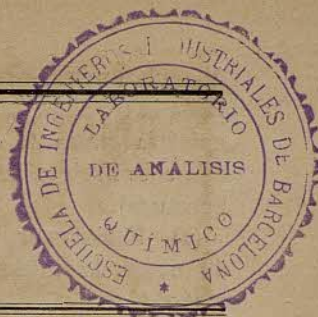


# TÉCNICA

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL



AÑO XLII

ENERO 1919

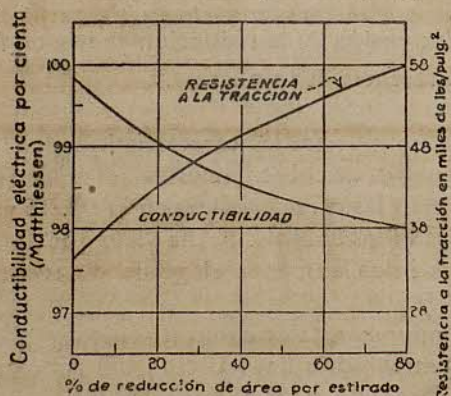
NÚM. 13

## PROPIEDADES FÍSICAS DEL COBRE Y FACTORES QUE LAS MODIFICAN

por PAUL D. MERICA (División de Metalurgia, U. S. Bureau Standards)

(CONTINUACIÓN)

Figura 15. — Efecto que sobre el cobre puro produce el trabajo en frío respecto a su resistencia a la tracción y conductibilidad eléctrica (Addicks, 184)



La resistencia a la tracción y la conductibilidad eléctrica por ciento se calcula como una función del % de reducción (área). Los alambres ensayados se estiraron hasta el calibre n.º 12 Brown y Sharpe de varillas de cobre recocido de diferentes diámetros.

### III

#### PROPIEDADES FÍSICAS A DIVERSAS TEMPERATURAS

##### 1. CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA

Northrup (54), ha determinado la resistividad de una muestra de cobre muy conductor entre 20° y 1450° c., y los resultados están expresados en el gráfico (fig. 17).

Dewar y Fleming (161) han determinado la resistencia del cobre a bajas temperaturas, medidas con resistencia de platino, y valiéndose de un cobre electrolítico, estirado en alambres sin fundir ni calentar, y después recocido dentro de hidrógeno. Han obtenido los siguientes resultados:

Temperatura en grados centígrados calculada por Dikson (162)	Temperatura de la escala de resistencia de platino	Resistencia del cobre en ohmios por metro y milímetro cuadrado
201.7	.....	0.029269
0.55	.....	0.015639
— 39.4	.....	0.012975
— 81.9	— 78	0.010243
— 197.1	.....	0.002887
— 206	— 223.2	0.001436

##### 2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas que se han ensayado a temperatura elevada son principalmente las que se refieren a la tracción. Estas determinaciones son complicadas por diversas circunstancias; los resultados dependen de la velocidad con que se aplica el esfuerzo y de la atmósfera donde se hacen los ensayos. No es sorprendente, pues, hallar una variación considerable en los resultados de diferentes observadores. La fig. 18 da una idea de la magnitud de estos resultados, y en ella la resistencia a la tracción y el alargamiento en dos pulgadas se ponen en función de la temperatura a que se lleva el ensayo.

Bengough y Hanson (152), llegan a las siguientes conclusiones:

(1) «La naturaleza de la atmósfera tiene una in-



fluencia importante sobre los resultados de los ensayos a la tracción a temperaturas elevadas. Una atmósfera oxidante da mayor ductilidad (al menos con cobre seleccionado del mejor, B. S., a alta temperatura).

(2) Está confirmada la existencia de una región de menos ductilidad por alrededor de entre los 250° y 450° C.

(3) El oxígeno y arsénico rebajan la resistencia y aumentan la ductilidad a temperatura elevada.»

Esta última conclusión no está, sin embargo, de acuerdo con el hecho bien conocido de que el cobre arsenical se hace dulce por recocido a más alta temperatura que el cobre puro. Pero es el punto de deformación y no el de rotura el que determina la última característica.

Huntington (156, 157), ha hecho ensayos de es-

fuerzos alternativos sobre el cobre a 500° C. y encontró que el número de alternancias para conseguir la rotura disminuye mucho al aumentar la temperatura, lo mismo que la resistencia a la tracción.

Guillet y Bernard (153), han efectuado pruebas de percusión hasta los 1000°, y encuentran una disminución lineal del trabajo específico de percusión necesario para doblar las muestras (ninguna de las muestras ensayadas se ha roto).

#### TRATAMIENTO TÉRMICO DEL COBRE; EFECTOS SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICAS

El cobre que ha sido trabajado en frío se reblandece al recocerlo, y disminuye su resistencia a la tracción pero aumenta su ductilidad. La temperatura a que este reblandecimiento se efectúa con más rapidez está comprendida entre 200° y 325° C. en el cobre puro, reducido 66 % por ciento (186, 197), pero está señaladamente afectada por dos factores:

- (1) Extensión de la reducción previa en frío.
- (2) Presencia de impurezas.

La fig. 19 muestra las características del recocido de tres grados de cobre comercial, el mismo del cual se han dado las características en la fig. 16 y del que hemos dado los análisis. Se ha visto que la presencia de arsénico aumenta el grado de recocido del cobre.

Las impurezas, tales como arsénico y plata, elevan la temperatura del recocido del cobre endurecido, mientras que el oxígeno la disminuye, como puede verse en las curvas de la fig. 20.

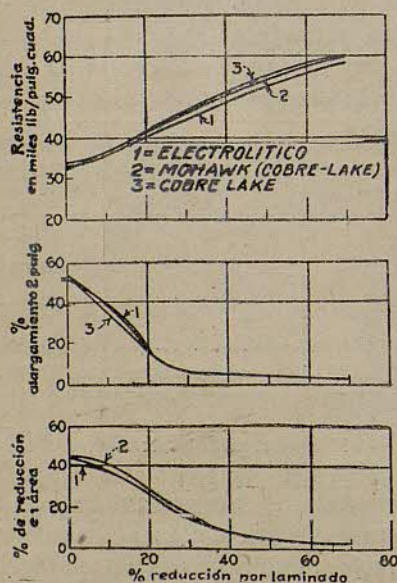
La temperatura de reblandecimiento del cobre es más baja cuanto mayor fué su previa reducción en frío. Así se ve en los gráficos de la fig. 21.

Badwell ha estudiado el efecto del recocido en el aumento de la ductibilidad del hilo del cobre muy estirado. La fig. 22 da las curvas obtenidas.

Un rápido enfriamiento después del recocido o laminado no altera las propiedades del cobre, al revés de lo que pasa en el acero y ciertas aleaciones de cobre. Se cree, generalmente, que templando en agua el cobre después de calentado se obtiene un metal más blando que si se deja enfriar lentamente; no obstante, hay pruebas en favor y en contra de esta suposición.

Martens (140), halla que dos barras de cobre trabajado en frío y recocido, de las cuales una (a), se

Figura 16. — Efecto sobre las propiedades mecánicas del cobre (tracción) de su trabajo en frío (Matthewson y Thalheimer, 191)



En estos gráficos están calculados la resistencia a la tracción, el alargamiento en dos pulgadas y la reducción del área para cintas de cobre laminadas a diferentes calibres de una cinta recocida de 0'128 pulgadas de grueso como funciones de % de reducción de área.

