

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PRESAS-FÁBRICAS ⁽¹⁾

III

Las observaciones hechas en la instalación de Chevres se refirieron siempre á desniveles nunca inferiores á 4 metros y como había interés en determinar el mínimo salto por bajo del cual la fuerza viva del eyector es insuficiente para arrastrar el agua de la turbina, se hicieron nuevos experimentos en la instalación de Vessy sobre el Arre, que son los que á continuación se extractan.

La figura 10.^a indica la disposición de los elementos dispo-

medida. Las compuertas extremas ó sea los números 1 y 3 sirvieron de eyectores. Se disponía de los necesarios limnímetros para conocer los distintos desniveles que había que comparar, tanto del salto natural como del que llamamos artificial, ó con recuperación.

Muchas series de ensayos se llevaron á cabo durante las crecidas de estío, ó sea cuando el salto natural apenas llegaba á metro y medio (mientras que en invierno casi era doble), observándose que por bajo de 1,60 m. de salto en los eyectores su acción era ya nula.

El gasto de la turbina no pasó nunca de 1.800 litros por segundo mientras que el de los eyectores llegó á una docena de metros cúbicos. Con una presión de metro y medio, los eyectores fun-

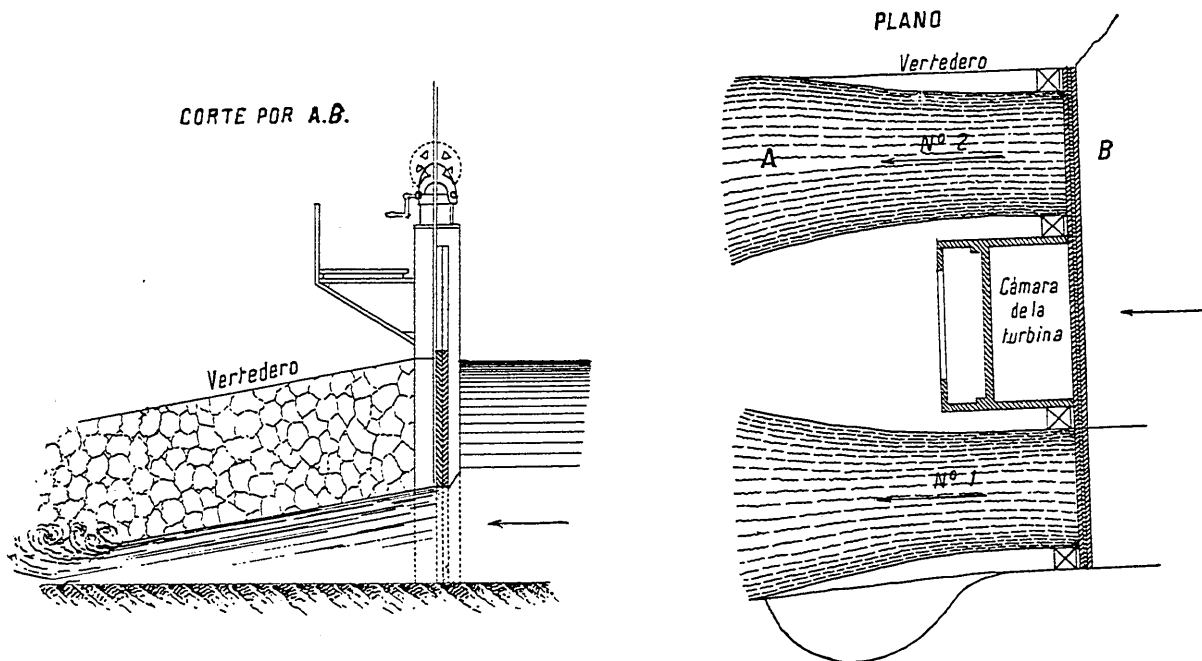


Fig. 10.^a

nibles para los ensayos. Á la compuerta central núm. 2 se le adosó por detrás una cámara de turbina, estableciendo en ella un piso de claraboya que podía obstruirse ó cerrarse á voluntad, dejando pasar un volumen de agua que se aforaba para conocer su

ciónabansin resultado práctico para la recuperación, pero en cuanto el desnivel aumentaba por disminución de la crecida se notaba en seguida su acción acusando el limnímetro de abajo la aparición de la depresión en el nivel de las aguas.

