

Transporte de Buques por el Istmo de Tehuantepec

Proyecto del Ing. MODESTO C. ROLLAND

Compendiado por el Ing. JOSÉ SÁNCHEZ MEJORADA

Continuación

TERRACERIAS

CUNETAS Y CONTRA CUNETAS

En los cortes se proyectarán las cunetas laterales, cuyo fondo debe quedar más bajo que el desembarque del desagüe del drenaje transversal, con una sección suficiente para recibir estas aguas y los escurrimientos de los taludes laterales del corte. Si por la pendiente las aguas pudieran erosionar el fondo o las paredes de la alcantarilla, se hará escalonada o con revestimiento. Estas aguas descargarán en el primer talweg conveniente.

En lo alto del corte y por lo menos a 4 metros del principio del talud del corte, del lado de arriba de la pendiente del terreno, se harán cunetas que detengan y den salida a las aguas que escurran superficialmente. Igual precaución se tendrá para estas contracunetas que para las cunetas, pues para evitar erosión se harán escalonadas o revestidas.

Al pie de los terraplenes en terreno inclinado y del lado arriba se hará una cuneta a 3 metros por lo menos del pie del talud para recoger los escurrimientos superficiales y llevarlos al talweg más próximo, evitando así que se embeba el terreno en que se apoya el terraplén. En algunos casos será también necesaria la cuneta del lado de abajo para lograr que el terreno de base del terraplén quede seco.

En terreno sensiblemente plano y susceptible de inundarse o habitualmente húmedo con cunetas debidamente diseñadas se tratará de consolidarlo, disminuyendo esta humedad.

Estos trabajos de drenaje superficial no deben limitarse a la proximidad inmediata de la decavía, sino que si así lo requiere el terreno se harán obras para desviar, encauzar, bajar el nivel del agua frática, etc., etc., para lograr la consolidación del terreno base y para proteger los terraplenes.

DRENAJE TRANSVERSAL PRECIPITACION PLUVIAL

Dado el ancho de la corona, por cada metro lineal de la decavía se tienen 44 m². de superficie de lecho de vía que durante la temporada de lluvias, en los fuertes aguaceros recibe una importante cantidad de agua a la que hay que dar salida rápida para que no se embeba en el terraplén y preveer que no erosione los taludes.

Para este objeto se proyecta que la corona del terraplén bien consolidado durante la construcción, sea conformada para que las aguas pluviales se concentren en drenes franceses para evacuarlas al exterior.

La corona quedará formada por planos inclinados, formando una cima al eje de la decavía y cada 40 metros, cimas transversales, con los drenes franceses en la intersección más baja de los planos inclinados que se originan. Estos planos inclinados pueden tener pendientes de 1/35 ó 1/40, si las superficies que limitan la corona no se embeben fácilmente de agua por la clase de material y su buena consolidación.

El lecho de la vía en los cortes también requiere el drenaje transversal, por medios iguales a los antes descritos para el dren de la corona de los terraplenes.

En el punto de desemboque del dren francés, en el talud, se hará un canal con zampeado de piedra hasta llegar a la cuneta, donde se preverá un colchón de agua.

El dren francés está formado como se sabe por una cepa o zanja, rellena por piedra suelta a través de cuyos intersticios circula el agua.

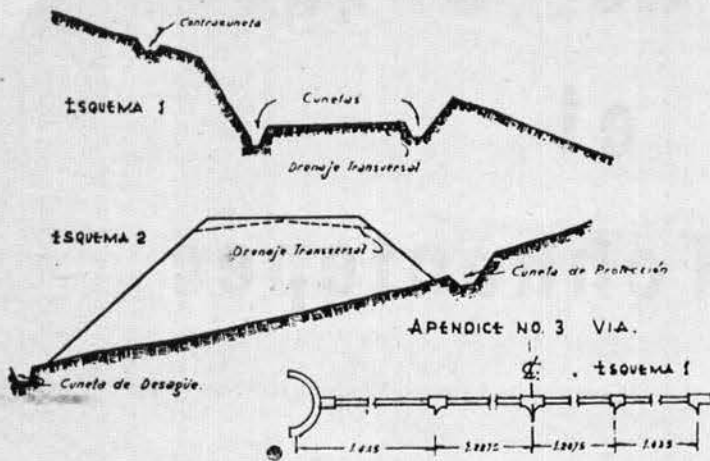
La cepa puede ser de 1 m. de ancho, y fondo con pendiente de 5% y llena con piedra suelta de unos 20 cms, por lado como dimensión media en el fondo y con piedra más chica a los lados y arriba, para impedir que se azolven con tierra los intersticios. Si se considera que transversalmente la corona tenga 3% e iniciándose al centro con 30 cms. de profundidad bajo el sub-balasto, el extremo junto al talud (a unos 20 mts.) tendrá una profundidad de 70 cms.