	% oxígeno	% arsénico	% plata
Curva 1. <sup>a</sup> : Cobre electrolítico. . . . .	0'071	0'000	0'0005
Curva 2. <sup>a</sup> : Cobre Mohawk (Lake). . . . .	0'052	0'096	0'069
Curva 3. <sup>a</sup> : Cobre del range (Lake). . . . . (cobre arsenical)	0'055	0'296	0'052



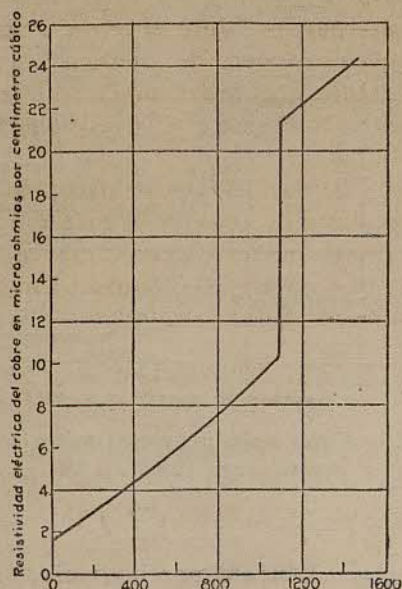


Figura 17. — Resistividad eléctrica del cobre a temperaturas elevadas (54)

templaba, y la otra (b), se dejaba enfriar poco a poco, poseían las propiedades siguientes:

	Resistencia a la tracción		Alargamiento por ciento en 10 cm.	Reducción de área por ciento
	lb. pul. cuad.	Kg. / mm <sup>2</sup>		
(a)	30900	21'7	47'1	57
(b)	30800	21'6	51'8	60

Johnson (261), también encontró que su muestra EE., tabla IX, que fué primero laminada en caliente y después se dejó enfriar poco a poco, tenía más ductilidad que dos ejemplares de composición análoga que se sometieron al temple.

#### IMPUREZAS DEL COBRE; EFECTO SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICAS

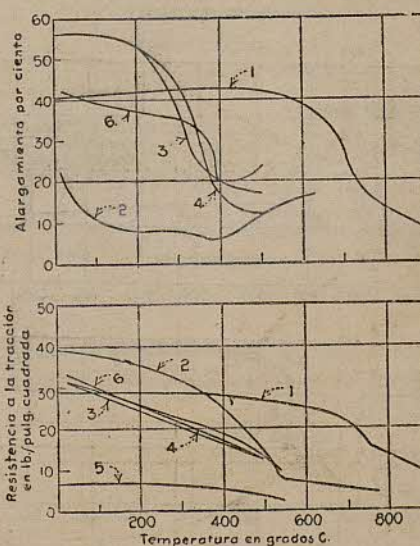
La presencia en el cobre de impurezas afecta de un modo muy variable a sus propiedades físicas; y de éstas las más influenciadas son la conductibilidad eléctrica y probablemente también la calorífica y las propiedades mecánicas, especialmente la ductilidad a temperatura elevada. También la presencia de impurezas modifica los puntos de fusión y ebullición, como muestran los diagramas de estos elementos con el cobre. Se ha observado que la presencia de pequeñas cantidades de hierro modifica mucho la susceptibilidad magnética; pero en la cantidad tan baja en que se halla en el mejor cobre comercial tiene, aunque alguna, pequeña influencia.

El calor específico es una propiedad aditiva. Fuera de los datos mencionados no hay otros de valor en lo que se refiere a la influencia de las impurezas sobre las propiedades del cobre.

#### I. CONDUCTIBILIDAD ELÉCTRICA

Addicks (243), ha investigado de un modo sistemático la influencia de las impurezas sobre la conductibilidad eléctrica del cobre. Ha empleado un hilo de alta conductibilidad (99'5 a 101 por ciento) para preparar las aleaciones; este hilo se fundía en atmósfera reductora, recubierto de carbón, con la impureza añadida. El lingote se colaba sobre un molde de hierro caliente, se estampaba y estiraba en frío al calibre n.º 12 Brown y Sharpe. Todos los hilos se recocían pasando a su través 110 amperios, y se ensayaban. La figura 23 da un resumen de los

Figura 18. — Efecto de las temperaturas elevadas sobre las propiedades mecánicas del cobre



Las curvas 1 y 2 (152) son para cobre electrolítico recocido (oxígeno 0'08 %, arsénico 0'003 %, hierro, trazas) y para cobre arsenical laminado (oxígeno 0'13 %, arsénico 0'13 %, hierro 0'02 %, plomo 0'10 %, estaño 0'08 %) respectivamente. La primera se ensayó en el aire, la segunda en el CO<sub>2</sub>; en una y otra prueba se cargó a la velocidad de 1120 lb./pulg. cuad. por minuto.

Las curvas 3 y 4 (156, 157) son para cobre electrolítico recocido (arsénico, antimonio, selenio, telurio menos de 0'05 %; bismuto 0'0005 %) y para cobre arsenical (arsénico 1'2 %) respectivamente, ensayados en el aire. La curva 5 da el límite elástico para el cobre electrolítico. La velocidad de carga no es dada ni constante.

La curva 6 se refiere al cobre «puro» (159).

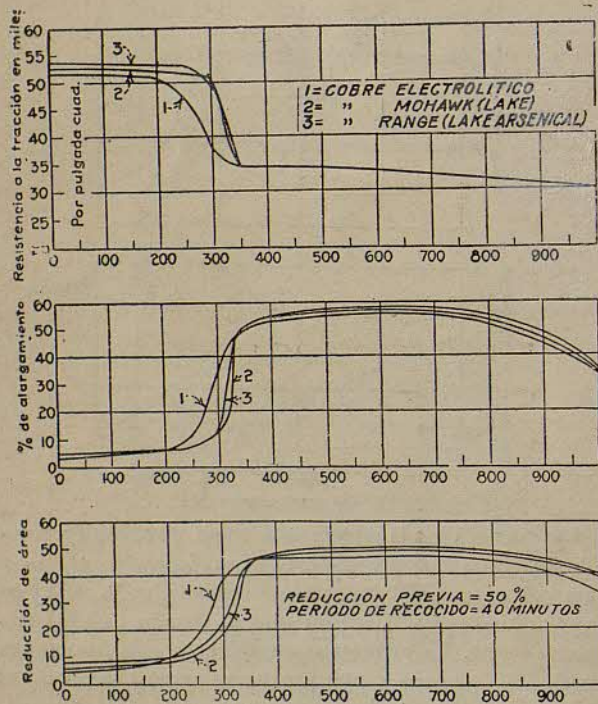


resultados de estos ensayos; y se ve que todas las impurezas rebajan la conductibilidad, y más particularmente el fósforo, arsénico y aluminio.

## 2. PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE TRABAJO

Se han practicado muchas investigaciones para averiguar el efecto de las impurezas del cobre sobre sus propiedades mecánicas, de las cuales no todas se han conducido con un completo reconocimiento de los factores que más deben considerarse en el trabajo del cobre. El efecto de una impureza sobre cobre completamente puro no interesa en la práctica, pues tales impurezas deben considerarse siempre junto con otras impurezas usuales, principalmente el oxígeno. Es indudable que el efecto, especialmente del plomo, antimonio y bismuto, está

Figura 19.—Efectos del recocido sobre las propiedades mecánicas (ensayos a la tracción) de las variedades de cobre comercial (191)



	Oxígeno	Arsénico + antimonio	Plata
Curva 1.—Cobre electrolítico. . .	0'071	0'000	0'0005
» 2.— » Mohaw (Lake). . .	0'052	0'096	0'069
» 3.— » range (Lake ars). . .	0'055	0'296	0'052

Reducción previa, 50 %.