Véanse los resultados obtenidos al final de Agosto de 1905, cuando el Arre estaba en plena crecida. Las dos compuertas ó

(1) Véase el número 1.813.

eyectores que tenían más anchura de 1,65 m. se abrieron primero 1,85 m. de altura, se cerraron después y, por último, se levantaron hasta 1,50 metros. Con el fin de determinar la influencia de la disimetría en el funcionamiento de los eyectores se cerró una de las compuertas, mientras que se siguió levantando la otra hasta 2,35 m. en cuyo momento se colocaron las dos á 2,50 m. para ir descendíéndolas por porciones de 0,25 m. hasta cerrarlas completamente.

La disimetría de los eyectores no se acusó en los resultados, viéndose que si el mayor gasto del uno compensaba la disminución sufrida por el otro, se obtenía una recuperación muy semejante á la conseguida si alguno de ambos se dividiese en partes

iguales. Esto mismo ya se notó en la presa de Chevres; de manera que puede decirse que la igualdad de gastos en los eyectores no es necesaria para el buen funcionamiento del sistema.

El cuadro siguiente reúne los datos y resultados obtenidos. Las dos primeras columnas marcan alturas libres de las compuertas, las tres siguientes las lecturas de los limnímetros, en las 6 y 7 se indican los saltos medidos. El gasto de la turbina, siendo de 1.660 litros por segundo, dió las potencias en el eje de las misma marcadas en las columnas 9 y 10, y de estas cifras se deduce la ganancia ó recuperación que se encuentra en las columnas 8 y 11, mientras que la última contiene el gasto de los eyectores.

Observaciones.	Abertura de las compuertas.		Limnímetros.			Desnivel		Aumento %	Potencia en caballos según los desniveles		Aumento de caballos.	Gastos de los dos semi-eyectores en m³ por segundo.
	Núm. 1.	Núm. 2.	Arriba.	Abajo natural.	Abajo artificial.	natural. — h	artificial. — h'		natural. — D × h	artificial. — D × h		
1	1,85	1 85	2,93	1,18	0,52	1,75	2,41	37,7	29	40	11	10,2
2	0,30	0,32	3,00	1,17	1,12	1,83	1,88	2,7	30	31	1	1,6
3	0,60	0,60	2,99	1,17	0,98	1,82	2,01	10,4	30	33	3	3,1
4	1,00	1,00	2,95	1,17	0,93	1,78	2,02	13,5	29	33	4	5,2
5	1,20	1,20	2,93	1,16	0,89	1,77	2,04	15,2	29	33	4	6,3
6	1,50	1,50	2,93	1,16	0,80	1,77	2 13	20,3	29	35	6	7,9
7	0,60	2,35	2,89	1,15	0,72	1,74	2,17	24,7	28	36	8	7,7
8	0,60	2,35	2,92	1,14	0,57	1,78	2,35	32,0	29	39	10	7,7
9	2,05	2,35	2,83	1,14	0,65	1,74	2,23	28,2	28	37	9	11,5
10	2,05	2,05	2,88	1,13	0,60	1,75	2,28	30,2	28	38	10	10,6
11	1,75	1,75	2,85	1,13	0,60	1,72	2,25	30,8	28	37	9	9,1
12	1,50	1,50	2,87	1,12	0,72	1,75	2,15	23,0	28	35	7	7,7
13	1,25	1,25	2,90	1,12	0,76	1,78	2,14	20,2	29	35	6	6,4
14	1,00	1,00	2,92	1,11	0,84	1,81	2,08	14,9	30	34	4	5,1
15	0,75	0,75	2,92	1,10	0,84	1,82	2,08	14,2	30	34	4	3,8
16	0,50	0,50	2,91	1,10	0,90	1,85	2,05	10,8	30	33	3	2,5
17	—	—	2,98	1,08	1,08	1,90	1.90	—	31	31	—	—

Como se ve, se trataba de una turbina de 30 caballos cuya potencia se llevaba hasta 40 al colocarla entre los dos eyectores. Con este ensayo se confirma la experiencia adquirida en Chevres, en lo que se refiere á la proporción de salto recuperado.

Á fin de hacer más visibles los resultados, se formó el gráfico representado en la figura 11.^a, en el que se reconocen los niveles superior, inferior natural é inferior artificial. La línea quebrada de abajo corresponde á las variaciones de la depresión que producen los eyectores. La abertura de éstos se representa por los filetes rayados verticales de la parte inferior de la figura y pueden medirse según la escala de la derecha. Puede comprobarse que la desigual de abertura de las compuertas ó eyectores no produce variaciones apreciables en el nivel artificial inferior.