Se puede aumentar la eficacia del dren francés poniendo en el fondo un tubo de concreto perforado (o de Fe) para dar más rápida salida al agua. El tubo se pondrá sobre grava, con la campana hacia arriba y sin mortero en las juntas.

Este sistema de dren transversal, es necesario no sólo en los terraplenes sino también en los cortes, por lo cual las cunetas tendrán suficiente profundidad con relación a la rasante para recibir estos desagües.

La precipitación pluvial en la zona del Istmo es más intensa en el Norte que en el Sur no sólo por la mayor cantidad de agua caída en el año, sino por la que se precipita en las grandes tormentas. No hay datos pluviométricos suficientes para fijar primera zona con abundante precipitación; durante el invierno las lluvias menudas pero persistentes originadas por los Nortes y la época franca

APENDICE NO. 1 - CUNETAS Y CONTRACUNETAS.



de lluvias de junio a septiembre, con fuertes aguaceros es decir unos nueve meses de lluvia con máximos en septiembre y un corto período de secas de marzo, abril y mayo. Las lluvias más intensas ocurren en septiembre. Esta zona termina en la parte alta del Istmo y las tormentas más intensas ocurren en la parte de montañas.

En la zona del Sur que abarca la vertiente del Pacífico y las llanuras costeras del Sur hay una reducción considerable en la precipitación pluvial, tanto en duración como en intensidad y el período de secas abarca mayor número de meses pues las lluvias de invierno son pocas. cipitación máxima, 5 cm./hora y en el Sur 2 cm./hora o sea

Como dato tentativo puede tomarse en el Norte, pre-50,000 y 20,000 por hora /m². en las grandes tormentas.

ESTUDIO DE LA VIA
BALASTO

El balasto que es material indispensable en las vías, tiene por misión:

- a) Dar rápida salida a las aguas de lluvia.
- b) Sujetar los durmientes para impedir su desalojamiento transversal o longitudinal.
- c) Dar firme soporte a los durmientes.
- d) Repartir la carga sobre la plataforma.

Para esto se escogerá un balasto de grava limpia, o bien, piedra quebrada que es el que se juzga mejor.

Como en terraplenes nuevos, aún los consolidados por medios adecuados durante su construcción, hay algo de hundimiento del balasto en la cama de la vía, se colocará primero un balasto de calidad inferior formando una capa de sub-balasto, que por levantes sucesivos llegará a 10 ó 12 pulgadas (25 a 30 cm.) y ya consolidada se pondrá encima el balasto de buena calidad hasta un espesor de 14 pulgadas. El primer período de sub-balasto y consolidación con el tráfico encima dura probablemente unos 5 años y después se iniciará el período del balasto, que permitirá una vía de primerísima clase.

La sección del sub-balasto y balasto será la que indica la figura; se preve una capa de sub-balasto de 12" (30 cm.) y un final de 14" (35 cm.) bajo el lecho del dur-

miente. Este espesor de sub-balasto se iría dando por capas sucesivas de 4" y la de balasto se pondrá también por capas sucesivas, después que el tiempo y el tráfico hayan ido consolidando los terraplenes.

Entre la corona del terraplén, conformado para que tenga pendientes hacia los taludes de 1/35 y el lecho bajo el sub-balasto, queda un prisma triangular que debe formarse con material permeable en la zona lluviosa. En la zona Sur de pocas lluvias, se puede formar con sub-balasto algo permeable.

La sobre elevación por las curvas que llega a 8 cm., se dará con el sub-balasto, pues durante muchos meses no se podrá poner el balasto.

La cantidad de material necesaria por m. l. de cavía, es:

	m ³ .	m ³ .
Prisma de sub-balasto:	13.440 =	26.475/m. l.
Capa de sub-balasto:	13.035 =	17.250/m. l.

Las especificaciones del material serán las que fija la AREA, y se iniciará el tráfico con la primera caja de sub-balasto.

En los aproches a los puentes hay que enlazar con una ligera curva vertical, la diferencia de nivel entre la rasante definitiva con todo el sub-balasto y el balasto y la rasante temporal inicial y la de los diferentes levantes posteriores.

