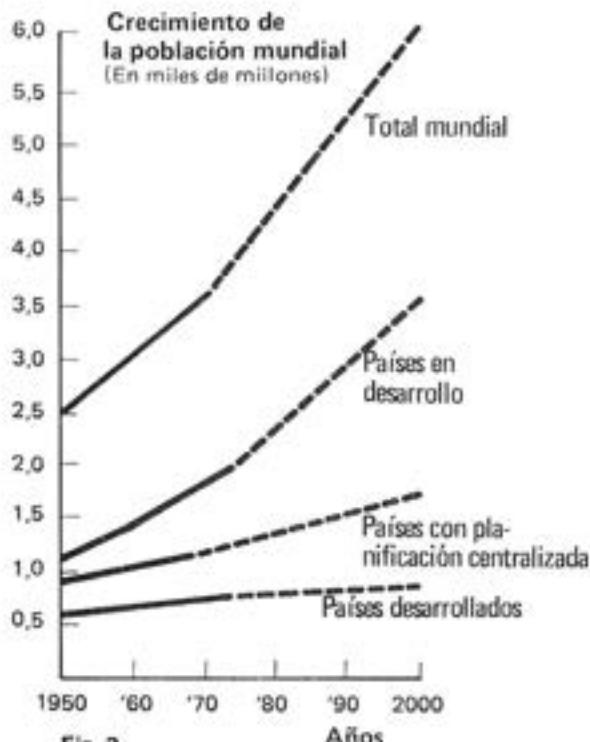


Fig. 3

Por otra parte el PGB tiende también a estabilizarse en un crecimiento cero para aquellos países desarrollados que en promedio consideran satisfechas sus aspiraciones materiales, mientras que los países en desarrollo aspiran a elevar estos valores.

En términos de tasas de crecimiento de la demanda energética per-cápita se han establecido tendencias hacia el año 2000, cuyas tasas promedio corresponden a 0% para países desarrollados y 4,83% para países en desarrollo.

Esto significa que los mayores esfuerzos deben ser realizados por los países en desarrollo. Obviamente el concepto de "esfuerzo" tiene aquí especial significación en la incorporación de las nuevas tecnologías y nuevos recursos energéticos.

#### 1.4. Inercia Energética, Impacto.

"Mientras más rápido se desarrolla un proceso, éste genera una entropía mayor y se hace más irreversible".

"El equilibrio termodinámico requiere un máximo de eficiencia en cada etapa y esto es sólo posible si el proceso se desarrolla lentamente".

Estos principios termodinámicos pueden ser globalmente aplicables a los procesos de desarrollo de las energías, en particular cuando en ellos intervienen nuevas tecnologías.

En la práctica la situación es más complicada, ya que la inercia natural a continuar por el desarrollo tradicional puede oscurecer las verdaderas fronteras y no dejar ver con claridad el impacto que producen las nuevas tecnologías.

La figura 4 muestra una configuración idealizada de Energía-PGB en su evolución en tiempo que podría ser representativa de un país en desarrollo.



Parece razonable pensar que en la medida que una nueva tecnología se retrase en su iniciación, la representación de la curva debe aplanarse y el efecto tiempo alargarse notablemente.

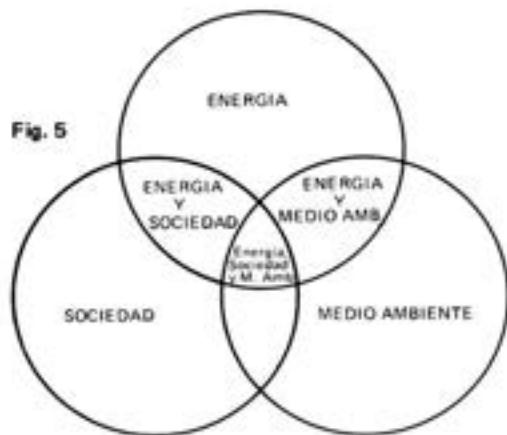
No realizar el "esfuerzo" de incorporar sin retraso una nueva tecnología o nuevos recursos significa paralizar de alguna manera el proceso de desarrollo, ya que alcanzar niveles aceptables en la transferencia tecnológica de países desarrollados a países en desarrollo, tiene su tiempo y oportunidad.