Según los anteriores datos resulta que hay recuperación desde que el salto natural tiene 1,70 ó 1,80 metros, llegando pronto á ser aquélla de un 30 por 100 para un conveniente gasto en los eyectores, que bastó fuese de cinco veces el de la turbina.

En Chevres los desniveles variaron entre 4,50 m. y 8 m., siendo manifiesta la recuperación, y como en Vessy se ha encontrado ya para 1,80 m., es presumible que subsista entre 1,80 m. y 4,50 m., sin perjuicio de que se hagan nuevos ensayos cuando se disponga de uno ó varios saltos de estas alturas.

El principal papel en la recuperación corresponde á los eyectores, por lo que es muy importante tomar toda clase de cuidados y precauciones al establecer estos órganos hidráulicos á fin de asegurar su más perfecto funcionamiento.

La presa-fábrica, en la que las turbinas alternen con los eyectores, deberá construirse á través del río y de tal manera que se tenga agua abajo una corriente rectilínea en la mayor longitud posible. Todo obstáculo que se halle aguas abajo de la presa estorba tanto más cuanto más cerca de ésta se halle, por

lo que es indispensable que el zampeado de las compuertas-eyectores, y el lecho mismo de la corriente, no presenten resalto alguno en una gran distancia. La forma misma de los canales de los eyectores tiene influencia sobre el vigor y efecto útil de las venas líquidas, debiendo el constructor dar á estos canales, en cuanto posible sea, el perfil de una vena natural, pues de no tener esto presente se provocarán corrientes secundarias laterales que perjudican el resultado.

El equilibrio dinámico de la vena debe respetarse cuanto sea posible y hasta conviene determinar qué forma de vena sea la que mayor efecto produzca, razón por la que sería preferible dar al borde inferior de la compuerta un perfil curvilíneo con preferencia al rectilíneo. Sin embargo, ante las recuperaciones conseguidas hasta el presente, no parece que este último punto sea de gran importancia. Las compuertas pueden situarse tanto arriba como abajo del canal, dependiendo sólo de la altura del salto y de la distancia de la contracción de la vena, pues por regla general esta contracción debe corresponder á la salida de la turbina.

Como es imposible citar todas las consecuencias que se han deducido de los estudios experimentales llevados á cabo, M. Bernoud aplica á dos ejemplos el principio de la recuperación con el fin de aclarar conceptos.

Supone primeramente un río caracterizado por los datos siguientes: 4 metros de salto de estiaje con un gasto de 30.000 litros por segundo y 2,40 metros de desnivel en altas aguas con un volumen de 250 metros cúbicos.

Los datos experimentales autorizan á suponer una recuperación de 25 por 100 cuando el nivel artificial inferior haya descendido 0,60 m. y en el caso de que el eyector deje salir suficiente caudal y los demás elementos se estima que corresponden á las cifras del cuadro siguiente:

ESTADO DEL RÍO	Salto. — Metros	GASTOS			Potencia natural. — Caballos.	RECUPERACIÓN		Potencia total. — Caballos.
		Río —	Turbina. —	Eyector. —		0/0	En caballos.	
		M ³ por s.	M ³ por s.	M ³ por s.				
Natural....	4,00	30	30	0	1.200	0	0	1.200
Crecido	2,40	250	40	210	960	25	240	1.200

La instalación debería hacerse como indica la figura 12.^a, ó sea, dos turbinas laterales separadas por un canal de 8 metros de ancho en donde se coloca el eyector. El gasto mínimo de 30.000 litros se reparte por igual entre las dos turbinas, dando cada una 600 caballos, mientras que el eyector se halle cerrado.

En el momento de las altas aguas se abren los reguladores y se lleva el gasto de las turbinas á 40.000 litros, y como el salto