V I A.—DURMIENTES

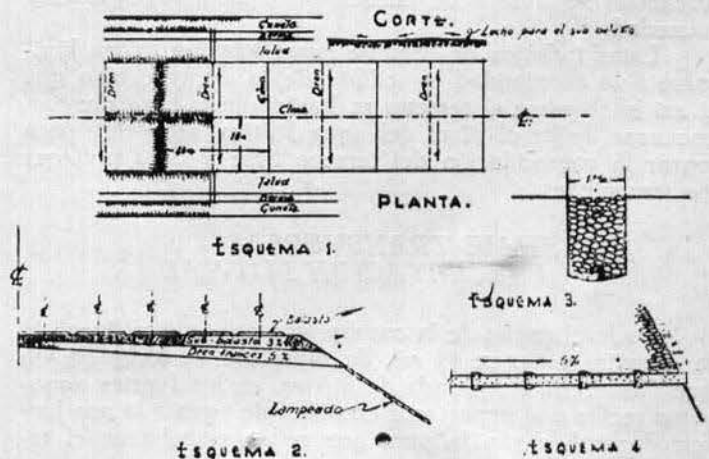
Los durmientes que se han considerado son de 7" X 8", X 8", de madera de pino impregnada de creosota, con los cuales se puede obtener una vida media de 20 años, si se les coloca placa de asiento a los rieles, para evitar la destrucción mecánica y con balasto permeable de 14" de espesor.

Como sustituto de la creosota, se puede utilizar el naftenato de cobre que con un costo similar, da protección a la madera tan bien como la creosota y tiene la ventaja de que no significa un problema su obtención.

La cantidad de durmientes por vía, por Km., es de 2,000 piezas y por las diez vías 20,000 piezas por Km., con un desarrollo probable de 240 Km. se necesitarán 4.800,000 piezas para la vía troncal.

En cinco laderos de 2 Km. de largo cada uno o sean 10 Km. exigen otros 200,000 y las terminales otro tanto, o sea un total de 5.000,000 de piezas.

ESQUEMAS DEL APENDICE NO. 1. DRENAJE TRANSVERSAL.



Con la vida media de 20 años, se requerirá para conservación cada año, 300,000 piezas, que justificaría establecer una planta creosotadora en el Istmo para satisfacer estas necesidades.

Los Ferrocarriles Nacionales tienen desde hace tiempo el proyecto de instalar una planta impregnadora de maderas en el Istmo y la demanda probable de dicha empresa para sus líneas, en el Istmo, unos 1,000 Km. a razón de 180 Km. por año como mínimo, es de 180,000 durmientes.

Esta demanda sumada a la del Ferrocarril Decavia, no podría ser soportada por la región próxima a las vías y habría que traer durmientes desde grandes distancias, lo que encarecería este material. Esta situación se irá agravando año por año, por lo que debe pensarse en un sustituto del durmiente de madera.

Son múltiples los intentos que se han hecho para esto; el durmiente de acero ha cumplido su misión de sustituto en muchos lugares y algunos, de entre los innumerables modelos ideados de concreto, han resistido las experiencias a que se les ha sometido.

En un ferrocarril de Norteamérica se está experimentando desde hace años y al parecer con buen éxito, la plataforma corrida de concreto, eliminado balasto, durmientes y placas de asiento; esta magnífica solución no se puede aplicar sino en terreno perfectamente consolidado, ya sea por el transcurso de los años o por ser terreno natural resistente. En un ferrocarril en construcción, sólo en cortos tramos se podrá encontrar ese terreno natural resistente pero valdría la pena diseñar para esos tramos el tipo adecuado de plataforma para el Ferrocarril Decavia.

En los otros tramos, sujetos a asentamientos desiguales mientras llegan a su completa consolidación, es conveniente escoger entre los múltiples modelos, uno que por sus resultados satisfactorios sea el mejor.

Las fallas que se han observado en los durmientes sustitutos de los de madera, diseñados por los inventores pueden resumirse a las siguientes:

- a) Falta de protección contra la corrosión.
- b) Falla de los medios de sujetar el riel.
- c) Falla en el aislamiento requerido para ciertas instalaciones eléctricas (C. T. C. por ej.).
- d) Falta de resistencia suficiente por debilitamiento al diseñar los sujetadores del riel.
- e) Uso de ángulos interiores cortados sin redondeo o taladros cuadrados, lo que origina el desarrollo de grietas en esos ángulos.
- f) Falta de resistencia a las ruedas descarriladas.
- g) Diseño de la base del durmiente en forma tal, que dificulta e imposibilita el calzarlos y hace impracticable conservar nivelada la vía.
- h) Diseño tal del durmiente, que no mantiene alineada la vía o hace impracticable el alinearla.
- i) Falta de resistencia, lo que origina rotura al ceder el lecho.
- j) Falta de protección en los durmientes de concreto, contra la abrasión causada por el balasto.
- k) Falta de previsión para la expansión y contracción en durmientes combinados de acero y concreto.