Los países en desarrollo no pueden permitirse las cuantiosas inversiones en investigación ni esca-

lación de prototipos de generación energética, sin embargo, deben estar preparados para incorporar estas tecnologías, porque las repercusiones futuras significarán con toda seguridad condiciones muy difíciles de evaluar "culturalmente", por decirlo con una palabra.

#### 1.5. Interacciones: Energía - Sociedad - Medio Ambiente.

En la 11º Conferencia Mundial de la Energía realizada en München del 8 al 12 de Septiembre de 1980 se utilizó un interesante diagrama de Wenn para simbolizar y organizar el desarrollo y discusión de los temas presentados. (Figura 5).



Energía, Sociedad y Medio Ambiente son los tres elementos principales que interactúan mutuamente.

La complejidad de los problemas que se presentan por esta interacción no son de carácter exclusivamente técnico, sin embargo, no podremos construir, desarrollar y evolucionar una sociedad si no tenemos la energía necesaria y a su vez esta disponibilidad la realizamos conservando razonablemente el medio en que vivimos.

## 2. ASPECTOS ENERGETICOS REGIONALES: RESERVAS, RECURSOS Y CAPACIDAD ENERGETICA

### 2.1. Petróleo.

La tabla N° 3 muestra las reservas de petróleo y gas. América Latina posee 69.650 millones de barriles y  $159.811 \times 10^9$  pies cúbicos de gas natural, esto equivale al 10,72 y 6,07% del total mundial, respectivamente.

TABLA N° 3

Reservas Mundiales de Petróleo y Gas al 1er de Enero/81

ZONA GEOGRÁFICA	MMB PETRÓLEO	%	× 10 <sup>9</sup> PIES <sup>3</sup>	%
			GAS	
TOTAL	648,523.8	100	2,638,501	100
Asia Pacífico	19,630	3.03	126,290	4.75
Europa Occidental	23,085	3.56	159,315	6.04
Medio Oriente	362,071	55.83	752,415	28.51
Africa	55,148	8.57	268,470	7.90
China <sup>1</sup>	20,500	3.17	24,500	.93
URSS y otros <sup>2</sup>	65,800	10.12	939,400	35.22
Canadá	6,400	0.99	87,300	3.31
E.U.A.	26,400	4.06	191,000	7.24
América Latina	89,650.8	13.72	198,811	7.07
Méjico	44,161	63.41	64,500	40.36
Venezuela	17,950	25.77	42,000	26.26
Argentina	2,457	3.54	22,000	13.76
Brasil	1,200	1.87	1,500	.94
Ecuador	1,100	1.68	4,000	2.51
Colombia	800	1.15	6,000	3.76
Trinidad T.	700	1.00	12,000	7.51
Perú	600	0.93	1,100	.69
Chile	400	.57	2,500	1.56
Bolivia	112	.16	4,200	2.63
Guatemala	20	.02	10	.01
Barbados	—	—	—	—
	89,650.8	100.00	198,811	100.0

<sup>1</sup> China, incluye en todas las tablas: Vietnam, Camboya, Tailandia, Corea del Norte y Laos.<sup>2</sup> URSS, incluye en todas las tablas: todos los países del COMECON.

La tabla N° 4 indica que América Latina posee un índice muy bajo de habitantes por Km. cuadrado.

TABLA N° 4  
POBLACION Y TERRITORIO× 10<sup>6</sup> × 10<sup>6</sup>

ZONA GEOGRÁFICA	POBLACION	%	TERRITORIO	%	Hab./Km <sup>2</sup>
Asia Pacífico	1,596	32.90	15,830	13.63	96.27
Europa Occidental	369	7.80	3,811	3.14	98.82
Medio Oriente	121	2.55	5,885	4.82	20.67
Africa	364	7.69	20,862	17.17	17.45
China (1)	1,351	28.57	11,875	9.78	113.77
URSS, (2)	384	8.11	23,627	19.46	16.25
E.U.A.	272	4.69	9,363	7.71	23.71
Canadá	23	.49	9,976	8.21	2.31
América Latina	351	7.20	20,257	16.68	17.39
	4,341	100.00	121,469	100.00	25.62

La tabla N° 5 reúne las dos anteriores, puede observarse los barriles de petróleo por habitante que tiene cada una de las regiones del mundo. Se han sumado las reservas de gas convertidas a barriles de petróleo (5882 pie cúbico por cada barril de petróleo).