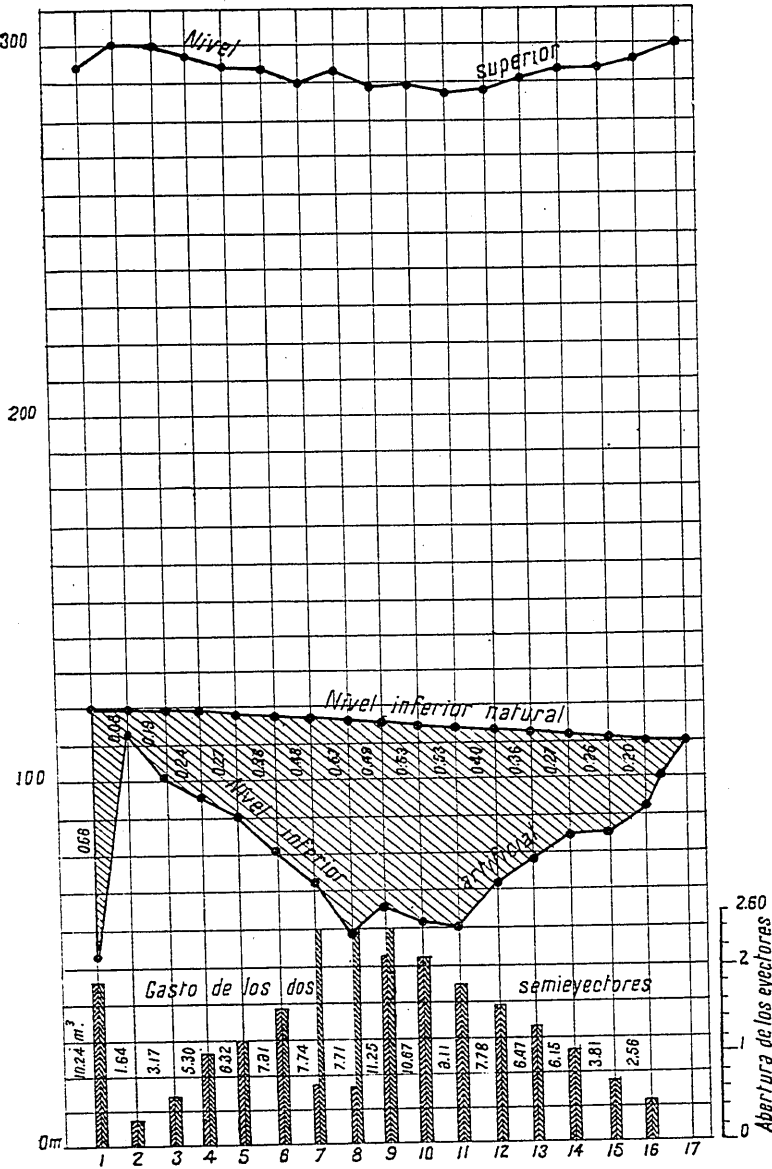


Fig. 11.ª

natural es de 2,40 m. la potencia se reduce á 960 caballos, lo que supone una pérdida de 240 caballos. Pero abriendo la compuerta central (indispensable á causa de la crecida) empieza á funcionar el eyector y cuando deja pasar el suficiente volumen de agua el salto artificial aparece, con la recuperación del 25 por 100 supuesto antes, lo que produce un aumento de 240 caballos, precisamente los que faltaban para conservar á la instalación los 1.200 caballos necesarios para su buen funcionamiento.

Entre los límites indicados, el salto y el caudal pueden va-

riar de un día á otro, pero se conseguirá siempre la recuperación maniobrando convenientemente la compuerta del eyector.

El segundo ejemplo es más importante. Sea un río en el que el caudal de invierno es de 150 m³ y el salto de 8 metros, pero las crecidas reducen éste á 5 metros cuando el volumen llega á 900 m³ por segundo.

Supóngase que puede construirse una instalación de 125 m. de anchura, atravesando la corriente como indica la figura 13.^a, en la que se establecen cuatro canales eyectores y en los inter-

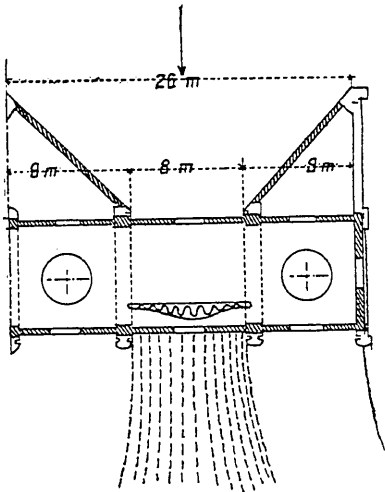


Fig. 12.ª

medios grupos de 2 ó 3 turbinas, más una de éstas en cada extremo. Sean 6 turbinas con actividad y 3 de reserva.

En aguas ordinarias se cierran las compuertas y todo el caudal pasa por las turbinas, de modo que gastará cada una un volumen de 25 m³, siendo la potencia total de la instalación de caballos 12.000. En tiempo de crecidas se abren los eyectores, y puede suponerse que las dos turbinas centrales consumen 30 m³ y las otras cuatro 35 m³, gastos que, si bien son algo exagerados, se admiten para llegar hasta el extremo en la aplicación del principio de recuperación.