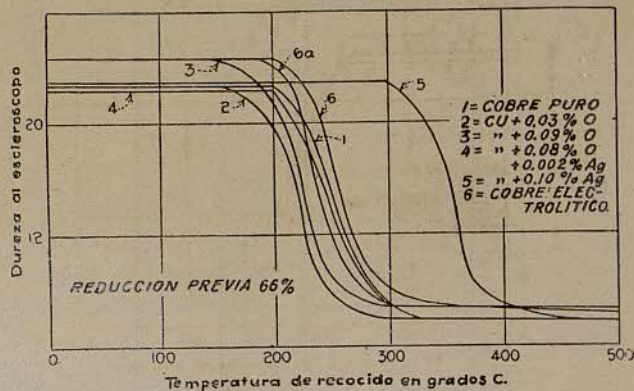


Figura 20.—Efecto de las impurezas sobre las propiedades del cobre recocido (186)

alterado marcadamente por las variaciones en la presencia de oxígeno, arsénico y otros elementos.

Para estudiar el efecto de los elementos uno por uno, es preciso conocer los diagramas de equilibrio de las ligas binarias de estos elementos con el cobre. Se dan referencias de ello en la bibliografía.

Las impurezas a considerar se pueden clasificar en dos grupos: las que se disuelven en cantidad moderada en el cobre, formando una disolución sólida (manganeso, níquel, cinc, estaño, aluminio, etc.), y las que son muy poco solubles en el cobre (bismuto, plomo, etc.). Se ha visto, en general, que las de la primera clase endurecen el cobre, disminuyen su ductilidad, y en cambio aumentan su tenacidad y mejoran el laminado y propiedades de trabajo; mientras las impurezas de la segunda clase no endurecen el cobre, pero disminuyen la ductilidad y tenacidad y son muy perjudiciales para su trabajo en caliente. La causa de esto último se halla en que las impurezas se encuentran en forma de partículas o películas separadas, de bajo punto de fusión (300° a 500° C.). La acción del arsénico y oxígeno es más compleja.

## ALUMINIO

El equilibrio de las aleaciones de cobre y aluminio ha sido estudiado por Carpenter y Edwards (196), Curry (197), y Gwyer (198). El cobre admite hasta aproximadamente un 9 % de aluminio en disolución sólida.

Algunos resultados de Johnson (261), tabla IX, señalan el efecto de este metal en las propiedades del cobre.



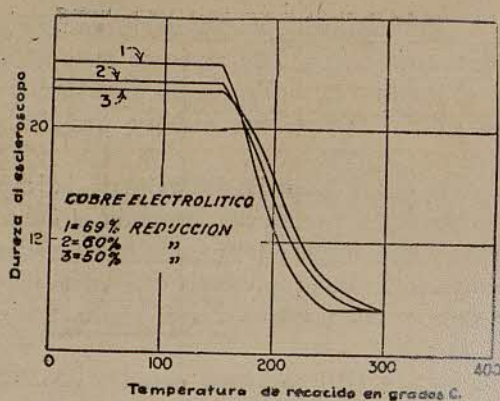


Figura 21. — Efecto de la extensión de la reducción previa sobre la temperatura a que se recuece el cobre (186)

### ANTIMONIO

Hiorns (200), y Baikoff (199), han estudiado la constitución de las ligas cobre-antimonio. El cobre admite en disolución sólida de 2 a 3 % de antimonio en forma de  $Cu_3Sb$ .

Johnson (259), ha estudiado el efecto del antimonio sobre las propiedades mecánicas y de trabajo del cobre dúctil (*tough-pitch*). Saca de sus resultados las siguientes conclusiones, que están resumidas en la tabla V :

«(1) Hasta 0'5 % de antimonio no tiene influencia perjudicial sobre el forjado en caliente del cobre dúctil libre de otras impurezas. Hasta es posible forjar cobre con 1 % de antimonio si contiene suficiente cantidad de oxígeno.

«(2) En el cobre que ha sido demasiado perchado, el antimonio tiende a mitigar el fenómeno del galleado durante la solidificación.

«(3) El cobre arsenical dúctil (0'4 % de arsénico), se endurece ligeramente después de laminado en caliente con la presencia de antimonio (0'2 %), y además mejoran algo sus propiedades mecánicas.

«(4) Las propiedades mecánicas del cobre puro dúctil, después del laminado en caliente, son, aunque poco, modificadas por pequeñas adiciones de antimonio. La resistencia a la tracción aumenta ligeramente (5 %) y el alargamiento baja (10 %). Al pequeño aumento en la tenacidad acompaña una mayor sonoridad del lingote.

«(5) En cuanto a la estructura, el antimonio en el cobre dúctil se halla en las formas :

» a) en disolución sólida (como  $Cu_3Sb$ ).

» b) en forma insoluble combinado con el oxígeno (óxidos apizarrados).

» El oxígeno en exceso está en forma de  $Cu_2O$ . Y éste, junto con los óxidos de antimonio, forma con la solución sólida un eutéctico ternario.»

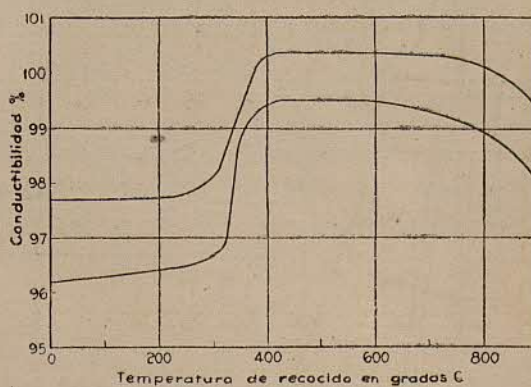
TABLA V. — INFLUENCIA DEL ANTIMONIO SOBRE EL COBRE DÚCTIL. Johnson (259)

Probetas tomadas de varillas laminadas al rojo (900° c.) a partir de lingotes cuadrados de 1 1/4 pulgadas; varillas laminadas en seis pasos a 11/16 pulgadas, terminadas al rojo oscuro, recocidas al rojo blanco, templadas en agua salada, laminadas en frío a 5/8 pulgadas, y rectificadas estirándolas una vez a través de una hilera. Todos los lingotes eran dúctiles, con superficie uniforme; todos se laminaron perfectamente. El cobre usado era electrolítico del más puro. (Vivian & Sons, Swansea).

N.º del lingote	Composición química			Varillas laminadas			Varillas recocidas		
	Oxígeno %	Arsénico %	Antimonio %	Resistencia a la tracción lb. pulg. cuadrada	Alargamiento % en 3 pulgadas	Prueba de Arnold. N.º de alternancias para la ruptura	Resistencia a la tracción lb. pulg. cuadrada	Alargamiento % en 3 pulgadas	Prueba de Arnold. N.º de alternancias para la ruptura
RR	0.05	...	...	44,0400	14.7	118	32 200	51.3	244
A 3	0.058	...	0.2	43,700	13.0	136	31.900	43.3	210
A 2	0.054	...	0.29	43,600	16.7	116	33.500	46.0	268
AA 2	0.063	...	0.3	43,800	13.0	118	32.800	48.3	258
AA 1	0.33	...	0.49	45,500	6.0	49	34.000	44.7	138
A	0.065	0.36	0.2	45,200	15.3	119	33.500	46.7	258

Todos los lingotes dados en la tabla se laminaron bien en caliente; el lingote A1, con 0'5 % de anti-

Figura 22. — Efecto del recocido sobre la conductibilidad eléctrica del cobre endurecido por estirado (185)



	% oxígeno	% arsénico + antimonio	% cobre + plata
Material 1. . . . .	0'070	0'0038	99'92
» 2. . . . .	0'046	0'0038	99'945

No se ha dado la reducción previa.



monio, y 0'02 % de oxígeno (reperchado), era rojo claro y se separaba de los cilindros al tercer paso; muestras de barras de  $\frac{5}{8}$  de pulgada se laminaron en frío después de recocado en fleques de grueso  $\frac{1}{8}$  de pulgada. Las barras RR, A, A2 y AA2 no se agrietaron; la AA1 se agrietó al alcanzar el grueso de  $\frac{3}{16}$  de pulgada.

