

## La reserva de energía de los EE. UU.

Traducción de parte de un artículo de C. P. Steinmetz publicado por la *General Electric Review* de Julio de 1918 por R. Simpson (4.)

---

I. Las únicas dos fuentes de energía suficientemente abundantes para que merezcan tomarse en consideración para el suministro de energía a la industria moderna, son el carbón, incluyendo en éste el petróleo, gases naturales, etc., y la energía hidráulica.

II. *Carbón.*— Es bastante difícil calcular el consumo total de carbón en un país como EE. UU.; pero podemos formarnos una idea de su magnitud por las cifras de producción de las minas, especialmente en los últimos años en que el uso de la madera como combustible ha llegado a ser prácticamente despreciable en un cálculo aproximado. Por otra parte, la exportación e importación de carbón son pequeñas relativamente a la producción de las minas.

Las minas de carbón se han trabajado en EE. UU. desde 1822 y en la fig. 1 se ha indicado en forma gráfica el aumento de producción relativamente al tiempo. Estos mismos datos se indican, por periodos de 5 años en la Tabla I.

TABLA I

AÑO	Producción anual en millones de toneladas	Porcentaje de aumento por año
1825	0.11	—
1830	0.32	22.4
1835	0.83	19.7
1840	1.92	17.
1845	4.00	14.5
1850	7.46	10.45
1855	10.8	8.35
1860	16.0	8.72
1865	25.9	9.22
1870	40.2	8.58
1875	56.8	7.42
1880	82.2	7.95
1885	122.	6.80
1890	160.	5.40
1895	206.	5.75
1900	281.	6.66
1905	404.	6.60
1910	532.	—

No ha sido posible construir la fig. 1 llevando en ordenadas la producción de carbón directamente porque esta cifra varía de 0.11 a 532 y siendo su variación tan grande no es fácil interpretar el gráfico. Por este motivo se ha construido tomando como ordenadas los valores del logaritmo de la producción. Con esta escala una línea recta significa un aumento proporcional constante, es decir, un mismo porcentaje de aumento por año.

La fig. 1 es de bastante interés porque muestra que a pesar de las grandes irregularidades anuales, la producción aumenta de una manera muy regular si se considera un espacio de tiempo considerable. Desde 1870 el aumento de la producción media puede representarse por una línea recta, quedando los valores anuales sobre y bajo esta recta pero pasando ella por casi todos los promedios de cada 5 años.

La producción podría representarse por la ecuación:

$P = 45.3 \times 10^{0.0267(A-1870)}$  en millones de toneladas y la línea del gráfico tendría por ecuación:

$\text{Log. } P = 0.0267(A-1870) - 7.656$  en las cuales P y A son la producción y el año respectivamente. Esta línea representa un aumento constante de 6.35 por ciento. Es curioso hacer notar que las mayores convulsiones, políticas o industriales, tales como la guerra de secesión o el pánico industrial de 1890/95, no causan

variación apreciable en el aumento de producción. Las variaciones que producen son de la misma magnitud que las variaciones anuales ordinarias. Significa esto que la curva de la fig. 1 es el resultado de leyes económicas que son leyes naturales.

Extrapolando de la curva de la figura 1, lo que es aceptable a causa de su regularidad, resulta que el consumo de este año 1918, será aproximadamente de 867 millones de toneladas. Como es difícil formarse una idea de lo que es esta cantidad, podemos ayudarnos con una comparación: Una de las maravillas del mundo es la gran muralla o muralla china por medio de la cual la China trató de defender su frontera norte. Usando el carbón producido en un año como material de construcción podríamos construir una muralla como ésta que correrá a lo largo de todo el perimetro de EE. UU. incluyendo las fronteras de Canadá y Méjico y todas sus costas. Con la energía química contenida en ella la podríamos levantar unos 350 kilómetros en el espacio.

El crecimiento de la producción de carbón puede dividirse como sigue:

100 000	toneladas	se	produjeron	en	1825
1 000 000	"	"	"	"	1836
10 000 000	"	"	"	"	1852
100 000 000	"	"	"	"	1882
1 000 000 000	de toneladas se producirán			en	1920
10 000 000 000	"	"	"	"	1958

Estimando la energía química del carbón en un poco más de 7.000 calorías se llega al resultado de que:

La energía química de una tonelada de carbón equivale aproximadamente a la energía eléctrica de un kilowatt-año.

Es decir, que el consumo anual de 867 millones de toneladas representa una energía de 867 millones de kilowatts año.

Como el rendimiento medio de la producción de energía eléctrica por el carbón es solamente de un 10 por ciento, solamente se obtendría unos 87 millones de kilowatts-año si se convirtiera todo el carbón en energía eléctrica.