TABLA N° 5  
RESERVAS POR HABITANTE

ZONA GEOGRÁFICA	MMB PETRÓLEO	MMB Gas Nat.	MMB Total	Hab. × 10 <sup>6</sup>	B/Hab.
TOTAL	648,523.8	448,571	1,097,094.8	4,741	231.4
Asia Pacífico	19,630	25,479	45,100	1,556	26.4
Europa Occidental	23,085	27,085	50,170	369	136.0
Medio Oriente	362,071	177,918	439,989	121	4,050.6
Africa	55,148	35,442	90,590	354	248.9
China (1)	20,500	4,165	24,665	1,281	18.3
URSS, (2)	65,800	158,007	223,807	384	582.8
Canadá	6,400	14,842	21,242	34	923.6
E.U.A.	26,400	32,472	58,872	222	265.2
América Latina	89,650.8	27,179	96,829.8	351	275.8
Méjico	44,161	10,968	55,129	68,406	805.9
Venezuela	17,950	7,141	25,091	13,155	1,907.3
Argentina	2,457	3,742	6,197	27,241	227.5
Brasil	1,200	255	1,555	117,671	13.2
Ecuador	1,100	689	1,789	7,686	231.6
Colombia	800	1,020	1,820	29,867	70.4
Trinidad T.	700	2,040	2,740	1,290	2,282.3
Perú	600	187	637	18,826	44.4
Chile	400	425	825	11,104	74.3
Bolivia	112	714	826	5,137	160.8
Guatemala	20	—	21	6,622	3.2
Barbados	0.8	—	0.8	265	2.9
	89,650.8	5,411	10,418.8	188,770	55.2

La tabla N° 6 estima la relación de las reservas versus el consumo donde se ha asumido que los países en desarrollo consumirán más petróleo debido a su crecimiento demográfico e industrial (5% acumulativo anual).

TABLA N° 6

1980

	Consumo MBD	Consumo MMBD	Reserva MMB	Duración Años
TOTAL MUNDO	61,705	22,532	1,087,095	48.7
Asia Pacífico	9,015	3,290	41,100	12.8
Europa Occidental	14,015	5,115	50,170	9.8
Medio Oriente	1,630	595	489,969	823.5
Africa	1,485	542	90,590	167.1
China	1,770	646	24,065	36.2
URSS	10,935	3,991	223,807	56.1
Canadá	1,855	677	21,242	31.4
E.U.A.	16,930	6,179	56,872	9.5
América Latina	4,610	1,683	96,821	57.5
Méjico	1,210	441.65	55,129	124.8
Venezuela	353	126.85	25,091	194.7
Argentina	672	245.28	6,197	25.3
Brasil	1,401	514.65	1,555	3.6
Ecuador	78	26.47	1,789	62.5
Colombia	196	72.27	1,820	25.2
Trinidad T.	78	26.47	2,740	96.2
Perú	168	61.32	825	13.6
Chile	173	63.15	826	13.1
Bolivia	30	10.95	5,137	76.4
Guatemala	20	7.36	21	2.9
Barbados	—	1.19	—	—
Puerto	4,384	166.75	104.19	8.7
	226	82.49	—	—

La tabla N° 7 muestra la capacidad instalada de refinación.

Es interesante señalar que recientemente se ha presentado una teoría de "Deep Gas", la cual está sustentada en varias comprobaciones científicas, pero quedando aún mucho por prospectar e investigar.