En esta memoria hay mayores informaciones y discusión de este asunto, que podrá interesar a quienes convenga mayores detalles.

Los primeros investigadores sobre este asunto fueron Hampe (253), Hiorns (256), Greaves (252), T. Johnson (264), Lewis (269), Archbutt (244). Hampe encontró que el cobre con 0'53 % de antimonio puede estirarse en hilos, y con 1 % de antimonio es rojo claro. Hiorne que al añadir antimonio (0'2 %) al cobre que contenía plomo (0'2 %) disminuía la fragilidad comunicada por el último.

Baucke (246) ha determinado la influencia del antimonio sobre la tenacidad del cobre (trabajo de percusión específico necesario para la rotura); véase tabla IX.

#### ARSÉNICO

La constitución de las ligas cobre arsénico ha sido estudiada por Friedrichs (201) y por Bengough y Hill (202).

Se forma el compuesto  $\text{Cu}_3\text{As}$  que es algo soluble en el cobre sólido; su límite exacto de solubilidad

no se ha determinado, y está comprendido probablemente entre 1 y 3 % de arsénico (esto es, que el cobre contendrá esta proporción de arsénico en solución sólida homogénea, aunque disuelto en su masa como  $\text{Cu}_3\text{As}$ ).

Es el arsénico después del oxígeno la impureza más importante que pueda contener el cobre. Lewis (268) y Bengough y Hill (247), han estudiado su influencia sobre las propiedades mecánicas del cobre laminado; y sus resultados van resumidos en las tablas VI y VII.

Bengough y Hill resumen con las conclusiones siguientes sus ensayos mecánicos:

- «(1) Pequeñas cantidades de arsénico aumentan su resistencia sin afectar su ductilidad.
- »(2) Aumenta su resistencia reduciendo los gases a temperatura elevada.
- »(3) Las aleaciones con bajo tanto por ciento de arsénico no suelen ser homogéneas, pero lo son con mayor cantidad de arsénico.
- »(4) El tratamiento térmico en atmósfera oxidante ordinaria (por tres horas o menos) hasta cerca de la fusión no afecta seriamente las propiedades de estas ligas. El único resultado del recocado es hacer las barras más homogéneas y bajar el límite de elasticidad. Pero esta descripción no es aplicable al recocado efectuado hacia los  $1000^\circ\text{C}$ .
- »(5) Las aleaciones con menos de 1 % de arsénico se estropean por la acción de gases reductores durante tres horas a  $700^\circ\text{C}$ ., o más; en algunos casos se obtiene este efecto a los  $600^\circ\text{C}$ .
- »(6) El límite de elasticidad de estas aleaciones es algo variable y poco satisfactorio.»

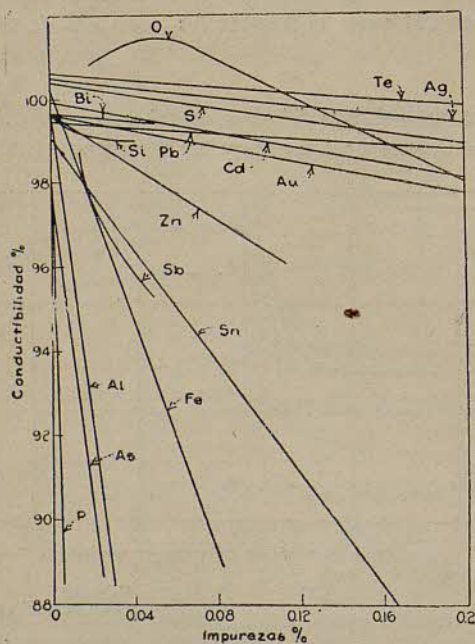


Figura 23. — Efecto de las impurezas sobre la conductividad eléctrica del cobre (Addicks, 243)

TABLA VI

Influencia del arsénico sobre las propiedades mecánicas (ensayos a la tracción) del cobre laminado (Lewis, 268). Las probetas eran moldeadas, laminadas en caliente a  $\frac{1}{8}$  de pulgada de diámetro y enfriadas en agua.

Arsénico %	Resistencia a la tracción en lb. / pulg. cuad.	Límite de elasticidad en lb. / pulg. cuad.	Alargamiento por ciento
0.00	26.800	14.000	25
0.24	33.800	20.000	27
0.53	36.800	19.000	29
0.75	36.600	18.000	21
0.94	36.000	18.000	25
1.37	37.700	20.000	28
1.80	35.700	23.000	20

TABLA VII

Influencia del arsénico sobre las propiedades mecánicas del cobre laminado (Bengough & Hill, 247). Las probetas se preparaban a partir de cobre B. E. R. y arsénico,



liga perchada, fundida en lingotes de tres pulgadas, laminados al rojo vivo con un recalentamiento y acabado estirándolo en frío con una pasada de  $\frac{3}{64}$  de reducción hasta dejarlas a una pulgada, y luego probadas.

Análisis químico <sup>1</sup>				Propiedades físicas <sup>2</sup>				
Cobre	Arsénico	Oxígeno	Azufre	Resistencia a la tracción; libras por pulg. cuad.	Límite de elasticidad lb. / pul. cuad.	Alargamiento por ciento en dos pulgs.	Reducción de área por 100	N.º del esclerómetro
99.055	0.04	.....	0.005	34,800	14,000	58	79	11-15
99.733	0.26	0.12	0.007	35,300	21,000	40	79	11.3
99.344	0.75	.....	0.006	35,100	44,000	57	79	11.0
99.052	0.94	0.15	0.008	37,100	19,300	54	70	10.5
93.055	1.94	0.20	0.005	37,900	14,000	62	80	10.5

<sup>1</sup> Sin trazas de plomo, estaño ni hierro.

<sup>2</sup> Los resultados son el promedio de dos ensayos.

Según estos investigadores, el arsénico en proporción hasta 1'9 % no produce acortamiento ni en frío ni en caliente, cuando, como sucede en general, hay presente óxido de cobre, esto es, en el cobre dúctil. Parece que la presencia de óxido afecta a la influencia que el arsénico ejerce sobre el cobre. Roberts-Austen (275), hallaron que 1 % de arsénico comienza a producir acortamiento en caliente en el cobre libre de óxido.

Jolibois y Thomas (262), sientan que 0'4 % de arsénico origina acortamiento en frío en el cobre puro, mientras que 0'4 % de  $As_2 O_3$   $Cu_2O$  no producen este efecto.

Baucke ha estudiado el efecto del arsénico sobre la ductilidad del cobre; véase la tabla X.

El cobre arsenical que se emplea comercialmente para resistir altas temperaturas en las cajas de fuego de las locomotoras, etc., contiene de 0'1 a 0'4 % de arsénico.

