

# Estudio para la instalación de carboneras mecánicas

POR

FEDERICO FRICK

(Extracto de un estudio detallado presentado al Honorable Consejo de Ferrocarriles)

Departamento de Tracción y Maestranza

## CARBONERAS MECANICAS

### I.—CONDICIONES GENERALES

#### 1. Objeto.

Para el servicio de nuestra Red ferroviaria se contempla la disposición de 3 órdenes de depósitos de carbón que son:

1.º) *Depósitos de consumo*, cuyo objeto es entregar carbón a los tónderes para su consumo directo en las locomotoras.

2.º) *Depósitos reguladores*, destinados a dar elasticidad a las entregas y a la distribución;

3.º) *Depósitos de reserva*, que tienen por objeto asegurar el servicio para el caso de huelgas en las minas, interrupciones en la distribución desde las bases de recepción, movilizaciones extraordinarias, etc.

El presente estudio es un resumen del plan de mejoramiento de los depósitos de consumo que existen en forma absolutamente primitiva.

Se proyecta reemplazar las instalaciones actuales por carboneras mecánicas, con lo que se persigue:

a) Ahorrar obra de mano en la carga de los tónderes.

b) Acelerar la encarbonadura de las locomotoras.

c) Reducir la molienda del carbón originada durante dicha encarbonadura.

En vista de la electrificación de la 1.<sup>a</sup> Zona, no se considera para ella la construcción de carboneras mecánicas. 2. *Generalidades.*

Los principios generales a que se ceñirá el estudio de estas plantas pueden resumirse en las conclusiones a que arribó en 1902 el "Comitee of the American Railway Engineering Association" y son:

1.º) *La ubicación* de las plantas carboneras tiene importancia. Queda fijada por las conveniencias de la explotación.

En terminales y estaciones de empalme es probable que se requiera grandes instalaciones.

En puntos intermedios debe suministrarse carbón a las locomotoras de pasajeros y carga, de pasada.

La ubicación puede determinar la naturaleza de la planta que deba adoptarse. Cuando se necesita entregar grandes cantidades de combustible y se dispone sólo de un espacio reducido para la construcción de vías y edificios, puede justificarse una planta ampliamente dotada de elementos mecánicos complejos mientras que, si el terreno es barato se justificará un tipo totalmente diferente.

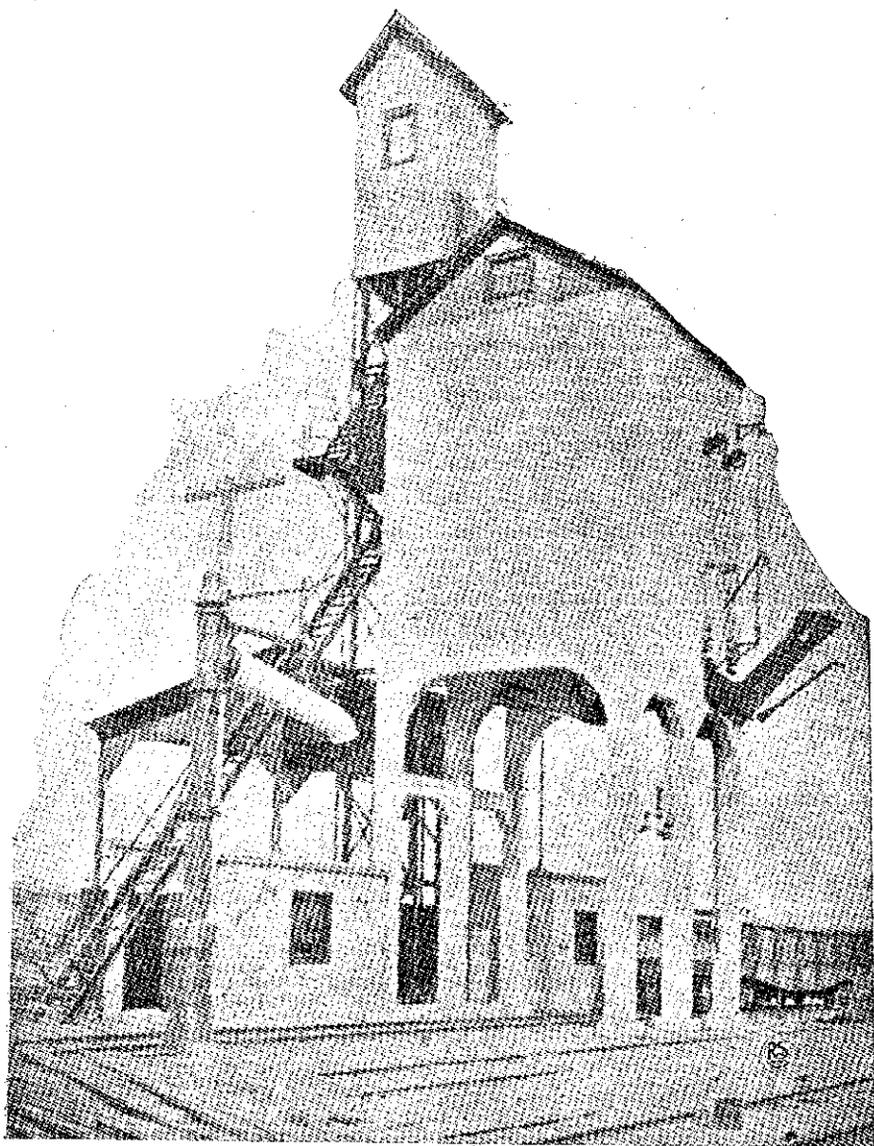
2.º) *El consumo de carbón* a que deba responder la planta influye sobre el carácter de las instalaciones. Para pequeños consumos éstas deberán ser sencillas en cambio, cuando se entrega 200 a 400 toneladas diarias se justifican construcciones de primer orden dotadas de maquinaria perfeccionada.

3.º) *Los gastos de explotación* deben estudiarse teniendo particularmente presente el costo de la energía y los jornales pagados a operarios, que constituyen siempre ítems importantes.

4.º) Debe atenderse asimismo a los *gastos de instalación, reparaciones y conservación*. Es evidente que para hacer una comparación real de la economía de las diferentes plantas, conviene reducir los diversos ítems al costo por tonelada de carbón, y no hacer simplemente una comparación entre los gastos totales de instalación y conservación.

5.º) *El interés del capital invertido* en las instalaciones debe tomarse en cuenta refiriéndolo a la tonelada de carbón movilizada.

6.º) Además de los factores señalados debe tenerse presente *el almacenamiento de reservas*. Esta es materia de importancia a la cual a menudo no se presta la debida atención: Se gasta grandes sumas dejando el carbón en carros que se estacionan en vías contiguas a la carbonera, en lugar de construir depósitos que permitan liberar el equipo.



Carbonera mecánica moderna. --Buzón elevado de concreto armado

7.º) *La calidad del carbón* debe ser tomada en cuenta para estudiar la disposición de la carbonera. Una disposición eficiente para antracita, por ejemplo, puede no serlo para carbón betuminoso.

8.º) *Los elementos de transporte* de que se disponga para entregar el carbón a las carboneras influyen también sobre las características de éstas.

En efecto, puede emplearse para el transporte del carbón ya sea carros cajón, carros de descarga automática lateral o por el fondo y otras variedades, cada una de las cuales tiene influencia propia sobre la solución que deba adoptarse como más económica.

## II.—UBICACIÓN DE CARBONERAS

Se estima que hay interés en concentrar los servicios en un número en lo posible reducido de carboneras de gran capacidad y no tener un gran número de carboneras de pequeña capacidad distribuidas a lo largo de la Red. Se disminuye en la forma indicada los gastos de personal y de primera instalación y se facilita el control.

Hay una serie de grandes centros de tracción en los que la disposición de carboneras está indicada como ser, Alameda, Talca, San Rosendó, Temuco, etc.