Como el salto es sólo de 5 m., la potencia es de 10.000 caballos sin recuperación, suponiendo que la disminución de la potencia es proporcional á la del desnivel, aunque sabido es que el rendimiento de una instalación hidroeléctrica decrece más rápidamente que el salto. Pero en este caso cabe lanzar 150 m³ por las compuertas laterales y 200 m³ por las centrales; pues, como ya se ha visto, la desigualdad de los eyectores no tiene influencia, y dada la relación de volúmenes entre los eyectores y las turbinas puede suponerse en un 20 por 100 la recuperación para las turbinas I, II, V y VI, y solo 10 por 100 para las centrales III y IV. En Chevres con eyectores distantes 42 m. y gasto de turbinas de más de 60 m³ (en conjunto), se obtuvieron recuperaciones del más del 10 por 100.

Así, pues, la recuperación total de la instalación será de caballos 1.700, de modo que sólo faltarán 300 caballos para obtener la potencia de 12.000 caballos antes deducida.

En el siguiente cuadro se reúnen todos los datos y resultados del supuesto:

ESTADO DEL RÍO	Salto. —	GASTOS			Potencia natural. — Caballos.	RECUPERACIÓN		Potencia total. — Caballos.
		Río. —	Turbina. —	Eyector. —		0/0	En caballos.	
	Metros.	M ³ por s.	M ³ por s.	M ³ por s.				
	Natural.....	8	150	150	0	12.000	0	0
Crecido.....	5	900	200	700	10.000	10-20	1.700	11.700

Entre los dos límites de aguas normales y crecida, el mejor rendimiento dependerá de la inteligente maniobra de las compuertas. Podrá alimentarse dos eyectores tan sólo, recuperar por un solo lado de la presa ó equilibrar los gastos de todas las compuertas; todo dependerá del régimen fluvial y práctica de la operación.

En estos dos ejemplos reducidos ó sus ejes, sólo se ha tratado del punto especial de la recuperación.

En las figuras 12.^a y 13.^a se ha representado la disposición

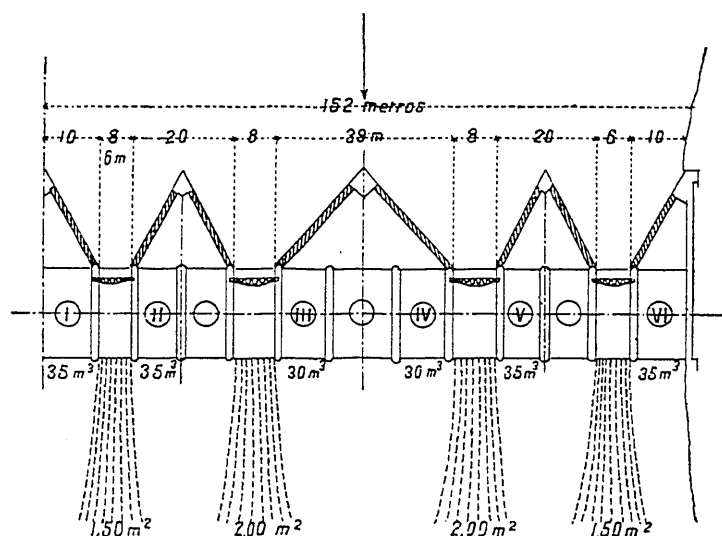


Fig. 13.^a

en tajamar de las rejas de defensa, para contribuir á que no se detengan las materias flotantes.

Como resumen, sólo cabe insistir en que la recuperación se funda en un fenómeno hidráulico natural, por el que puede obtenerse la integral potencia de una corriente de aguas, asegurando la fijeza del rendimiento de un aprovechamiento sin instalaciones auxiliares, es decir, que realiza la mejor concepción técnica.

J. JIMENO LASSALA.

EL PROGRESO DE LA INDUSTRIA DE LA CALEFACCION Y DE LA VENTILACION

El *Oesterr. Wocheus* del 10 de Marzo da cuenta del Congreso de constructores de aparatos de calefacción y de ventilación celebrado en Hamburgo en Julio de 1905.

Muchas comunicaciones han sido leídas por sus autores. La primera, la del profesor Ritschell, de Berlín, que trata desde el punto de vista técnico puramente, de la calefacción y de la ventilación de las habitaciones.