#### BISMUTO

Jeromin (204), Portevin (203) y otros, han estudiado la constitución de las aleaciones cobre-bismuto. Prácticamente el cobre no disuelve al bismuto en solución sólida; la solubilidad exacta no se ha determinado nunca.

Johnson (261), ha estudiado el efecto que producen pequeñas cantidades de bismuto sobre las propiedades referentes a la tracción, ductilidad y maleabilidad del cobre dúctil. La tabla IX reúne los resultados por él hallados. Sus conclusiones son:

«El efecto del bismuto sobre las propiedades mecánicas del cobre dúctil arsenical que ha sido laminado es poco sensible hasta el 0'1 %; pero el cobre arsenical comercial no debiera considerarse propio para trabajar al rojo vivo si contenía la misma cantidad de bismuto. Aunque las propiedades de trabajo en caliente no serían mucho peores con 0'02 % de bismuto que sin él, el cobre no se perjudicaría.

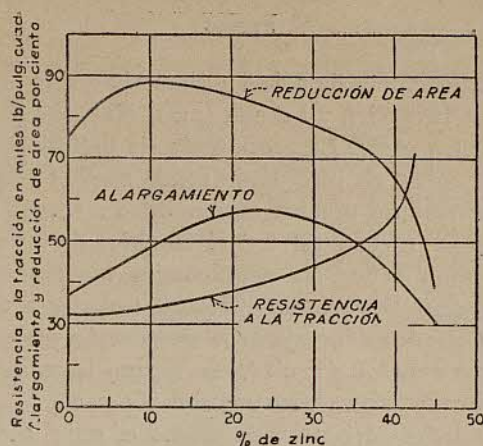


Figura 24. — Propiedades mecánicas de las aleaciones de cobre y zinc laminadas y recocidas (Webster)

Cualquier cobre bruto que contenga más de 0'01 % de bismuto debe considerarse como sospechoso, ya que puede contener trazas de otras impurezas, como el níquel, las cuales, si bien intensificarían el efecto perjudicial del bismuto, evitarían la acción corrosiva del arsénico.»

También indica Johnson que el efecto menos acentuado del bismuto sobre las propiedades del laminado en caliente del cobre que contiene oxígeno es debido a su presencia en forma de  $Bi_2 O_3$ , o en combinación de partículas aisladas; mientras que si es reperchado o se le libra del oxígeno, el bismuto se presenta en forma de películas metálicas, las que debido a su bajo punto de fusión destruye a temperatura alta la cohesión de la masa.

Roberts-Austen (275), Hampe (253), E. A. Lewis (269), Arnold y Jefferson (245), y otros han sido los investigadores de este asunto. Roberts-Austen preparó aleaciones de cobre y bismuto sin oxígeno, que no podían trabajarse de ningún modo cuando contenían más de 0'1 % de bismuto. Lewis llega prácticamente a las mismas conclusiones que Johnson al considerar los límites permisibles de bismuto, mostrando que si bien el arsénico corrige los perjudiciales efectos del bismuto, se intensifican por el manganeso, estaño, aluminio, etc.

#### HIERRO

Ruer y Fick (211), Sahmen (210), y otros han estudiado la constitución de las aleaciones de cobre y hierro. El cobre llega a tomar hasta 2 o 3 % de hierro en disolución sólida. Dentro de tales límites el hierro endurece al cobre y disminuye su ductilidad.



PLOMO

Las aleaciones de cobre y plomo han sido estudiadas por Friedrich y Leroux (212), Heycock y Neville (213), y otros. La proporción de plomo retenida por el cobre en disolución sólida es muy pequeña, probablemente mucho menos de 0'1 %. No se ha efectuado ningún estudio sistemático de los efectos del plomo sobre las propiedades mecánicas. Su efecto sobre la manera de dejarse trabajar a temperatura elevada depende de la proporción presente de arsénico o de Cu<sub>2</sub>O; 0'1 % de plomo hace al cobre puro intrabajable, mientras con 0'3 o 0'4 % de arsénico dicho porcentaje de plomo es muy tolerable.

Archbutt (244), pudo forjar lingotes de cobre libre de óxido que contenían 0'05 % de plomo y otros con 0'1 % de plomo y 0'4 % de arsénico, sin que se agrietasen.

Johnson (259), establece que las propiedades mecánicas del cobre arsenical a la temperatura ordinaria son algo, aunque poco, afectadas por la adición de plomo. En varillas preparadas por él mismo (véase en la tabla V el método de preparación) que contenían por ciento 0'023 de oxígeno, 0'39 de arsénico, 0'18 de plomo, encontró las siguientes propiedades:

	Resistencia a la tracción. Lb./pulg. cuad.	Alargamiento por ciento en 3 pulgadas	Prueba Arnold. Alternancias para la rotura
Laminado . . . . .	41200	17'3	169
Recocido . . . . .	32900	53'3	238
Cobre electrolítico original:			
Laminado . . . . .	44400	14'7	118
Recocido . . . . .	32000	51'3	244

El lingote de este cobre plumbado se laminaba bien (véase en la tabla V la descripción del laminado), mientras otro que contenía 0'012 % de oxígeno, 0'38 % de arsénico y 0'35 % de plomo se agrietaba al primer paso.

MANGANESO

La constitución de las ligas de cobre y manganeso ha sido discutida por Sahmen (219), Schémtny, Urasow y Rykowskow (218) y otros. El cobre y el manganeso forman una serie continua de disoluciones sólidas.

Münker (273), da los resultados de ensayos hechos sobre aleaciones de cobre y manganeso (véase la tabla VIII) de los cuales se deduce que el manganeso en baja proporción endurece al cobre y le disminuye ductilidad.

Blauke ha estudiado el efecto del manganeso sobre la tenacidad del cobre (véase tabla X).

TABLA VIII<sup>1</sup>

Efecto de pequeñas adiciones de manganeso, fósforo y estaño sobre las propiedades mecánicas del cobre (Münker, 273).

COMPOSICIÓN	Laminado en frío, sin recocer		Recocido a 500° centígrados						
			Enfriado en agua			Enfriado lentamente			
	Resistencia en lb./pulg. cuad.	Alargamiento % en dos pulgadas	Número Brinell de dureza	Resistencia en lb./pulg. cuad.	Alargamiento % en dos pulgadas	Número Brinell de dureza	Resistencia en lb./pulg. cuad.	Alargamiento % en dos pulgadas	Número Brinell de dureza
Del mejor refinado electrolítico (B. E. R.)	52,300	4.24	94	34,100	46.07	74	32,500	46.64	63
Fósforo <sup>2</sup>									
0.14 %	52,900	4.04	96	35,100	45.08	74	32,700	46.54	63
0.42	55,300	3.89	101	35,800	44.10	74	32,800	45.84	65
0.092	57,000	3.43	112	35,900	42.98	74	33,600	44.80	68
0.173	57,800	3.33	118	36,600	47.44	74	34,600	41.70	70
0.399	60,500	3.27	130	37,400	39.81	77	36,300	40.74	74
0.563	66,200	2.46	145	41,200	39.74	84	38,500	40.02	77
1.062	75,900	2.28	160	46,800	38.14	96	41,000	39.87	84
Manganeso <sup>2</sup>									
0.04	52,400	4.14	94	34,200	45.13	77	32,600	45.69	74
0.07	53,300	3.97	96	34,400	44.44	77	33,200	44.72	74
0.12	54,000	3.94	96	34,300	44.22	77	33,900	44.52	74
0.19	54,600	3.94	96	34,600	44.06	77	33,500	44.15	74
0.29	55,400	3.97	99	34,800	43.97	77	34,500	44.43	77
0.40	56,100	4.02	99	35,500	43.98	77	34,700	44.31	77
0.61	36,400	3.99	99	35,800	48.22	81	34,900	44.38	81
0.98	58,400	4.09	106	37,600	42.94	84	36,700	44.41	84
1.34	63,200	3.98	112	40,000	40.59	88	38,500	42.58	84
1.49	64,400	4.12	118	40,700	39.93	94	39,000	40.36	88
Estaño <sup>2</sup>									
0.13	56,300	3.02	106	36,600	43.24	81	35,100	43.97	79
0.24	57,100	3.03	106	37,400	43.01	81	35,900	43.22	81
0.32	60,000	2.91	106	38,600	42.81	81	36,300	43.05	81
0.40	62,300	2.99	118	38,200	42.37	84	36,200	43.08	84
0.53	62,700	3.09	118	38,600	42.24	84	37,000	42.68	84
0.62	63,500	2.95	118	40,100	42.14	90	38,200	42.32	86
0.88	64,800	2.89	125	40,500	41.94	92	38,100	42.10	86
1.15	66,200	2.90	130	40,600	41.75	96	39,300	42.39	88
1.24	67,600	2.84	136	42,800	41.73	96	40,900	42.26	92
1.46	69,600	2.67	145	44,700	40.97	101	41,700	41.35	96