Atendiendo a las capacidades de los ténדרes debe fijarse carboneras en algunos puntos intermedios. En efecto, si se considera, por ejemplo, el trayecto Alameda-Talca, las locomotoras de carga que hacen este recorrido consumen 7—7.5 toneladas de carbón. La capacidad de los ténדרes es, por lo general sólo de 5 toneladas. Se impone entonces establecer una carbonera en una estación intermedia del recorrido considerado para suministrar a los ténדרes la cantidad de carbón suplementaria que se requiere para el recorrido total. La elección de esta estación intermedia (en este caso, Curicó) deberá hacerse en forma de que su aprovisionamiento exiga el mínimum de equipo carbonero y de que la encarbonadura en el punto considerado no signifique una detención especial para las locomotoras.

*Con el objeto de evitar todo empleo inútil del equipo carbonero y toda doble carga y descarga del carbón* debe atenderse de un modo especial a realizar una buena distribución de servicios de las diferentes carboneras. Así, por ejemplo, en Concepción y San Antonio las locomotoras de los ramales respectivos deben tomar carbón para el viaje de ida y regreso. Teniendo presente los mismos puntos de vista se ha propuesto la creación de una carbonera en Máfil con el objeto de evitar el establecimiento de trenes carboneros especiales desde Máfil a Temuco, Antilhue y Valdivia

y reducir el transporte a Osorno sólo al necesario para atender al servicio del sector Osorno—Puerto Montt. Esta carbonera atenderá únicamente a la encarbonadura de locomotoras de carga y se estima que con su creación se reducirá a la mitad el equipo empleado en la 4.ª Zona, en la distribución del carbón.

Teniendo por base las directivas generales arriba señaladas se ha elegido para la ubicación de carboneras los siguientes puntos:

2.ª ZONA	3.ª ZONA	4.ª ZONA
Alameda	Coigüe	Antilhue
Curicó	Concepción	Máfil
Pelequén	Chillán	Osorno
Rancagua	Parral	Temuco
S. Fernando	Victoria	
Talca	Renaico	
	Saboya	
	San Rosendo	
	Santa Fé	

### III.—MATERIAL USADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARBONERAS

Desde el punto de vista de los materiales de construcción, se considerará para las carboneras los 3 tipos siguientes:

- 1.º) Ruma sobre el suelo.
- 2.º) Carros.
- 3.º) Buzones.

La forma de estas carboneras será analizada más adelante. Respecto a los materiales, puede decirse para cada tipo lo siguiente:

- 1.º) *Ruma sobre el suelo.*

En las carboneras de ruma sobre el suelo debe disponerse un buen piso para impedir el acceso del aire y de la humedad. Ello es exigible para evitar el peligro de combustión espontánea y la excesiva desintegración del carbón a que dan origen los factores mencionados.

El piso de durmientes actualmente empleado permite el paso del aire y las astillas de madera que se desprenden pueden ser fácilmente el punto de partida de un incendio.

El colocar la ruma directamente sobre el suelo tiene el inconveniente de que

al tomar el carbón de las capas inferiores se le toma muy sucio, lo que origina perturbaciones en las locomotoras.

Se ha propuesto a veces dejar siempre una capa de carbón de unos 10 centímetros de espesor a manera de piso, pero esto no parece deseable por la dificultad de regular bien la extracción del carbón en forma de no llegar a la tierra y porque el combustible de esa capa quedaria depositado durante un tiempo indefinido, sufriendo una desintegración que favorece su combustión espontánea. Por otra parte, con los actuales precios del carbón un piso de esta clase tendría un elevado costo.

Se estima recomendable un piso confeccionado con una mezcla de una parte de alquitrán de hulla y nueve partes de escoria de ceniceros. La masa descrita y bien mezclada se dispone en frío sobre la cancha apisonada y rodeada de ladrillos de canto. Después de apisonarla se cubre con una capa de alquitrán caliente. Este piso ha sido usado con éxito en los ferrocarriles húngaros.

En Estados Unidos de Norte América se emplea pisos de concreto. Entre nosotros, su costo sería excesivo.

Con el fin de evitar que el talud que toma el carbón se extienda demasiado, hay que bordear la ruma con un muro lateral de un metro de altura por lo menos y que se constituye por medio de durmientes y rieles, o durmientes en una base de concreto.

### 2.º) Carros.

De acuerdo con el plan de adquisiciones de equipos carbonero de descarga automática los carros usados para este transporte serán carros de acero de 45 toneladas de capacidad.

### 3.º) Buzones.

Para los buzones elevados de carboneras los materiales que entran en consideración son: la madera, el acero y el concreto armado.

Sin entrar en el detalle económico puede descartarse el empleo del acero que es caro como costo de adquisición y conservación; esto último, a causa de la acción destructora que ejerce sobre él, el azufre del carbón.

Quedan por comparar la madera y el concreto armado.

Sean

Cm =gasto de instalación de una carbonera de madera

Cm q =interés y amortización.

Cm. c =gasto anual de conservación

Cm. s =seguro por el edificio

$C_c$  = gasto de instalación de una carbonera de concreto armado de igual tipo y capacidad.

$C_c \cdot q$  = interés y amortización correspondiente.

$Q$  = número de toneladas de carbón anualmente entregadas por la carbonera.

Debe observarse que para el caso de la carbonera de concreto armado no habría que pagar seguro por el edificio ni se tendría gasto de conservación apreciable.

Si se compara la duración de una carbonera de madera y de una de concreto armado debería calcularse la primera con una tasa de interés y amortización superior a la última.

Sin embargo, se ha admitido una tasa igual en ambas carboneras en vista de que es probable que la vida de instalaciones de esta naturaleza no quede fijada por la duración del material empleado en su construcción sino por modificaciones, en las condiciones de la tracción, como sería, por ejemplo, la electrificación, con la que estas plantas quedarían inútiles.

Los diversos ítems de instalación, conservación y seguro, recargan el costo de la tonelada de carbón como sigue:

$$\text{Carbonera de madera: } Am = \frac{C_m}{Q} (q + c + s)$$

$$\text{Carbonera de concreto armado: } Ac = \frac{C_c}{Q} q$$

La diferencia en el costo resultante por tonelada es:

$$Ac - Am = \frac{(C_c - C_m) q - C_m (c + s)}{Q}$$

Suponiendo que la relación del costo de la carbonera de madera al de la carbonera de concreto sea:

$$\frac{C_m}{C_c} = a \quad \text{se obtiene}$$

$$Ac - Am = q - \alpha(q + c + s) \frac{Cc}{Q} \quad (1)$$

La condición de equivalencia económica de las carboneras de madera y concreto armado se obtendrá para

$$Ac - Am = 0$$

Con una tasa de interés de 8%, prima anual de seguros para carbonera de madera  $S = 0.02$  y gastos de conservación  $C = 0.05 - 0.10 -$  y  $0.15$  para plazos de amortización de 5, 10 y 15 años respectivamente, se obtendrá la equivalencia económica para los siguientes valores  $\alpha$ :

Plazo de amortización	Valores $\alpha$
5 años	$\alpha = 0.90$
10 "	$\alpha = 0.64$
15 "	$\alpha = 0.45$

Si  $\alpha$  es superior a estos valores,  $Ac - Am$  se hace negativo e.d.,  $Am > Ac$  lo que hace ver que en tal caso la carbonera de madera es económicamente inconveniente. A la inversa, si  $\alpha$  es inferior al límite indicado, la carbonera de madera es económicamente más conveniente que la de concreto armado.

Los valores de  $\alpha$  obtenidos y los presupuestos elaborados para esta clase de construcciones permiten establecer que para plazos de amortización de 15 años los buzones de concreto armado son más económicos. Se les adoptará para toda estación de importancia.

A la ventaja económica se agrega la mayor seguridad que ofrecen a las instalaciones vecinas en caso de producirse un incendio.

Para las estaciones de pequeña importancia, en que las condiciones de la tracción son esencialmente variables, las carboneras no pueden tener carácter permanente. Para ellas se fijará un plazo de amortización de 5 años, para el cual los buzones de madera son económicamente más ventajosos, pueden ser retirados con mayor facilidad y aprovecharse parcialmente en otros puntos.

La objeción a que puede dar lugar el uso del concreto en las carboneras es la acción que pueda tener el carbón sobre este material: se puede explicar una acción destructora del carbón sobre el concreto si en la confección de éste se ha empleado un cemento que contenga cal libre.