Del consumo total de carbón se destina aproximadamente, una mitad a la producción de energía eléctrica o mecánica con rendimiento de 10 por ciento como ya se ha dicho, y el resto se usa principalmente en procedimientos metalúrgicos con rendimientos que varían entre 10 y 80 por ciento. Si aceptamos que esta mitad del carbón se consume con un rendimiento medio de 40 por ciento obtendremos la cifra de 217 millones de kilowatts año como producto del consumo de 867 millones de toneladas de carbón.

III. *Energía hidráulica.*—Sin tomar en consideración las circunstancias que actualmente limitan el aprovechamiento de las caídas de agua a las mayores y más concentradas podemos intentar el estudio del total de la energía hidráulica que actualmente existe en Estados Unidos sin considerar si se ha descubierto

los medios de aprovecharla en su totalidad. Estudiaremos, en consecuencia, la energía total de la lluvia.

Superponiendo el mapa que indica las alturas de lluvia en los Estados Unidos sobre el mapa de curvas de nivel, podemos dividir todo el territorio en secciones según su altura sobre el mar y la lluvia caída en el año.

La tabla II indica esta división para la parte del país comprendida entre los grados 30 y 50 de latitud norte.

Como es evidente que solamente podemos tratar de obtener una aproximación del valor de la cantidad de energía, se ha hecho pocas subdivisiones, cinco de altura de lluvia y cuatro de altura sobre el mar. Las divisiones según la cantidad de lluvia son: 1) de menos de 25 c/m. con un promedio de 12,5 c/m.; 2) de 25 a 50 c/m. con un promedio de 37,5 c/m.; 3) de 50 a 75 c/m. con un promedio de 62,5 c/m.; 4) de 75 a 100 c/m. con un promedio de 87,5 c/m.; y 5) de 100 a 150 c/m. con un promedio de 125 c/m. Del mismo modo las divisiones según la altura sobre el mar corresponden a alturas medias de 150, 900 y 2 100 metros. No se ha tomado en cuenta las alturas medias inferiores a 150 metros porque su energía potencial es muy reducida.

TABLA II

Superficie $m^2 \times 10^{12}$	Altura media en m.	Lluvia media m.	Kg. mt. $\times 10^{-3}$ por m	Kg. mt. $\times 10^{15}$ Totales
0.54	2 100	12.5	263	142
0.29	900		112	32.5
1.18	2 100	37.5	787	930
1.96	900		338	660
0.32	900	62.5	563	183
0.97	150		94	91
0.35	900	87.5	786	275
1.40	150		131	184
0.27	900	125.	1 130	306
1.03	150		188	194
				<hr/> 2 996

aproximadamente  $3\,000 \times 10^{15}$  kgs.

En la tabla II la segunda y tercera columna indican las alturas y lluvias medias. La 4.ª columna indica la energía potencial por metro cuadrado de la lluvia y la 5.ª columna la energía potencial total en cada zona. Como se ve, la suma de toda la 5.ª columna expresa que el total de la energía potencial de la lluvia entre

las latitudes 30 y 50 es de  $3\,000 \times 10^{15}$  kg. mts. o sea más o menos 1 000 millones de kilowatts-año.

No toda esta energía es aprovechable porque hay que deducir el agua necesaria para la agricultura, las pérdidas por evaporación e infiltración. En la tabla III se ha hecho el mismo cálculo de la tabla II pero quitando de la cantidad de agua caída una pérdida por evaporación e infiltración de 12.5 c m. y destinando al regadío una cuota de 25 o 37.5 c m. según la cantidad de lluvia y siempre que la altura sobre el mar permita aprovechar esta cuota.

TABLA III

Superficie $m^2 \times 10^{-12}$	Altura media en m.	Lluvia media en c m.	Pérdida c m.	Riego c m.	Disponi- ble c/m.	Kgmts. $\times m^2 \times 15_3$	Kgmts. Tota- les por $10^{-15}$
0.54	2 100	12.5	12.5				
0.29	900		«				
1.18	2 100	37.5	«	25			
1.96	900		«		25	525	415
0.32	900	62.5	«	25			
0.97	150		«		25	225	220
0.35	900	87.5	«	37.5	12.5	112	23
1.40	150		«		50	450	50
0.27	900	125.	«	37.5	12.5	19	18
1.03	150		«	37.5	37.5	337	118
			«	37.5	37.5	56	78
			«	37.5	75	674	182
			«	37.5	75	112	116
							1 220