<sup>1</sup> Las aleaciones se preparaban en las condiciones del comercio con cobre B. E. R. y añadiendo cobre-fósforo, cobre-estaño y cobre-manganeso. Las planchas fundidas se laminaban primero en caliente y se terminaban en frío. Las muestras se recocían a 500° y se enfriaban rápida o lentamente. Los ensayos a la tracción se efectuaron sobre tiras de 3 mm. de grueso y 15 mm. de ancho, de una longitud de ensayo de 11'3 [sección recta, o unos 75 mm. Los ensayos de Brinell se hacían con una carga de 500 kg. y una bola de 5 mm. de diámetro.

<sup>2</sup> Las aleaciones de fósforo eran tan puras como el cobre B. E. R. original; las ligas de manganeso y estaño contenían también desde 0'012 a 0'020 % de fósforo.

(Concluirá)



# LOS TRANSPORTES EN LAS FÁBRICAS

(SEGUNDA PARTE)

(CONTINUACIÓN)

Para las operaciones de taladrar, fresar y demás, cuando los soportes son de tal tipo que no sería factible usar un solo soporte para un número de operaciones, puede adaptarse una disposición análoga. En vez de llevar la pieza de máquina en máquina y su soporte sobre rieles, un transportador de sistema de «rodillos» corre paralelamente a la hilera principal de máquinas, con ramales individuales en dirección a cada máquina.

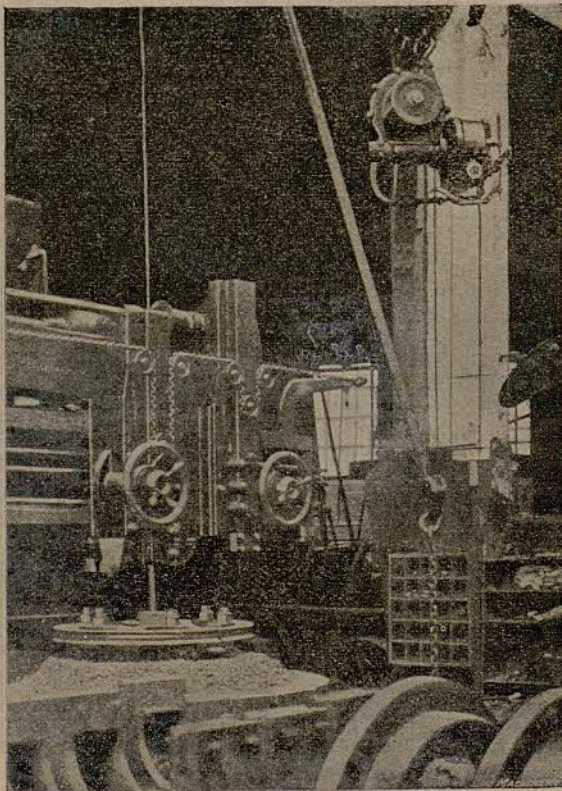
Con una instalación de esta índole, el obrero puede transportar una pieza de fundición de mucho peso, en el transportador, haciéndola correr por los ramales para llevarla a cualquier máquina determinada. El transportador y la mesa de la máquina están al mismo nivel, de modo que el obre-

ro únicamente traslada la pieza de fundición desde el transportador al soporte, poniéndola en posición para ser trabajada en la máquina. Una vez terminada esta operación, se coloca nuevamente la pieza de fundición en el ramal y se lleva a la línea principal, desde la cual se traslada a la siguiente máquina por el ramal correspondiente.

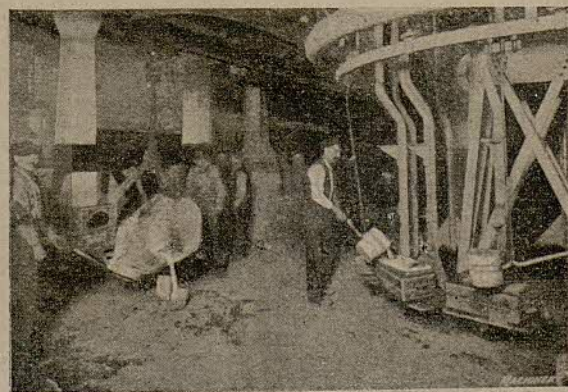
Al adoptar este sistema por vez primera, se encontró que representaba un gran ahorro de tiempo en las operaciones mecánicas.

## INSTALACIÓN DE TRANSPORTADORES DE GRAVEDAD

Según implica el nombre, la inclinación de un transportador de gravedad deberá ser tal que la fuerza de gravedad sea suficiente para hacer correr la carga por el transportador sin que sea preciso aplicar ninguna fuerza extraña. Al construir este tipo de instalación la «Mathews Gravity Carrier Co.», de Elworth City Pa, fija el grado de inclinación de un transportador en 2 a 8 por 100; pero la mayor parte de las instalaciones de transportadores llevadas a cabo por esta Compañía tienen un grado de inclinación de 4 por 100. Los tipos de transportadores de este sistema dependen de la clase de mercancías que deben transportarse. Paquetes con

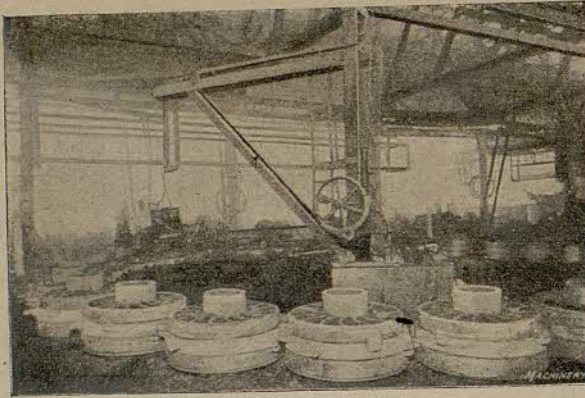


Motor de aire comprimido «Imperial» construido por la «Ingersoll Rand Co.», de Nueva York, al servicio de una máquina útil.