En efecto, los carbones contienen, en mayor o menor grado, componentes que absorben oxígeno con desprendimiento de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El anhídrido carbónico obra sobre la cal con formación de bicarbonato cálcico que es disuelto por el agua, produciéndose así una destrucción lenta del concreto.

El medio de protegerse contra la acción señalada está, pues, en atender especialmente a la calidad del cemento.

Además, se queda a cubierto de todo peligro disponiendo un enlucido de mortero rico (1 y 2), de 3 a 4 cms. de espesor, que proteja a los elementos resistentes contra toda acción química y contra la acción mecánica de desgaste a que dá origen el movimiento del carbón en los buzones.

#### IV.—CAPACIDAD DE LAS CARBONERAS

Para fijar la capacidad de las carboneras se ha tenido presente dos consideraciones:

- 1.º) Que ella pueda responder a la velocidad de alimentación adoptada.
- 2.º) Que almacene una prudente reserva para el caso de fallas del alimentador.

La velocidad de alimentación está en relación con el tipo de carboneras. Mientras mayor sea ella, mayor debe ser la capacidad correspondiente de la carbonera y mayor, la potencia del alimentador por lo que los gastos de instalación aumentan.

En cambio, al disminuir la velocidad de alimentación disminuyen los gastos de instalación pero, aumentan los gastos de personal y la estada del equipo para descargarse a la carbonera.

La mínima velocidad de alimentación aceptable será tal que permita elevar el gasto diario máximo futuro en el término de 24 horas.

Los consumos en un día cualesquiera pueden representarse por un trazo escalonado (Fig. 1). En abcisas se indica las horas y en ordenadas, los consumos alcanzados en las diversas horas.  $B B_1$ , representa el consumo total en el día que se considera. Cuando el número de locomotoras que encarbonan diariamente es elevado, el trazo escalonado podrá sustituirse aproximadamente por la recta  $ab$ . Si a la hora  $O$  comienza la alimentación, lo que, desde el punto de vista de la capacidad, es lo más desfavorable, entonces puede representarse las cantidades suministradas a

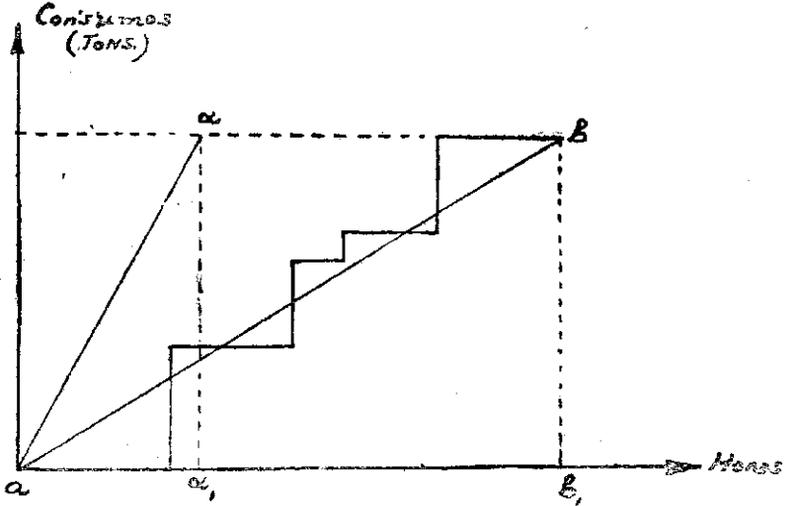


Fig. 1.

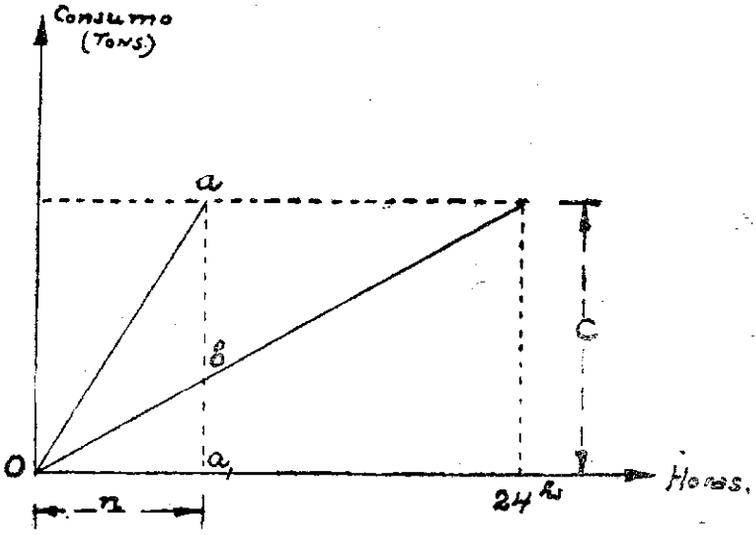


Fig. 2.

la carbonera por una recta a  $\alpha$  cuya inclinación variará según la velocidad de alimentación, y cuya ordenada final  $a_1$ , que representa la cantidad suministrada a la carbonera durante el día, será igual al consumo  $B B_1$ .

Sea  $C$  el consumo máximo diario futuro y  $Q$  el número de toneladas de carbón elevadas por hora. Si la alimentación se completa en  $n$  horas, se tendrán  $Q=C$  y la capacidad mínima  $D_1$ , que debe tener el depósito para responder a la velocidad de alimentación adoptada queda dada por

$$D_1 = ab = aa_1 - a, b \quad (\text{Fig. 2})$$

$$aa_1 = C$$

De Fig. 2 se deduce:

$$a_1 b = \frac{n}{24} + C$$

y por lo tanto: 
$$D_1 = C \left(1 - \frac{n}{24}\right)$$

A esta capacidad  $D$ , necesaria para responder a la velocidad de alimentación, hay que agregar la capacidad  $D_2$  para responder a fallas corrientes del alimentador.

La capacidad total es entonces:

$$D = D_1 + D_2$$

Teniendo presente que los gastos de instalación crecen lentamente al aumentar la capacidad y que en cambio, aumentan rápidamente los producidos al prolongar la estada del equipo carbonero y, fijando la reserva de modo que corresponda al consumo de un día y medio, las capacidades por considerar, correspondientes a diversos consumos diarios máximos y diversas velocidades de alimentación, pueden reducirse a las siguientes:

Consumo diario máx. C Tons.	O	Capacidades correspondientes a n = horas		
		4	8	12
100	200	200	..	..
200	400	200	....	....
400	700	600	....	400
1000	1700	1000	1000	....

Para la carbonera de 1000 toneladas hay que considerar la elevación del consumo máximo en el plazo de 8 horas porque la velocidad que exigiría la elevación en 4 horas, está por lo general fuera de los límites prácticos.

El valor  $n=0$  consultado en la anterior tabla corresponde a aquellos casos en que el depósito es alimentado directamente por medio de equipo de descarga automática cuyo vaciado puede considerarse prácticamente instantáneo.

Para consumos interiores a las cifras anotadas se estima conveniente adoptar la capacidad de 50 toneladas con el fin de recibir con facilidad un carro carbonero.

Las cantidades que deben ser capaces de entregar los alimentadores son:

C	Cantidades que deben poder entregar los alimentadores por hora, para $n=$			
	4	8	12	horas
100	25	....	....	
200	50	....	....	
400	100	....	33	
1000	250	125	..	

En resumen, desde el punto de vista de las capacidades, las carboneras pueden clasificarse en 2 grupos:

- 1.º) Descarga automática directa de los carros a los depósitos.
- 2.º) Alimentación de los depósitos por medio de aparatos especiales.