TABLA N° 7  
CAPACIDAD DE REFINACION

ZONA GEOGRÁFICA	Nº de Refinerías	%	Criado BD	%
TOTAL	847	100.00	79,563,841	100.00
Asia Pacífico	107	12.63	10,386,375	13.05
Europa Occidental	162	19.13	20,243,747	25.44
Medio Oriente	35	4.13	3,518,080	4.42
Africa	40	4.72	1,666,108	2.10
China	20	2.36	1,600,000	2.01
URSS	70	8.26	13,746,000	17.28
Canadá	37	4.37	2,222,100	2.80
E.U.A.	295	34.84	19,523,700	24.53
América Latina	81	9.56	6,657,731	8.37
Venezuela	12	—	1,445,500	21.62
Méjico	10	—	1,393,500	21.12
Brasil	11	—	1,205,000	18.00
Argentina	12	—	676,150	10.15
Bahamas	2	—	503,000	7.56
Trinidad T.	2	—	416,000	6.85
Colombia	6	—	193,500	2.91
Perú	5	—	170,100	2.55
Chile	2	—	139,230	2.09
Panamá	1	—	100,000	1.50
Bolivia	4	—	74,300	1.13
Ecuador	4	—	66,000	1.29
Costa Rica	1	—	11,000	0.16
El Salvador	1	—	16,000	0.24
Guatemala	1	—	16,000	0.24
Honduras	1	—	14,000	0.21
Jamaica	1	—	16,000	0.22
Nicaragua	1	—	14,400	0.22
Paraguay	1	—	7,500	0.11
Rep. Dominicana	2	—	48,461	0.73
Uruguay	1	—	40,000	0.60

## 2.2. Carbón.

La tabla N° 8 nos muestra que la América Latina tiene únicamente el 0,3% de las reservas mundiales; de este porcentaje tan pequeño, Brasil, Colombia, México y Chile poseen el 90%.

**TABLA N° 8**  
**RESERVAS MUNDIALES DE CARBÓN**  
(Millones de tons.)

### ZONA GEOGRAFICA

		100,0
TOTAL	10'126,264	100,0
Asia Pacífico	334,600	3,3
Europa Occidental	534,339	5,2
Medio Oriente	—	—
Africa	115,338	1,1
China	1'438,045	14,2
U.R.S.S.	4'985,500	49,3
Canadá	115,352	1,2
E.U.A.	2'570,398	25,4
América Latina	31,692	0,3
Brasil	10,082	100,0
Colombia	8,318	26,3
México	5,448	17,2
Chile	4,585	14,5
Venezuela	1,630	5,1
Perú	1,122	3,5
Otros	507	1,6

## 2.3. Geotermia.

La tabla N° 9 nos indica que Latino América cuenta con el 9,48% del total de generación. Únicamente dos países, El Salvador y México generan esta energía. Nicaragua, Costa Rica y Chile tienen planificado hacerlo y están desarrollando proyectos.

**TABLA N° 9**  
**GEOTERMICA EN MW.**  
**CAPACIDAD INSTALADA**

	1980	%	1985	%	1990
E.U.A.	1,000	45,17	2,000	37,50	—
Méjico	150	6,76	450	8,46	1,240
El Salvador	60	2,72	100	1,87	—
Nicaragua	—	—	200	3,75	—
Costa Rica	—	—	40	0,75	80
Chile	—	—	30	0,56	110
Italia	455	20,56	480	9,03	—
Nueva Zelanda	200	9,03	272	5,11	—
Japón	220	9,94	1,000	18,80	6,050
Islandia	60	2,72	100	1,87	—
Filipinas	60	2,72	440	8,27	—
U.R.S.S.	5	0,22	25	0,47	200
China	3	0,13	50	0,94	—
Turquía	1	0,04	15	0,27	15
Indonesia	—	—	125	2,35	—
<b>TOTAL</b>	<b>2,214</b>	<b>100,00</b>	<b>5,317</b>	<b>100,00</b>	<b>—</b>

## 2.4. Hidráulica.

La tabla N° 10 indica que América Latina posee el 11,76% del potencial teórico y que está

utilizando sólo una pequeña parte de lo que realmente puede utilizarse del potencial teórico.

**TABLA N° 10**  
**POTENCIAL HIDROELECTRICO**  
**EN kWh x 10<sup>12</sup>**

ZONA GEOGRAFICA	Potencia Teórica	%	Potencia Usable	%	Potencia Media	%
Asia Pacífico	1,50	3,11	0,39	2,01	0,059	1,84
Europa Occidental	4,36	9,04	1,43	7,37	0,842	26,23
Medio Oriente	—	—	—	—	—	—
Africa	10,118	20,98	3,14	16,19	0,151	4,70
China	3,94	8,17	2,19	11,29	0,265	8,26
U.R.S.S.	16,480	34,19	5,34	27,55	0,465	14,49
América del Norte	6,15	12,75	3,12	16,09	1,129	35,17
América Latina	5,87	11,76	2,78	19,50	0,299	9,31
	48,224	100,00	19,39	100,0	3,210	100,00

Es sabido que Chile está especialmente privilegiado por su potencial teórico, sin embargo, la geografía y clima deja disponible económicamente sólo una fracción menor.