Disposición empleada en la fundición de la «Ford Motor Co.», para verter el metal fundido en los moldes. Estos van suspendidos de un carrusel, con lo que se evita la trepidación, que puede romperlos, y se retiran mediante un transportador

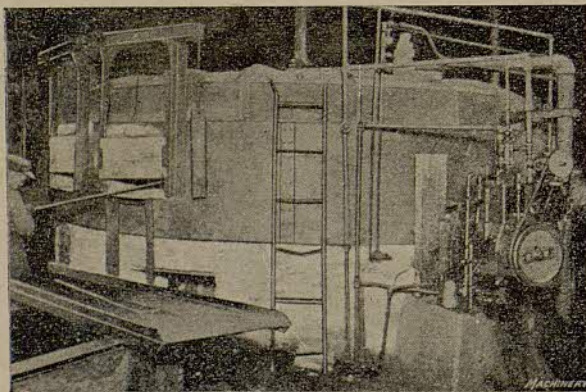




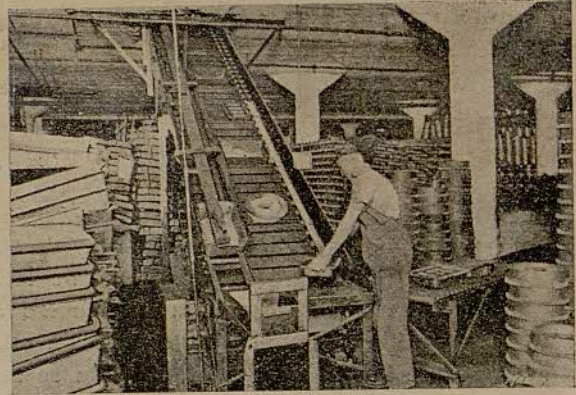
Esta figura representa una serie de moldes para ruedas de vagón, dispuestos circularmente alrededor de una grúa, de que va suspendido el cazo, la cual va provista de un motor de aire comprimido construido por la «Curtis Pneumatic Machinery C<sup>o</sup>», San Luis, Mo.

superficies planas y suaves pueden transportarse en estos transportadores sin necesidad de reglas protectoras, mientras que si los paquetes son de forma irregular será preciso aplicar reglas protectoras.

Se han adoptado varios medios para que la carga corra sobre estos transportadores. El medio más sencillo es el de colocar un protector a cada lado, de modo que sea imposible que la carga salga del transportador. Un método práctico, a la vez que muy satisfactorio, siempre y cuando los paquetes o partes que deban transportarse sean de un tamaño regular y de una forma asimismo regular, se obtiene haciendo que los rodillos tengan una pequeña valona a cada extremo. Esta valona o pestaña

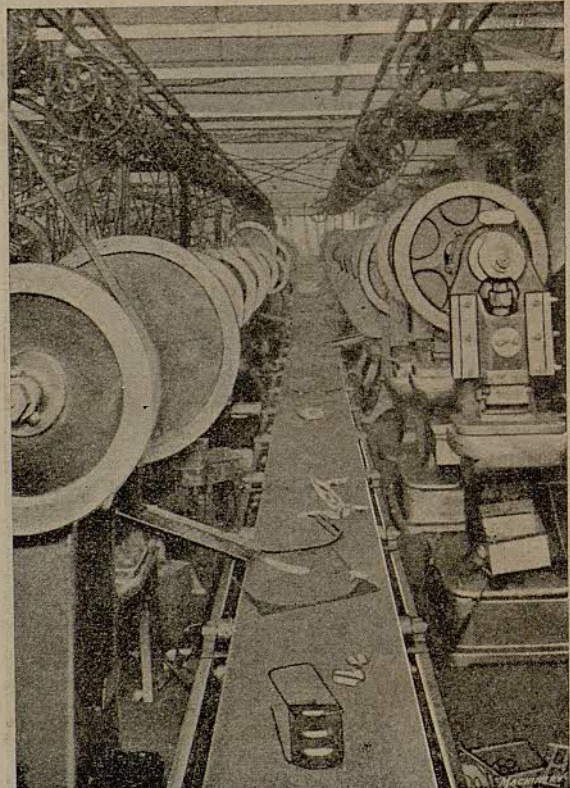


En los talleres de la Timken-Detroit Axle C<sup>o</sup>», existen hornos especiales de hogar rotatorio mantenido a una temperatura tal, que las piezas adquieren la temperatura deseada en una revolución, con lo que se ahorra espacio y se facilita la operación.



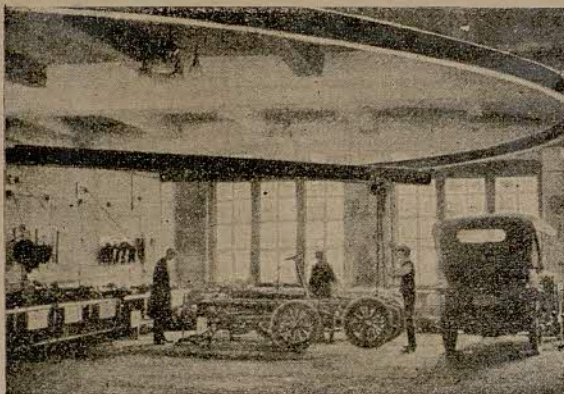
Elevador instalado por la «Link-Belt C<sup>o</sup>», de Chicago, Ill., consistente en una correa provista de listones, para impedir que las piezas resbalen.

gira juntamente con el rodillo, de modo que no haya pérdida alguna de rendimiento, debido a la acción demoradora de una regla protectora fija, y además actúa como preventivo para que la carga no salga del transportador.



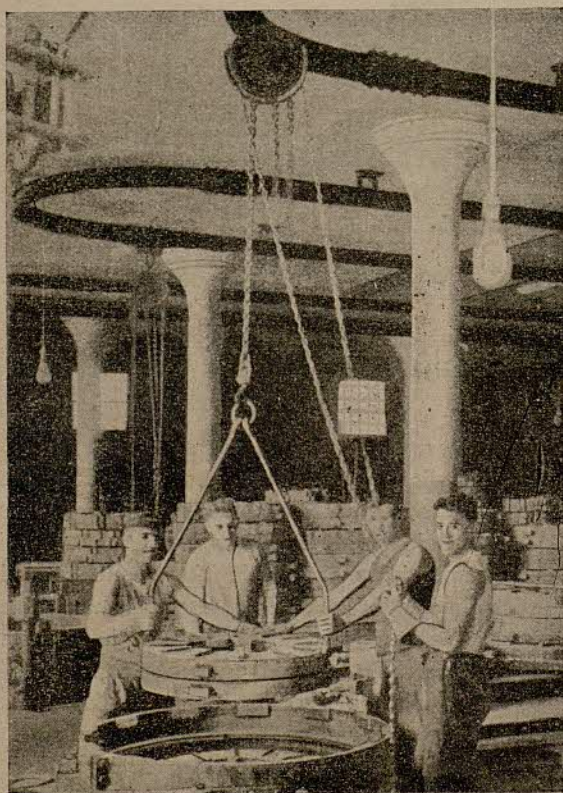
Transportador de correa instalado en la fábrica de la «Ford Motor C<sup>o</sup>» para recoger los productos de las prensas. Con esta disposición se reduce notablemente el tiempo necesario para retirar los productos mediante carretones.