Para estos grupos, y para diversos consumos diarios máximos las capacidades por considerar son:

Consum. diario máximos C tns.	Capacidades de los depósitos (tons.)	
	Grupo 1	Grupo 2
<100	100	50
100	200	..
200	400	200
400	700	{ 400
1000	1700	{ 600
		1000

## V. TIPOS DE CARBONERAS

## 1.—Clasificaciones

Para el estudio de los diferentes tipos de carboneras se adoptará la clasificación siguiente:

I. TIPO LONGI-	TUDINAL	{	11 Ruma S. el suelo	{	A. Carros	{	a. Elevador fijo	{	Buzón fijo
			12 Depósito elevado		B. Buzones		b. Elevador móvil		Buzón móvil
									Buzón móvil

II. TIPO TRASVERSAL	{	Elevador fijo
		Elevador móvil

## 2. DEFINICIONES

Se llamará carboneras de *tipo longitudinal* a aquellas en las cuales el carbón queda colocado exclusivamente sobre las entre vías y se considerará carboneras de *tipo transversal* a aquéllas cuyo depósito está por lo menos sobre una vía de encarbonadura.

Adoptadas estas designaciones, se comprende desde luego que en las carboneras de tipo longitudinal se podrá disponer a los sumo de dos vías de encarbonadura.

Si se ha fijado el número de locomotoras que deben poder encarbonar simultáneamente en una carbonera dada, ello determina el largo mínimo que puede darse a la planta de tipo longitudinal y para alcanzar esta extensión se es conducido a formar el depósito con un número relativamente grande de unidades de pequeña capacidad.

En las carboneras de tipo transversal se podrá disponer por lo menos de tres vías de encarbonadura: de la vía sobre la cual se encuentra el depósito y de las vías adyacentes a uno y otro lado. El carbón en este caso estará siempre elevado y habrá por lo general un número reducido de unidades de gran capacidad.

### 3.—CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS.—TIPO LONGITUDINAL

El depósito de estas carboneras consistirá en una simple ruma sobre el suelo o bien será elevado.

Las carboneras de depósito elevado comprenden:

A. Carros.

B. Buzones.

En el tipo *A* se clasifica a aquellas carboneras en las cuales se utiliza como depósito los carros en que llega el carbón.

## II.—RUMA SOBRE EL SUELO

Todas las carboneras actuales de nuestra Red constan de una simple ruma sobre el suelo. Desde esta ruma se carga a pala, sacos, (carbonera de Puerto Montt), o tinas.

Los sacos se vacian a mano a los tónderes.

Las tinas se levantan por medio de un pescante. Se emplea pescantes a mano y pescantes a vapor.

En Estados Unidos de Norte América, para estaciones de pequeño consumo, se emplea también las carboneras de simple ruma, pero, la carga de los tónderes se efectúa mediante grúa dotada de capacho automático.

### 12. DEPÓSITO ELEVADO

#### A. Carros

La encarbonadura desde carros usados como depósitos se emplea en Estados Unidos de N. América en las épocas en que hay exceso de carros pero hay cada día más tendencia a abandonarla.

#### B. Buzones.

a.) *Elevador fijo. Carros o vagonetas.*—Mediante un winche operado a gasolina, vapor o electricidad puede elevarse directamente los carros en que llega el carbón y descargarlos a buzones de gravedad. La elevación de los carros tiene lugar por una rampa con gradiente de 20 a 25%.

Las tolvas se disponen en fila sobre un estacado de madera o concreto ("coal

wharf" o "coaling trestle"). Se atiende por lo general a dos vías y los tónderes pueden encarbonar en ambos costados del "trestle".

Para poder encarbonar simultáneamente un gran número de locomotoras se requiere que el estacado sea largo.

En algunos casos no se efectúa la elevación directa de los carros sino que estos se descargan a vagonetas las cuales se elevan por una rampa para vaciarlas a los buzones.

La altura del estacado en estas carboneras varía entre 3m.50 y 15m., según las disposiciones de la vía de encarbonadura.

Este sistema puede ser empleado ventajosamente en muchos casos si las condiciones especiales del terreno permiten obtener con facilidad un desnivel conveniente entre las vías de encarbonadura y la vía de llegada del carbón.

*Ascensor.*—En Francia se emplea en algunas carboneras una disposición de ascensor para vagonetas. Las vagonetas son cargadas desde una ruma o depósito y se las eleva por medio del ascensor a una plataforma desde la cual son vaciadas a los tónderes.

En Estados Unidos de Norte América, en lugar de ascensor de vagonetas se emplea ascensores que elevan directamente el carbón desde los fosos de descarga a buzones elevados. El carro del ascensor es en tal caso una tina que recibe el carbón por medio de un alimentador automático.

Esta tina lleva un contrapeso de peso igual al peso muerto más la mitad del peso útil. El esfuerzo que hay que vencer tanto para la elevación como para el descenso es igual a medio peso útil más frotamientos. Al llegar la tina al límite superior de su carrera se vacía al buzón ya sea por volcamiento, ya sea porque se abre automáticamente una compuerta de ella.

En vista de la extensión alcanzada por una carbonera de esta clase al darle la disposición longitudinal, habrá necesidad, por lo general, de dotarla de medios especiales para efectuar la distribución horizontal del carbón. Al efecto, la tina elevadora no se descarga directamente al Buzón sino a un carro distribuidor cuya descarga automática se vá regulando en forma conveniente.

*Transportador de cinta.*—Se emplea conveyors inclinados de 20° con la horizontal y que circulan con una velocidad de 1.5 a 2.5 m/seg. Son caros como gasto de instalación y de conservación.

Su uso está poco extendido.

*Cadena de capachos.*—La elevación por rosario de capachos se aplica en las carboneras sistema C. W. Hunt, Link Belt y otros.

Los capachos son cargados desde un foso. El peso muerto de los que suben cargados es contrapesado por el de los que bajan vacíos, de modo que para el ascenso hay que vencer el peso útil y los frotamientos. No hay más trabajo de descenso que el de los frotamientos.

Dada la pequeña velocidad de circulación de los capachos, la acción de la fuerza centrífuga es insuficiente para vaciarlos si el elevador es vertical y hay que hacerlos bascular mediante topes especiales o bien, hay que disponer el elevador con una pequeña inclinación respecto a la vertical.

Este sistema es apropiado cuando en las locomotoras se emplea mezclas de diferentes carbones. Se obtiene con él mezclas muy homogéneas.

b) *Elevador móvil*

*Buzón fijo. Pala.*—Cuando la elevación del carbón tiene lugar a pala, el buzón consta sencillamente de una plataforma elevada al lado de la cual se dispone a un nivel bajo la vía de encarbonadura y desde la cual se carga los ténדרes.

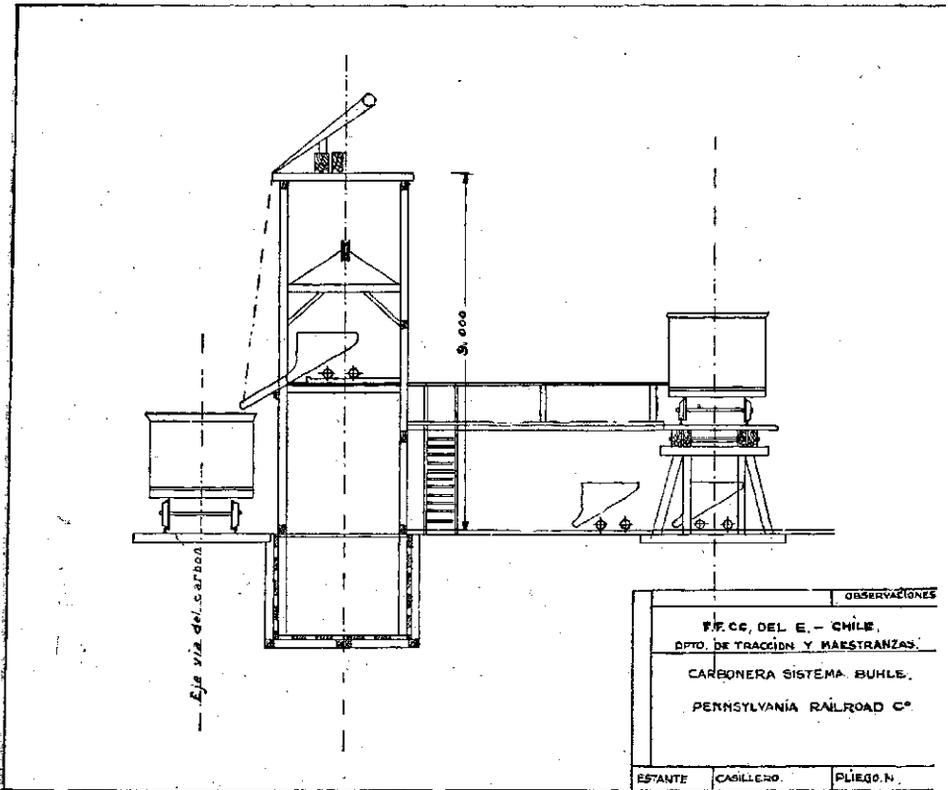


Fig. 3

*Vagonetas movidas a mano.*—Las vagonetas son cargadas en una ruma y elevadas por una rampa de 50% sobre los buzones a los cuales se vacian a pala o por volcamiento.