Ver Manual AREA. Pág. 328.

Durmientes de Cemento Armado.

Como este Ferrocarril se construirá en una región subtropical en donde en la mayor parte del trazo hay siempre mucha humedad, creemos que lo más indicado es el usar el durmiente de cemento armado, cuya duración es indefinida. El gran problema de los durmientes de cemento armado para uso de ferrocarriles pesados, es que a gran velocidad no se ha encontrado todavía una buena solución para unir el riel al durmiente y es en este punto en donde se nota siempre deterioro.

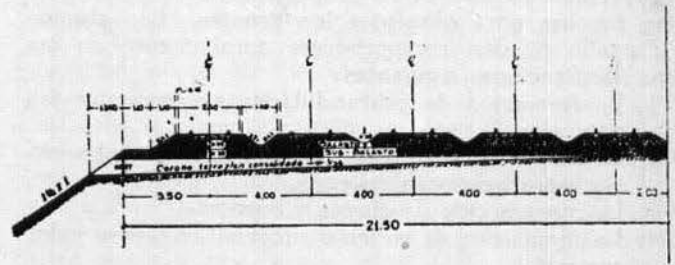
Hemos estudiado el uso de estos durmientes en todo el mundo, habiendo llegado a la conclusión de que cuando se trate de velocidades lentas, entonces con los datos que se tienen ya de la experiencia, es perfectamente factible y posible el uso del durmiente de cemento armado, aprovechando sus grandísimas ventajas.

Como el caso nuestro es el de aplicar velocidades lentas que no pasarán de 30 Km. por hora, insistimos que se deben usar durmientes de cemento armado, que a la postre resultarán muy económicos.

Como la vida de un durmiente de cemento armado en las condiciones que hemos indicado, puede apreciarse cuando menos en 50 años, se necesitarán alrededor de 200,000 durmientes para el trabajo de conservación. Creemos que ésta será la mejor solución, a fin de no agotar los bosques del Sureste por esta causa.

Costo.

Si se considera que el durmiente de cemento armado puede costar alrededor de \$20.00, como se necesitarán 5,000,000 de piezas el costo total de los durmientes será aproximadamente de \$10,000,000.00.



$$\begin{aligned} \text{SUB-BALASTO/m} &= (21.50 \times 0.5) \times 2 + 0.45 \times 0.5 = 12.900 + 0.135 = 13.035 \text{ m}^3 \\ \text{BALASTO/m} &= (9.50 \times 0.55) \times 2 + 1.10 \times 0.55 - (0.2 \times 0.175 \times 2.40) \times 20 - \frac{1}{4} (1.40 \times 0.35) \times 9 = 17.25 \text{ m}^3 \\ \text{PRISMA/m} &= (21.50 + 0.50) \times 0.40 \times \frac{1}{2} = 13.44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VIA.-RIELES

La longitud normal del riel de 115 Lbs. es la de 39' (11.89 m.) y por lo tanto en un kilómetro de vía sencilla se tienen 168 juntas, que además de aumentar el peso del material de acero por kilómetro, son puntos débiles en la superestructura que incrementan el costo de conservación de vía en su nivel y alineamiento y dañan el material rodante.

Usando juntas soldadas para tener rieles de unos 500 mts. (42 rieles soldados = 499.38 m.) se tienen solamente dos juntas en cada hilo por kilómetro lo que significa una gran ventaja.

La dilatación de un riel de 500 mts. con variación de temperatura de 10° C. a 60° C., con un coeficiente de dilatación.

$$= 10.5 \times 10^{-6}, \text{ será}$$

$$E = 500 \text{ m} \times 10.5 \times 10^{-6} \times 50^\circ = 0.26 \text{ m.}$$

dilatación considerable que de realizarse sin obstáculos originaría una vía inutilizable.