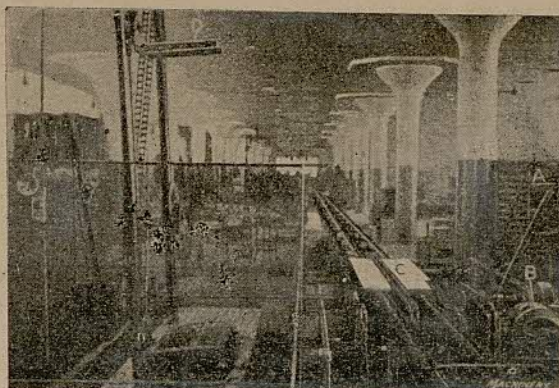


*Aparejo montado en un rail circular para el transporte de las piezas en una fábrica de automóviles.*

Hay todavía un método más sencillo y eficaz para los casos en que los efectos a transportar tengan una superficie lisa, y es la construcción del transportador con dos juegos de rodillos en vez de un



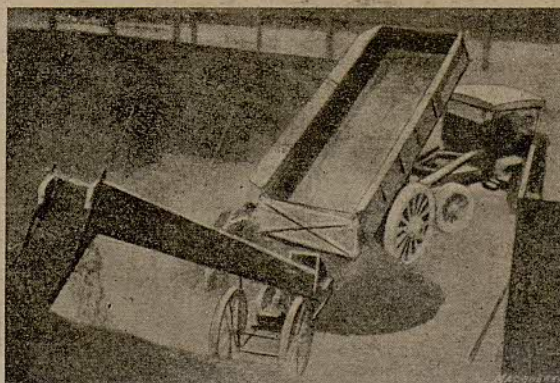
*En las fábricas de automóviles hay que manejar muchas piezas pesadas, y es preciso emplear algún medio para aligerar el trabajo de los operarios. La figura representa un aparejo construido por la «Wright Ufg. Co», de Lisboa, Ohio, empleada en la fábrica «Knight Tire & Rubber Co». Colocación de los moldes en un vulcanizador.*



*Equipos combinados. La figura representa un transportador y un elevador instalados en la «Detroit Wire Spring Co».*

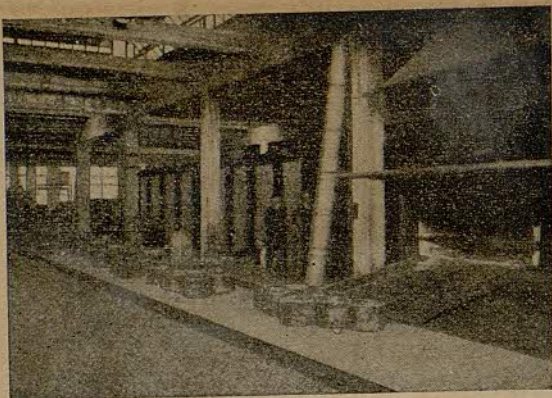
solo juego. Estos rodillos van arreglados por pares, con los rodillos correspondientes a cada par inclinados formando un ángulo casi imperceptible, de modo que los dos rodillos tengan una forma muy similar a la letra «V» (el ángulo es mucho menos agudo), con el vértice apuntando en dirección opuesta a la que lleva la carga cuando corre por el transportador.

El objeto de la construcción de rodillos dobles inclinados es mantener la carga sobre el transportador, pues la tendencia de cada uno de los rodillos inclinados es precisamente la de forzar la carga hacia el centro. Para transportar lingotes de hierro y otros efectos de forma irregular, la única manera de asegurar que la carga quede en el transportador es la adopción de una regla protectora a cada extremo.



*Transporte de materias tales como arena, carbón molido, etc., mediante un transportador construido por la «Portable Machinery Co», Inc., Passaic, de N. Y.*

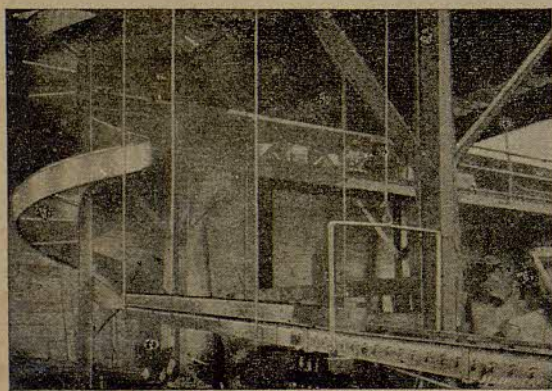




*Transportador instalado por la «Chain Belt Co», de Milwaukee, Wis., para recoger las virutas de acero.*

#### EL EMPLEO DE UN ELEVADOR REVÓLVER

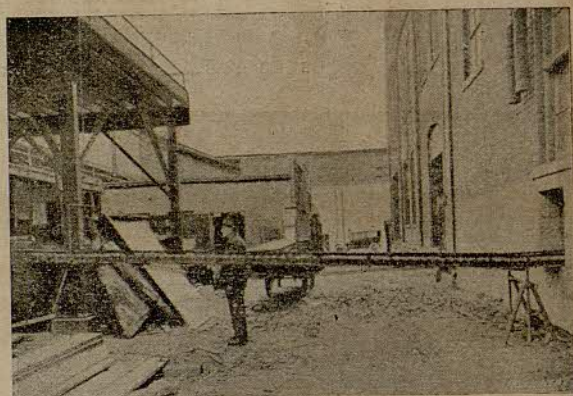
La «New York Revolving Portable Elevator Co.», de Jersey City, N. Y., construye una máquina que se conoce por el nombre de «revólver». Esta máquina se compone de un elevador portátil montado sobre una base giratoria, de modo que la plataforma del elevador pueda situarse a cualquier dirección para recibir o descargar la carga, según sea el caso. Los coginetes de bolas en la base giratoria facilitan el que el elevador pueda girar fácilmente cuando lleva el máximo de carga. Esta clase de equipo se emplea para una gran variedad de servicios industriales, pero especialmente en los casos en que se desea subir o bajar una carga, a la vez que hacer girar el elevador en la dirección en que se desea depositar la carga. Por ejemplo: supongamos que contiguo a un almacén existen naves laterales, y la imperiosa necesidad de ahorrar espacio



*Descargador espiral para los vagones de mercancías, instalado por la «Cadillac Motor Car Co», de Detroit, Mich.*

hacen imprescindible amontonar el material casi hasta el techo. En este caso, el elevador revólver puede usarse con gran ventaja, ya que el material es transportado en carretillas elevadoras o cualquier otra forma de transporte conveniente, y se deposita en la plataforma del elevador. Se eleva entonces la carga a la altura que se desea y se hace girar la plataforma, de modo que la carga pueda sacarse por ambos lados de la nave lateral y ponerla encima del montón de material.

Cuando se amontona láminas de metal y otro material en bastidores, se emplea un método similar. El elevador transporta la carga por una nave lateral, y cuando llega a su destino se eleva la plataforma, volcándola un cuarto de revolución para permitir que la carga se deslice encima de los bastidores. Un caso parecido existe cuando se almacenan en basti-



*Transportador de gravedad en comunicación con el de espiral de la figura anterior*

dores matrices pesadas para usarse en combinación con los martillos mecánicos. Estas matrices son tan pesadas, que son muy difíciles de manejar, y esta clase de trabajo puede fácilmente efectuarse sacándolas y poniéndolas en la plataforma del elevador portátil y haciendo bajar este último a una altura conveniente. Entonces todo el elevador hará las veces de carretón, en el cual puede transportarse la matriz a la máquina que se desea. Al llegar a su destino, la plataforma del elevador se ajusta de modo que esté al nivel con la mesa de la máquina, con lo que la matriz puede fácilmente deslizarse de la plataforma del elevador, colocándola en su sitio en la máquina.

*(Continuará)*

A. Artís, imp. : Gerona, 116 ; Tel. G. 1471 : Barcelona