*Elevación de vagonetas y carros por medio de locomotoras.*—Para puntos en que no hay otra fuerza motriz conveniente el profesor Buhle ha ideado una disposición consistente en un sistema de cables y poleas por medio de los cuales la locomotora por encarbonar levanta una plataforma con una vagoneta de descarga automática.

A la locomotora se amarra el extremo de un cable en la vía de encarbonadura. Al avanzar la locomotora en una extensión suficiente, levanta la plataforma con la vagoneta a la altura deseada (Fig 3). En este punto, la plataforma es cogida automáticamente y sostenida en esa posición. El ascensor, largo de cables, etc., se disponen de tal modo que el tónder llegue precisamente al punto de encarbonadura en el momento en que la plataforma ha sido elevada a una altura suficiente para encarbonar. Se puede mantener siempre una serie de vagonetas listas cargándolas desde un muelle ("trestle"). El procedimiento ha sido aplicado en el Pennsylvania R. R.

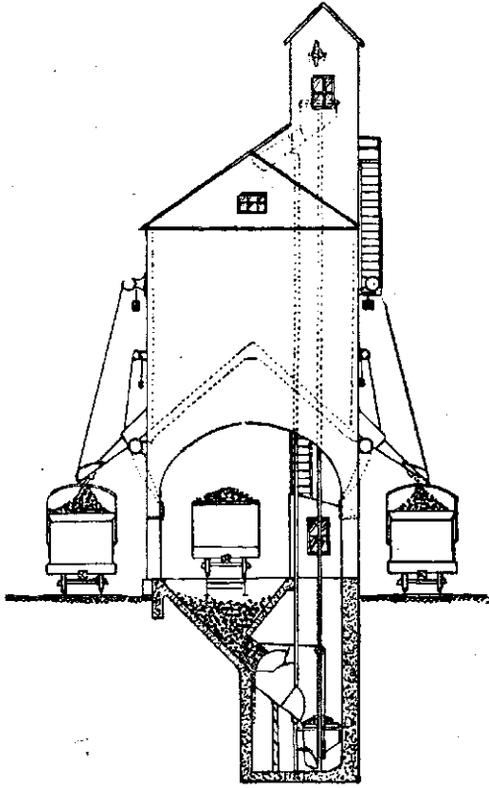
Con frecuencia, si la intensidad de los servicios es suficiente, se adapta una disposición de buzones de gravedad de análoga a la descrita al tratar de la elevación carros de por medio de un winche y en que esta elevación al "coal wharf" se efectúa por medio de una locomotora de maniobras que sube a la vía de los buzones por una rampa con gradientes de 3 a 5%.

*Grúa de pórtico.*—Su uso está particularmente extendida en las carboneras alemanas. La grúa de pórtico, dotada de capacho automático, recorre una vía paralela a las de encarbonadura, a lo largo de las cuales se dispone buzones de pequeña capacidad, los cuales son cargados mediante la grúa desde una ruma dispuesta entre las vías de la grúa. La ruma se forma por medio de la misma grúa, la que atiende a la descarga de los carros carboneros. La encarbonadura de los tónderes se efectúa desde los buzones.

*Pescante.* En lugar de grúa de pórtico se emplea también pescantes corrientes en combinación con buzones longitudinales. Tienen la ventaja de que estos pescantes pueden ser utilizados fácilmente en otros servicios de la estación.

#### *Buzón móvil.*

Cuando el aprovisionamiento de los buzones se efectúa directamente desde ruma, mediante una grúa, y estas rumas tienen gran extensión longitudinal se recurre al empleo de buzones elevados móviles.



OBSERVACIONES.		
F.F.C.C. DEL E. - CHILE. DPTO. DE TRACCION Y MAESTRANZAS.		
CARBONERA AMERICANA.		
SISTEMA : ROBERTS & SCHAEFER.		
ESTANTE	CASILLERO	PLIEGO N°

A. de la E. M.

Fig 4

Estos buzones, de acero, van fijos a un marco (también de acero), dotado de ruedas y que circula sobre rieles de la estación, paralelos a la ruma.

Fijo también a la estructura hay un puente recorrido por un carro dotado de capacho automático y que sirve para cargar el buzón desde carros carboneros o desde ruma.

El fondo de los buzones es inclinado y mediante una compuerta de él puede vaciarse el contenido a los tónderes que, para encarbonar, se colocan sobre una vía paralela y vecina a la recorrida por el Buzón móvil.

## 2.—TIPO TRASVERSAL

En todos los casos estas carboneras serán de depósito elevado.

El motor elevador puede ser fijo o móvil. Para el caso de motor fijo se emplea.

- 1.º Elevación por ascensor
- 2.º Elevación por trasportador de cinta o correa.
- 3.º Elevación por cadena de capachos.

En Fig. 4 se indica un esquema de buzón transversal con elevación por ascensor.

La disposición y funcionamiento del elevador son en cada caso los mismos que en la carboneras de tipo longitudinal correspondientes.

Para el caso de motor móvil se emplea grúa de pórtico o pescante común. El empleo de este último en combinación con buzones transversales es restringido porque exigiría, por lo general, pescantes de pluma muy larga.

## VI.—COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE CARBONERAS

Los gastos originados por el establecimiento de plantas carboneras mecánicas pueden dividirse en dos grupos:

- 1.º *Gastos anuales fijos.*
- 2.º *Gastos variables* según el número de toneladas anualmente entregadas.

Si para un tipo de carboneras se designa por  $A$  los gastos anuales fijos, por  $a$ , el recargo en el costo de la tonelada que corresponde a la partida de gastos variables, por  $x$ , el número de toneladas anualmente cargadas a tónderes, entonces el costo de encarbonadura por tonelada de carbón colocada en tónder puede representarse por una función de la forma

$$y = \frac{A}{x} + a$$

Para cada tipo de carboneras se obtendrán una curva representativa de la función  $y$ . La marcha de estas curvas permitirá decidir inmediatamente cual tipo es económicamente más ventajoso.

Como se ha visto, las carboneras han sido clasificadas en 5 categorías, según su capacidad. Para cada categoría se ha construido las curvas representativas de la función  $y$ , correspondientes a los diversos tipos de carboneras. Aquí se reproduce sólo las curvas obtenidas para la 1.ª categoría (Fig. 5)

Para avaluar las partidas de gastos se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- 1.º Gastos anuales correspondientes a interés y amortización de instalaciones.
- 2.º Gastos de personal.
- 3.º Gastos de conservación.
- 4.º Consumo de energía.
- 5.º Aumento de molido que experimenta el carbón por efecto de las diversas operaciones. Este aumento produce un recargo en el costo de la tonelada, ya que el molido se pierde en las locomotoras cayendo entre las barras de la parrilla o escapando por la chimenea sin quemarse. Para apreciar las cifras que alcanza el molido se ha tomado en cuenta la experiencia norteamericana sobre la materia. Es evidente que si la tonelada de carbón tiene un costo  $P$  y se produce un aumento de molido de  $100 d \%$ , ello representa un recargo de costo igual a

$$\frac{d}{1-d}P.$$

La comparación económica no se ha extendido a todos los tipos de carboneras enumerados en el capítulo anterior. En efecto, hay tipos que pueden eliminarse de antemano por razones de orden técnico, como el sistema Buhle descrito, que sólo será útil cuando no se puede disponer de otra fuerza motriz que la de la locomotora por encarbonar. Se ha descartado así mismo los sistemas de elevación por cinta que no han dado resultados satisfactorios en la práctica; y se ha rechazado las carboneras con elevación por cadena de cachos porque, sin necesidad de entrar en el detalle económico, puede decirse que, si se las compara con los buzones, son



técnica y económicamente inferiores. En efecto, los gastos de instalación y persona serán próximamente iguales para ambos tipos pero, la cadena de capachos exigirá mayores gastos de conservación, mayor consumo de energía por aumento de la resistencias friccionales y el carbón se molerá más porque al descargarse a los buzones por el volcamiento de los capachos cae en pequeñas partidas mientras que a emplearse el ascensor, desliza hacia los buzones en masas más grandes.