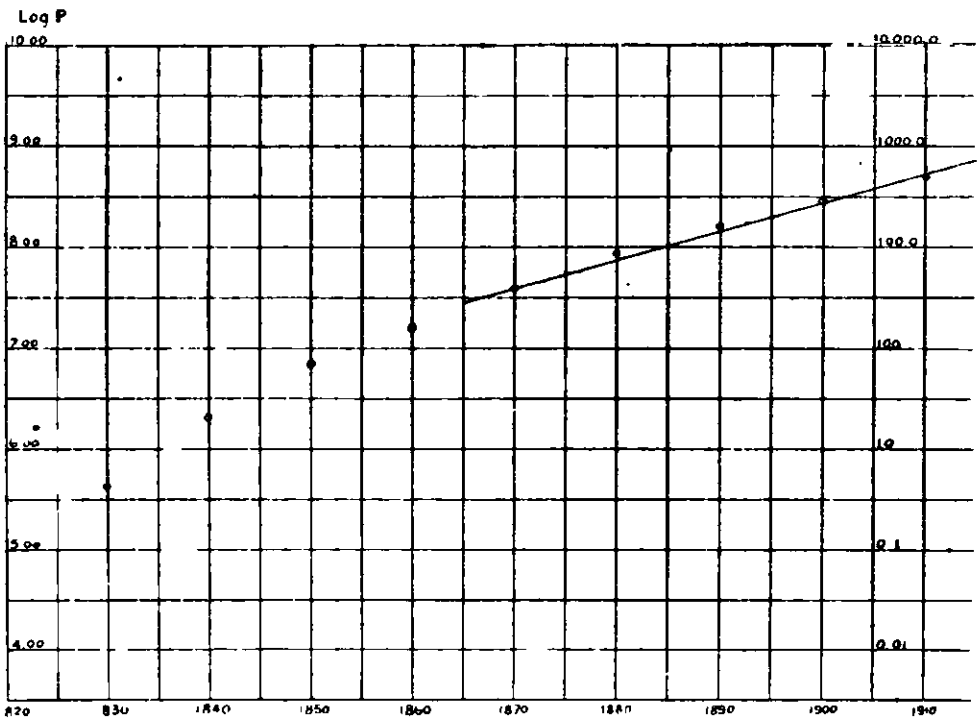
Este total de  $1\,200 \times 10^{15}$  kgmts. corresponde a unos 380 millones de kilowatts año.

Suponiendo un rendimiento de 60 por ciento desde el río hasta los centros de distribución quedan unos 230 millones de kilowatts-año como el máximo posible de energía hidro-eléctrica que podría producirse si durante todo el año todos los ríos, esteros y quebradas, en todo su curso desde su origen hasta el mar fueran aprovechados. Esto equivale a decir que no habría agua en movimiento en ninguna parte del país; sólo habría lagunas conectadas entre sí por cañerías y turbinas que descargarían en la laguna de más abajo. Es evidente que no podemos pretender llegar a un estado semejante.

IV

El máximo posible de la energía hidráulica, o sea 230 millones de kilowatts-año es muy poco mayor que el total de energía que se produce en Estados Unidos actualmente por medio del carbón y es aproximadamente igual al consumo total de energía incluyendo todas las formas de ésta.

Esto será sin duda, una sorpresa para muchos porque es contrario a la idea muy generalizada, de que el agotamiento más o menos próximo de nuestros yacimientos de carbón puede remediarse aprovechando la energía de las corrientes



de agua. Hemos visto que si toda la energía de estas corrientes pudiera aprovecharse, el resultado obtenido sería, aun hoy día, inferior al consumo de energía. La energía hidráulica puede y debe suministrar parte de nuestro consumo pero no podrá nunca reemplazar al carbón. Este es el mejor argumento en favor de los esfuerzos que actualmente se hacen para mejorar los medios de utilizar la energía del carbón.

La única fuente de energía prácticamente ilimitada es la radiación solar. Estimando la radiación solar en 1.4 calorías por minuto por centímetro cuadrado de la superficie terrestre y aceptando que se aproveche solamente un 10 por ciento de esto o sea 0.14 cal. por min. y por cmt. cuad., se obtendría como valor de la

energía irradiada sobre la parte de la América del Norte comprendida entre las latitudes 30 y 50 un total aproximado de 800 000 millones de kilowatts, o sea mil veces más que la energía química total de nuestro actual consumo de carbón y 800 veces más que la energía potencial de toda la lluvia.

Esto es perfectamente razonable si se toma en consideración que la energía total de la lluvia, desde el nivel del suelo al nivel del mar, es sólo una parte muy pequeña de la energía gastada por el sol en levantar la lluvia desde el nivel del mar hasta las nubes y que a su vez esta última es solamente una parte pequeña de la energía total debida a la radiación solar.

Considerando solamente la parte de la superficie ya citada en la tabla III se ha considerado impropia para la agricultura, o sea unos 2.7 millones de kilómetros cuadrados, y suponiendo que en el futuro pudiera llegarse, por medio de aparatos que aun no se han inventado, hasta aprovechar la mitad de la radiación solar sobre dicha superficie, se obtendría unos 130 000 millones de kilowatts. Aun cuando solamente se pudiera obtener la décima parte de lo anterior, o sea 13 000 millones de kilowatts, este resultado sería muchas veces superior a toda la energía del carbón y del agua juntos.