Continuará

TRANSPORTE DE BUQUES

POR EL

ISTMO DE TEHUANTEPEC

Proyecto del ING. MODESTO C. ROLLAND

Compendiado por el ING. JOSÉ SÁNCHEZ MEJORADA

(continuación)

Hay que observar desde luego que al tender el riel no se encontrará éste en uno de los extremos de variación, y si el riel al ser tendido está por ejemplo a 35°C la variación para dilatación será justamente la mitad o sea 0.13 m. por exceso o por defecto, para la temperatura menor o para la mayor.

Con un coeficiente de elasticidad de 22,000, se tendrá un esfuerzo originado por la compresión o por la tensión por unidad de longitud de

$$22,000 \times \frac{0.13}{500} = 5.72 \text{ kg./m.}^2$$

ó de 11.44 Kg. para el caso de haber tenido vía a 10°C con las juntas extremas a tope y después subir la temperatura del riel hasta 60°C. Esta tensión o esta compresión no excede los límites de trabajo elástico.

La experiencia ha demostrado que gran parte de ese esfuerzo es absorbido por las resistencias al deslizamiento en cada apoyo de durmiente por dos o más clavos y aun en casos extremos, en el de compresión por ejemplo, el peligro sería que la vía se deformara por flexión lateral del riel. El "Flambeo" hacia arriba es poco probable por ser en ese sentido la resistencia máxima, (momento de inercia mayor) y además el peso propio del riel y el de los durmiente, que tendrían que ser levantados. El "flambeo" lateral es el que debe temerse, por tener un momento de inercia menor en ese sentido y la fricción por el desalojamiento sobre el balasto es la resistencia que se opone a ese "flambeo"; naturalmente una losa corrida de concreto armado, opondría resistencia absoluta a ese "flambeo" y los pernos o piezas de anclaje del riel a la losa, tendría que calcularse al cizalleo para este caso.

En resumen, si se desea calcular los esfuerzos necesarios para el "flambeo" se debe considerar la vía como una estructura, es decir los dos rieles unidos por los durmientes mediante clavos o pijas, pero la práctica ha demostrado que en tangentes o en curvas horizontales de gran radio no se presenta el "flambeo" lateral y el vertical más raramente se presentan en las curvas verticales en las cimas.

Es pues de recomendarse el soldar los rieles en tramos de 500 mts. por no significar ningún peligro y si una mejora eficaz.

El proceso sería tender una primera vía con juntas, y después, llevar los rieles soldados en el taller y montados en plataformas para descargarlos, con piezas de riel que sirvieron de plano inclinado para que quedarán prácticamente en su lugar definitivo en la vía lateral inmediata. La primera vía se soldaría sobre el terreno y cada vía tendida permitiría llevar el riel de gran longitud para la vía contigua.

ACCESORIOS DE VÍA

Los accesorios de vía incluyen:

- Planchuelas.
- Tornillos, tuercas, rondanas de presión.
- Placas de asiento.
- Clavos.
- Anclas.

Planchuelas:

Las planchuelas son de cordón, de 24", de 4 tornillos y de peso de 28 Kg. 399 el par.

Las especificaciones para este material son las de la AREA.

Tornillos: Los tornillos son de 1" por 5½ y se sujetarán a las especificaciones de la AREA.

Rondanas de presión: Las rondanas de presión, de acero de buena calidad sirven para conservar apretadas las tuercas. De las distintas clases en el mercado se escogerá la mejor.

Placas de asiento: Las placas de asiento para riel de 112 libras R. E., pueden utilizarse en el de 115 libras RE pues estos dos tipo sde rieles tienen el mismo ancho de patín.

Las dimensiones generales son 11" x 7¼" que inclina el riel en ¼°, con doble hombrillo, 6 a 8 taladros para clavo, grueso de 23/32", y peso aproximado de 13.8 libras, por unidad (6.260 Kg.).

Composición química y especificaciones de manufactura, las que establece la AREA.

Clavos.—El clavo será el clavo standard de vía, de cuello reforzado, de sección $\frac{3}{8}$ " a $\frac{1}{2}$ " y 6" de agarre. punta de bisel. Las especificaciones de composición química y manufactura son las de la AREA.

Anclas: Este material sirve para sujetar el riel, e impedir su corrimiento, lo que causa serios trastornos. Dada la pendiente tan baja del trazo (0.5%) es probable que este fenómeno no se presente en la Decavía; pero si así no fuere se usarán anclas de acero de una sola pieza que se sujetan por su propia elasticidad al patín del riel. La experiencia indicará si son necesarias.

MATERIAL DE CAMBIO

El material de cambio con sapos de número mayor de 20, que es el máximo diseñado por la AREA, tendrá que ser de modelo especial.