Naturalmente, no sólo la comparación económica, tomando por base el costo de la tonelada puesta en ténider, basta para decidir en definitiva qué tipo de carbonera deba adoptarse. Se ha tomado en cuenta además:

- 1.º) Los presupuestos de instalación.
- 2.º) Seguridad de funcionamiento.
- 3.º) Tiempo empleado para encarbonar.
- 4.º) Superficie ocupada por la carbonera.

Apreciando todos estos factores *se estima que la disposición de carbonera más conveniente para el servicio de la Red Central Sur es la del tipo de ascensor americano*, en disposición longitudinal para la capacidad de 50 toneladas y en disposición trasversal para las capacidades restantes, para las cuales se adoptan las cifras de 200, 600 y 1 000 toneladas. Al hablar de las capacidades (capítulo IV), se ha considerado también la capacidad de 400 toneladas pero, el estudio económico demuestra que la diferencia en el costo de encarbonadura con respecto a la carbonera de 600 toneladas es muy reducida y se estima por lo tanto preferible adoptar esta última capacidad que permite responder en mejor forma al futuro incremento de los servicios.

Se omite aquí la reproducción de los presupuestos detallados y cálculos de costo de encarbonadura por tonelada que han conducido a las anteriores conclusiones.

Si se compara el sistema de encarbonadura propuesto con el que actualmente existe se llega a la conclusión de que al adoptar las carboneras mecánicas de ascensor se obtendrá una economía de \$ 1.15 en el costo directo de operación de encarbonadura; por tonelada puesta en ténider. Para el consumo actual de la Empresa de 450 000 toneladas por año, la economía neta total ascenderá entonces a

$$1.15 \times 450\,000 = \$ 518\,000$$

Esta economía aumentará en proporción directa con los consumos.

Hay que agregar además el mejor aprovechamiento de las locomotoras por el hecho de que el tiempo de encarbonadura que actualmente es de 20--25 min

tos (para 5 toneladas de carbón) se reduce a 2 minutos como máximo. Esta reducción del tiempo muerto de las locomotoras permitirá efectuar el trabajo actual con 10 locomotoras menos introduciendo por este capítulo las siguientes economías:

Intereses y amortización de 10 locomotoras avaluadas en \$ 100 000	
cada una .....	\$ 100 000.00
Gastos correspondientes a 10 personales, \$ 6 000 cada uno.....	60 000.00
	<hr/>
TOTAL.....	\$ 160 000.00
	<hr/> <hr/>

Como la economía directa en la operación de encarbonadura se estima en \$ 518 000, la economía total anual podrá estimarse en \$ 678 000.

Por fin, puede observarse a favor del sistema propuesto la ventaja de que, al tener menor cantidad de melido aumenta la eficiencia de la combustión sobre la parrilla de las locomotoras. Esta eficiencia aumenta también porque el carbón en los buzones cubiertos no está expuesto a la acción de la humedad y demás ajentes atmosféricos.

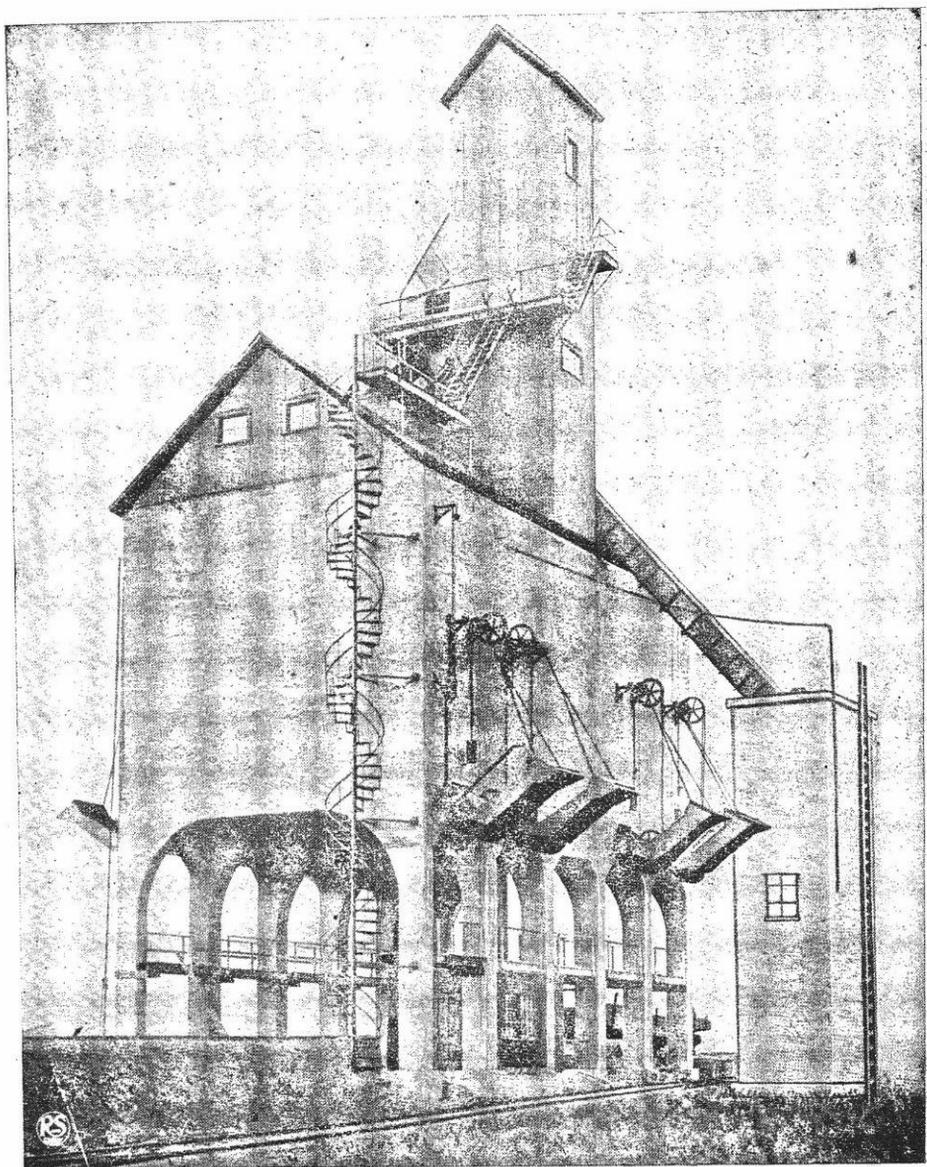
Las carboneras mecánicas permiten además establecer un mejor control de los consumos con lo que se evita los robos. La superficie de terreno ocupada para el almacenamiento de una determinada cantidad de carbón es menor, particularmente para las carboneras de gran capacidad.

Las cifras de economía arriba indicadas corresponden, pues, sólo a los gastos directamente avaluados pero, teniendo presente los demás factores favorables puede estimarse que la economía real será superior a la prevista.