M. Niess, de Hamburgo, ha examinado los medios de que dispone la industria para llegar á la supresión de los humos negros de los hogares de calefacción y para aumentar su rendimiento calorífico, principalmente en el caso de los caloríferos de agua caliente ó de vapor, manifestando que, en estos aparatos, más aún que en los hogares industriales, la combustión imperfecta, que determina la producción de hollín y de humos, tiende á reducir considerablemente el rendimiento, por lo que es muy conveniente el empleo de disposiciones fumívoras.

M. Brabbée, Ingeniero de Viena, ha tomado como asunto de sus estudios el rozamiento del aire contra las paredes en las conducciones de gran longitud, tales como las que sirven para la ventilación de las galerías de avance en los túneles. Presenta con tal motivo una serie de notas recogidas durante la construcción de muchos túneles importantes, entre ellos el del Simplón. De este estudio resulta, que las fórmulas generalmente ad-

mitidas para calcular las pérdidas de agua en aquellos conductos dan estos casos particulares resultados erróneos, y que en los túneles de una longitud superior á un cierto límite, se llega á pérdidas de carga debidas á los rozamientos y á las fugas que forzosamente han de tener lugar á lo largo de los conductos, tales que, la llegada á las galerías de suficiente aire, viene prácticamente imposible por los medios ordinarios. El solo procedimiento que permite ventilar el lugar de los trabajos de avance, en este caso, consiste, según el autor, en practicar dos galerías paralelas y aisladas, que sirva una de ellas de conducto de aireación y la otra como conducto de vuelta, tal y como se ha practicado en el túnel del Simplón.

M. H. Pfutzner se ocupa más especialmente de los procedimientos de ventilación empleados en los teatros. Uno de ellos consiste en enviar aire bajo presión en la parte inferior de la sala y establecer un tiro ascendente. Otro procedimiento consiste, por el contrario, en aspirar por la parte inferior el aire, que atraviesa la sala de arriba abajo.

Examina las ventajas y los inconvenientes de estos dos procedimientos desde el punto de vista del bienestar de los espectadores, y de los peligros que pueden correrse en caso de incendio, y concluye por considerar más conveniente el primero, pues ofrece menos peligro á la producción de corrientes de aire y retarda la propagación de las llamas y del humo cuando el incendio se produce en la escena como es el caso más corriente.

M. Recknagel describe numerosas instalaciones modernas de baños, que ha tenido ocasión de visitar, é insiste sobre la necesidad, para sus propietarios, de atraer bañistas disponiendo las piscinas de natación con disposiciones mecánicas para producir olas.—O.

EL HIERRO EN LA ANTIGÜEDAD

M. Bennett H. Brough ha dado una conferencia en el West of Scotland Iron and Steel Institute, sobre el asunto que sirve de epigrafe á estas líneas, y de la que damos un resumen, según el *Iron and Coal Trades Review*.

La fecha del descubrimiento del hierro ha sido objeto de muchas discusiones, y se cree, generalmente, que el hierro empleado primitivamente por el hombre era de origen meteórico. M. Otto Vogel ha encontrado en pasajes de las primeras poesías la indicación de este hecho, y Sir Henry Bessemer, en 1895, ha citado testimonios según los cuales se sirvieron en la construcción de las pirámides de un metal compuesto de hierro y níquel de origen meteórico. Á pesar de esto se permite emitir algunas dudas sobre tal punto.

También se ha discutido mucho sobre la época en que el hierro se empezó á usar en Egipto. Algunos pretenden que no se empezó á utilizar hasta 600 años antes de la Era cristiana, y sin tener en cuenta hechos evidentes, pretenden que anteriormente á la época que ellos citan no se emplearon más que útiles de piedra, de cobre y de bronce, y que estos útiles fueron los que se emplearon en la erección de las pirámides. Estos monumentos, que se colocan entre las maravillas del mundo, fueron edificadas 3.000 años antes de Jesucristo.

Es incontestable que el hierro fué conocido de los egipcios, aun en una época muy remota, lo que no debe extrañar teniendo en cuenta los conocimientos en metalurgia de este pueblo, el hecho de que el trabajo del granito y del pórfido se concibe difícilmente sin el empleo de herramientas de acero, y que las tumbas, las más antiguas, tienen inscripciones en donde se hace mención del hierro. Por último, el profesor Banermann ha encontrado en el alto Egipto yacimientos de mineral de hierro con manganeso, que tienen marcas evidentes de una explotación muy antigua.