Los sapos, agujas, orejas, placas de corredera, varillas de conexión, etc., de cada cambio de vía unitaria no difiere de el Standard de los F. C. comunes a diferencia de la barra de conexión y el árbol de cambio que por tener que manejar simultáneamente diez cambios (20 agujas) son de diseño especial.

Las características de la barra de conexión deben ser:

a) Tener la resistencia necesaria para transmitir sin flexionarse o romperse el movimiento a 20 agujas.

b) Dada su longitud (unos 40 metros) debe estar montada en rodillos guías que además de impedir la flexión lateral, reduzcan los frotamientos.

c) Las conexiones con cada una de las 20 agujas, debe ser muy resistente y fácilmente ajustable al mismo tiempo para lograr que todas las agujas ajusten exactamente al riel simultáneamente.

d) Las partes descubiertas de la barra serán mínimas, lo indispensable para las conexiones y el juego del cambio, el resto estará encajonado o entubado, para impedir que algún obstáculo accidental, estorbe el fácil movimiento.

Las características de árbol de cambio deben ser:

a) Solidez especial para resistir y transmitir los esfuerzos necesarios para mover las agujas (20).

b) Sistema de engranes para reducir el esfuerzo necesario hecho por el hombre al mover el cambio y sin embargo no hacer demasiado lenta la maniobra.

c) Posibilidad de mover aisladamente el cambio ya sea manualmente, o bien a distancia por procedimientos eléctricos (C. T. C.). En este sistema el despachador gobierna los cambios desde su oficina.

d) Bandera y luces que indiquen la posición del cambio y sean claramente visibles desde 2 Kms. de distancia. Para esto el árbol debe ser más alto, la bandera más grande y la luz de la lámpara del cambio más intensa que lo usual en Ferrocarriles.

e) Para ayudar en la noche a la clara distinción o visibilidad de las señales de cambio. La bandera tendrá pequeños reflectores que al reflejar la luz de los

fanales del tren-dique, indiquen por su color y por la figura que delimiten, la posición del Cambio.

f) Al establecer el sistema C. T. C., las luces que indican la condición de cada tramo (vía libre o vía bloqueada, precaución) son eléctricas y se gobiernan por el Despachador desde su oficina.

SEÑALES EN LAS VIAS — CERCA DE PROTECCION

Como todo el derecho de vía estará cercado, los cruzamientos con otros sistemas de comunicación serán a distinto nivel; las locomotoras sistema Diesel-eléctrico para los trenes comunes no necesitarán combustibles o agua en el camino, las señales principales serán las del sistema Control de tráfico centralizado C. T. C., las que gobernarán eléctricamente todos los encuentros de trenes.

Las *señales fijas* se reducirán por lo tanto a:

Postes kilométricos.

Señales de velocidad límite.

Nombres de estaciones para los trenes comunes.

Preventivas de silbato o sirena al llegar a los puntos de encuentro o a las terminales.

Señales del C. T. C.

Las señales accidentales y móviles serán:

Orden temporal de reducción de velocidad, por desperfectos accidentales.

Preventiva de cuadrillas de trabajo, para avisar por silbato o sirena la proximidad del tren.

Todas las señales deben tener una característica adicional a las de las señales en ferrocarriles comunes; ésta es la de una visibilidad a distancias mucho mayores, puesto que el tren-dique no puede aminorar su velocidad y mucho menos parar en distancias cortas.

Para realizar esto, esas señales serán:

De grandes dimensiones.

Instaladas a gran altura.

Tendrán prismas reflectores para que en la noche, la misma luz de los fanales al reflejarse, los haga luminosos.

Las señales luminosas del C. T. C., serán de mucho mayor potencia luminosa y su posición estratégica, cuidadosamente elegida. A ser posible, que estén emitiendo señales de radio, que serán captadas por los receptores a bordo de los trenes-dique.

Las señales temporales necesarias así como las preventivas, se colocarán a distancia tal, que se pueda controlar sin dificultad la velocidad del tren-dique que no debe parar en menos de 2,500 a 3,00 metros.

Todas las señales temporales y las del C.T.C. son el complemento y la confirmación de las prevenciones u órdenes radio-fónicas en ningún caso deben omitirse.

Las *cercas* deben impedir en forma efectiva que transiten sobre las vías personas o animales. La vigilancia de las cuadrillas y guarda vías debe ser constante, de día y de noche y deben tener la autoridad y los medios para oponerse a los que pretendan penetrar al derecho de vía.

(continuará)