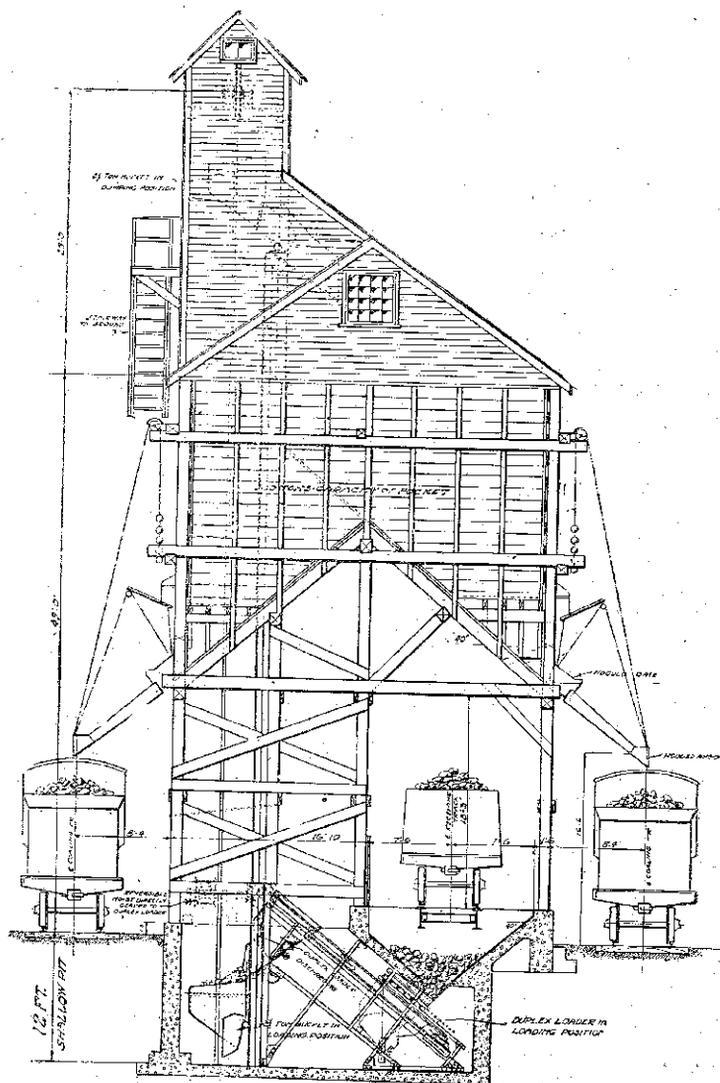
#### VI.—DETALLES DE DISPOSICIÓN DE LAS CARBONERAS MECANICAS

Recomendada la adopción de un tipo de carboneras mecánicas precisa fijar los requisitos con que deben cumplir las disposiciones de detalle. El estudio de estas disposiciones abarca los siguientes puntos:

- 1.º Características del motor del winch.
- 2.º Disposición de los buzones.
- 3.º Ventilación de buzones.
- 4.º Clasificación del carbón.



Carbonera americana de gran capacidad.—Tipo trasversal de ascensor.—Bujón elevado de concreto armado.



END ELEVATION  
SHOWING SECTION THRU BUCKET PIT

Carbonera americana de ascensor con buzón elevado de madera. (Dos vías de encarbonadura y una de llegada del carbón).

- 5.º) Empleo de quebradores.
- 6.º) Control de consumos del carbón.
- 7.º) Areneros.

### 1. *Características del motor del winch.*

En general, se adoptará el motor eléctrico. El costo del equipo mecánico para las carboneras operadas eléctricamente es inferior al que corresponde a las operadas a vapor. En el caso de estas últimas se impone construir una especial para la caldera.

Para plantas de funcionamiento tan irregular, como son las carboneras, el motor eléctrico resulta de manejo mucho más rápido y sencillo.

Se adoptará el motor a vapor sólo para aquellas localidades en que no haya disponibilidad de energía eléctrica.

La potencia del motor correspondiente a cada capacidad debe ser tal que asegure las velocidades de alimentación indicadas en Cap. IV.

### 2). *Disposición de los buzones*

Los buzones serán cubiertos con el objeto de proteger el carbón contra la intemperie. Para evitar alturas excesivas de caída para el carbón, en las zonas de gran capacidad se dispondrá planos inclinados intermedios que vayan reduciendo la altura de caída total.

Desde el punto de vista de la intensidad de las presiones habría sido deseable que las bocas de descarga de los buzones fuesen centradas pero, ha debido sacrificarse esta ventaja para obtener una buena disposición de las vías de encastramiento.

El foso en que se recibe el carbón será techado para evitar que las aguas se acumulen en él y para proteger a los operarios durante la descarga de los carros carboneros. Se podrá emplear equipos de descarga automática o bien descarga a pala.

Las paredes interiores de los buzones se recubrirán con un enlucido de mortero (1 : 2).

La inclinación de los fondos de los buzones deberá ser suficiente para cumplir con las condiciones que siguen:

- a) Que se obtenga que el carbón entregado a las locomotoras sea homogéneo y sea en lo posible homogéneo, sin lo cual no puede haber buen aprovechamiento de los consumos.

b) Que no quede carbón depositado, sin escurrir durante largos períodos ya que ese carbón se desintegra y puede dar origen a una combustión espontánea.

c) Que no haya que efectuar limpieas frecuentes del fondo de los buzones porque estas limpieas son operaciones difíciles y molestas en cuanto perturban el funcionamiento regular de la carbonera.

Las fuertes inclinaciones de los fondos son convenientes desde estos puntos de vista pero, ellas reducen en proporción considerable la capacidad de los depósitos.

Se estima recomendable adoptar una inclinación de 50° con la horizontal que permitirá, por lo general, asegurar un escurrimiento fácil del carbón sin implicar una excesiva reducción de capacidad de los buzones.

### 3. Ventilación de buzones.

Se estima que la disposición de ventiladores en las carboneras no es conveniente. En efecto, los autores como Stoek, Parr, etc., de la Universidad de Illinois, que han estudiado especialmente lo que se refiere a la combustión espontánea de carbones almacenados, son de opinión que la ventilación sólo es eficaz cuando el aire circula libremente a través de las pilas arrastrando todo el calor producido por la oxidación del combustible pero, si la ventilación no está muy bien dispuesta es enteramente peligrosa ya que sólo produce una corriente de aire insuficiente para arrastrar el calor y que, en cambio, al circular por los intersticios del carbón produce la oxidación del carboncillo y acarrea el peligro de inflamación.

En las carboneras en que no se dispone ventilación, el aire no puede casi penetrar entre el carbón y el peligro de combustión espontánea es pequeño.

### 4. Clasificación del carbón.

La clasificación del carbón tiene por objeto asegurar mayor eficiencia de la combustión empleando los trozos grandes en las locomotoras de expresos y remolques, los de tamaño regular en las locomotoras de carga y ómnibus, y los trozos pequeños en las locomotoras de patio, en relación al tiraje empleado en cada caso.

Al establecerse la clasificación debe adoptarse disposiciones especiales para poder mantener la separación de las diferentes clases dentro de las carboneras.

El tipo de carbonera recomendado puede adaptarse fácilmente a la clasificación en las carboneras de 1.ª y 2.ª categoría. En las categorías restantes, en razón de sus pequeños consumos, la clasificación no tendría gran importancia.

Por el momento, mientras la clasificación no esté establecida, no se estima recomendable adoptar en los buzones las disposiciones necesarias para atender a ella por cuanto complicarían inútilmente el servicio.

### 5. Empleo de quebradores.

El empleo de un tamaño conveniente del carbón en la parrilla de las locomotoras es de importancia considerable.

Según A. G. Kinyon, autoridad reconocida en la materia, el consumo de carbón puede reducirse en un 10% si se emplea un tamaño apropiado en lugar del usual, no seleccionado.

El partir el carbón sobre los tónderes es una práctica inconveniente porque distrae la atención del fogonero que debe estar concentrada de un modo permanente sobre la correcta mantención del fuego.

De acuerdo con las conclusiones presentadas por el comité de carboneras mecánicas de la International Railway Full Ass., a la convención de 1914 se estima conveniente la disposición de quebradores mientras no se llegue a la preparación propia del tamaño del carbón en las minas.

### 6. Control de consumos de carbón.

Se estudiará aquí sólo el control de carbón destinado a locomotoras en cuanto tenga relación con la disposición de carboneras mecánicas y depósitos de carbón.