La tabla N° 11 nos muestra la capacidad instalada de energía por habitante. La disponibilidad en Watts/habitante de América Latina en 1972 era 6 veces menos que Japón y 18,24 veces menos que Canadá.

**TABLA N° 11**  
**CAPACIDAD INSTALADA**  
**WATTS x HAB.**

PAÍS SELECCIONADO	1972	1974	1977	1980*
Australia	1225	1391	1461	1534
India	28	31	45	65
Japón	627	839	958	1093
Canadá	1916	2306	2703	3168
E.U.A.	1774	2246	2569	2942
U.R.S.S.	627	727	833	964
América Latina	105	132	157	175

\* Datos preliminares

Nuevos conceptos de conservación de energía muestran tendencia hacia una mayor electrificación en el consumo doméstico y lo que es más significativo, se están realizando estudios que generan todo un nuevo concepto de diseño de ingeniería y desarrollo de tecnología industrial.

## 2.5. Fuentes renovables en Desarrollo.

### 2.5.1. Biomasa.

Incluye todos los materiales orgánicos suministrados directa o indirectamente por las plantas, tales como siembras de cultivo, árboles, yerbas, granos, plantas productoras de azúcar, resinas de bosques, desperdicios de animales, aguas residuales de la ciudad, desperdicios industriales. De este material puede obtenerse gas natural, metano, amoníaco, alcohol y otras sustancias químicas.

### 2.5.2. Solar.

Esta energía puede organizarse y de hecho así se está desarrollando en:

- Factor Solar Pasivo, en la utilización del diseño de edificios (ventanas, características estructurales).
- Sistemas de Energía Solar de baja temperatura (hasta 150° C), utilizan colectores de placas planas.
- Sistemas solares intermedios de alta temperatura (desde 150° C hasta 1.000° C), utilizan platos parabólicos o cóncavos.
- Celdas Solares fotovoltaicas para generar energía eléctrica directamente en lugares remotos.

### 2.5.3. Eólica.

Considera molinos de vientos y otros sistemas aerodinámicos.

Es un área, que aunque muy antigua, está siendo investigada, estudiada y desarrollada últimamente con mucha atención.

### 2.5.4. Mareas, olas marinas, diferencia de temperatura del mar.

Se está desarrollando principalmente en U.S.A. un importante programa de investigación en los diseños de sistemas que permitan aprovechar económicamente esta energía potencial. ●

# EL SPALLING DE LOS REFRACARIOS



**Dr. Ing. Nelson Santander M.**  
Profesor Jornada Completa  
Departamento de Metalurgia  
Facultad de Ingeniería USACH.

## 1. INTRODUCCION

**L**a mayor preocupación de los usuarios de refractarios es el rendimiento que éstos tienen en servicio. Por ello, cualquier tipo de destrucción, sea ésta precoz o normal (para las condiciones dadas de trabajo), constituye tema de inquietud para ellos.

Existe un tipo muy particular de deterioro que se identifica con la palabra inglesa SPALLING, pero ocurre sin embargo, que no siempre se tiene claridad conceptual sobre este fenómeno destructivo, no se conocen sus causas en forma suficientemente exacta, y se ignoran las metodologías de que se dispone para evaluarlo.

Es, sin duda, obvio que sólo conociendo bien este fenómeno será posible controlarlo, minimi-

zarlo, o incluso evitarlo. Es por ello que el propósito del presente artículo es dar una visión lo más didáctica posible acerca de este indeseable mecanismo de deterioro de albañilerías refractarias.

La palabra SPALLING se traduce al español como DESCONCHAMIENTO, DESCONCHADO, o DESGAJAMIENTO, ya que involucra la destrucción del refractario por fractura y consiguiente generación de fragmentos generalmente gruesos. Si la fractura origina fragmentos muy delgados se habla más bien de PEELING, palabra que se traduce al español como DESCASCARAMIENTO, DESCASCILLADO o DESESCAMADO. Si la fractura genera lonjas de gran superficie se habla