La importancia del establecimiento de un buen servicio de control queda a la vista si se tiene presente que el carbón anualmente consumido por la Empresa representa una inversión de \$ 50 000 000.

Desde la recepción del carbón en los *depósitos primarios* (1), hasta su consumo en las locomotoras tiene lugar una serie continua de pérdidas. Para reducirlas en lo posible, el control debe abarcar los puntos siguientes:

- A) Cantidades de carbón que *ingresan a y egresan de* los depósitos de recepción
- B) Cantidades de carbón *ingresadas a y egresadas de* los depósitos de consumo.
- C) Cantidades de carbón consumidas en los recorridos de cada locomotora.
- D) Carbón consumido en las casas de máquinas.

A) Las cantidades de combustible que ingresan a o egresan de los depósitos de recepción pueden establecerse con aproximación satisfactoria pesando los carros sobre romanas de vía que deben existir en todos ellos. Es necesario únicamente verificar la tarea asignada a los carros para lo cual debe pesárseles una vez descargados, cuando se trata de la recepción, y antes de cargarlos cuando se trata de la expedición.

---

(1) Bases de recepción de la Empresa.

B) En las estaciones principales, las cantidades de carbón que arriban a las carboneras podrán controlarse mediante las romanas de vía que se instaláran en ellas. En las estaciones secundarias la instalación de tales romanas, destinadas exclusivamente al control del carbón, no se justificaría porque su costo es elevado. Habrá que contentarse con controlar el transporte y apreciar el peso por medio de medidas volumétricas. Con este objeto se recomienda efectuar la alimentación de las carboneras mecánicas mediante alimentadores medidores automáticos. La disposición de estos alimentadores se recomienda también en los puntos en que se disponga de romanas de vía porque permiten una carga regular del capacho elevador y se complementa así el control en los puntos en que tiene mayor importancia, es decir, en los de mayor consumo.

La comparación entre las cifras del carbón que egresa de los depósitos de recepción y del que arriba a los puntos de consumo permite el control de las pérdidas que tienen lugar durante el transporte, pérdidas que pueden ser debidas a mala forma de cargar los carros, a robos, etc.

Para juzgar de las anteriores cifras hay que tener presente que las medidas volumétricas deben considerarse afectadas de errores de alguna consideración por la variedad en los pesos específicos del carbón según su procedencia y estado de agregación mecánica.

C) Es necesario registrar las cantidades de carbón entregadas por las carboneras a cada locomotora. Este control puede efectuarse:

- a) Por medida volumétrica.
- b) Mediante aparatos pesadores dispuestos en la carbonera.
- c) Pesando los tónderes completos sobre romanas de vía
- d) Disponiendo aparatos pesadores en la caja de carbón de los tónderes.

Los procedimientos c) y d) exigen gastos de instalación considerables y no han alcanzado desarrollo práctico.

Las medidas volumétricas quedan afectadas por errores debidos a 2 causas:

1.º) Variación en el peso específico del carbón.

2.º) Desigualdad en la carga de los receptáculos medidores. La segunda causa de error puede eliminarse empleando tolvas medidoras automáticas pero quedan subsistentes los errores debidos a variación del peso específico que pueden alcanzar un 7 a 15%.

Empleando aparatos pesadores se podría obtener una aproximación en las cifras de control superior en 5% a la obtenida con medidas volumétricas y se reconoce que, apesar de los mayores gastos exigidos por los pesadores, su adopción sería

descable si no presentasen el inconveniente de orden práctico de descomponerse con suma facilidad debido a lo complicado de la suspensión y por estar rodeados constantemente de humo y polvo de carbón; con cada descompostura el control fallaría por completo. Teniendo presente estas consideraciones, y mientras se perfecciona alguno de los otros métodos de control, *se estima recomendable dotar a las carboneras de tolvas medidoras automáticas.*

D) Como con el anterior método no se puede establecer en forma precisa la cantidad de carbón que trae una locomotora en su tónder al ingresar a la casa de máquinas, no hay por el momento posibilidad de establecer un control efectivo de los consumos dentro de la casa de máquinas. Hay que limitarse a dar instrucciones precisas al personal sobre la forma de ahorrar combustible durante la preparación y caldeo de las locomotoras, y a vigilar severamente el cumplimiento de ellas.

#### 7. Areneros.

Anexas a las carboneras mecánicas se dispondrá depósitos de arena para alimentar los areneros de las locomotoras.

La arena que se entrega a éstas debe ser seca y limpia. El secado se efectuará por medio de estufas de carbón en las carboneras operadas eléctricamente, y por medio de estufas de vapor en las carboneras restantes.

La arena secada se pasará por un tamiz y será conducida en seguida a un depósito elevado de 5 a 10 toneladas de capacidad por medio del mismo ascensor que sirve para la elevación del carbón.

La arena húmeda será almacenada en depósitos a nivel de 20—50 toneladas de capacidad.

Los carros que traen la arena serán descargados a pala a estos depósitos.

### VIII.—DISPOSICION DE LAS CARBONERAS DENTRO DE CADA ESTACIÓN

Las carboneras deben ser ubicadas en las vías de acceso a la casa de máquinas.

En el punto de encarbonadura deben existir también grúas hidráulicas. En esta forma las locomotoras podrán aprovisionarse simultáneamente con carbón, agua y arena.

La vía de llegada del carbón debe comunicarse en ambos extremos con las vías principales de la estación.

Entre las diversas vías que pasan por la carbonera deben existir enlaces que permiten dar elasticidad al movimiento de las locomotoras e impidan que queden

locomotoras esperando hasta que otras, situadas delante de ellas, hayan completado su encarbonadura.

#### IX.—CONCLUSIONES

Las conclusiones del estudio sobre establecimiento de carboneras mecánicas están contenidas en la nota con que fué enviado por la Dirección General de Ferrocarriles al Consejo de Administración. Esta nota, en su parte pertinente dice así:

“Honorable Consejo:

Tengo el agrado de acompañar el estudio sobre instalación de carboneras mecánicas y areneros hecho por esta Dirección General.—Departamento de Tracción y Maestranzas”.

“El servicio del carbón es en la Empresa el mas importante de todos, pues se invierten en él cerca \$ 50 000 000 anuales. Hasta la fecha, todo lo concerniente a su movilización y almacenamiento se ha hecho en una forma primitiva, produciendo gastos considerables, moliendo el carbón por manipulación indebida y faltando un control eficaz, por no existir instalaciones adecuadas”.

“Debido a esto, el jefe del Departamento de Tracción y Maestranzas señor Rodolfo Jaramillo, en su viaje a Estados Unidos estudió, de acuerdo con las casas especialistas de ese país, un programa de instalaciones en conformidad a las necesidades de nuestros ferrocarriles. Reunió todos los antecedentes y estudios hechos tanto por el Gobierno americano, como por las Instituciones que se dedican a esa especialidad en Norte América”.

“Con esos planos, estudios y datos se ha confeccionado el estudio completo sobre la materia que se adjunta”.

“Se propone, en resumen la adopción de carboneras mecánicas de ascensor, tipo americano cuyo esquema se indica en Fig. 4”.

“Se ha clasificado las carboneras en 4 categorías según su capacidad y se ha adoptado para éstas las cifras de 1000, 600, 200 y 50 toneladas.”

“El material de construcción que se consulta es concreto armado para las tres primeras categorías y madera para la última”.

“Se ha previsto winch eléctrico o a vapor según los recursos disponibles en cada localidad.”

“Anexos a todas las carboneras se dispondrá areneros”

---

“El costo total para la realización del presente plan es de \$ 4 005 400. moneda corriente, según los presupuestos de detalle que se incluyen en el estudio”.

“La economía anualmente obtenida en la adopción de este sistema de encarbonadura se estima en \$ 678 000 m|c., tomando en cuenta sólo los gastos directamente avaluables. La economía real será superior a esta cifra por cuanto se obtiene un mejor control de los consumos, se evita en lo posible los robos, la recepción de carbón se efectúa con mayor rapidez, por lo que se distrae ménos equipo carbonero y, en vista del menor molido, se obtiene una combustión más perfecta en las locomotoras”.