

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



"FERROCARRIL A DOS BOCAS"

T E S I S

que para obtener el titulo de

I N G E N I E R O C I V I L

p r e s e n t a :

MARIO SOLANO RODRIGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"FERROCARRIL A DOS BOCAS"

	Página
0. INTRODUCCION	1
1. PROYECTO	7
1.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO	7
1.2 LOCALIZACION Y TRAZO	9
1.3 ESTUDIOS DE CAMPO	15
1.3.1 TOPOGRAFIA	15
1.3.2 TOPOHIDRAULICA	16
1.3.3 GEOTECNIA	17
1.4 NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO	18
1.4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL	18
1.4.2 LADEROS	26
1.4.3 ALINEAMIENTO VERTICAL	27
1.4.4 SECCION TRANSVERSAL	31
1.4.5 ESTUDIO DEL TREN TIPO	39
1.5 PROYECTO GEOMETRICO	46
1.5.1 PLANTA	46
1.5.2 PERFIL REAL	46
1.5.3 PERFIL VIRTUAL	47
2. CONSTRUCCION	52
2.1 TERRACERIAS	52
2.1.1 CORTES	52
2.1.2 TERRAPLENES	52
2.1.3 MOVIMIENTOS	52
2.2 OBRAS DE DRENAJE	55
2.2.1 ALCANTARILLA DE ALIVIO	55
2.2.2 ALCANTARILLA DE ENCAUZAMIENTO	55
2.2.3 ESTRUCTURAS	57

	Página
2.3 ARMADO DE VIA Y SEÑALAMIENTO	64
2.3.1 ARMADO DE VIA	64
2.3.2 FIJACION	74
2.3.3 SEÑALAMIENTO	76
2.4 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION	78
2.4.1 TERRACERIAS	78
2.4.2 OBRAS DE DRENAJE	85
2.4.3 ARMADO DE VIA	89
2.4.4 SEÑALAMIENTO	112
2.5 PRESUPUESTO	116
2.5.1 TERRACERIAS	116
2.5.2 OBRAS DE DRENAJE	123
2.5.3 ARMADO DE VIA Y SEÑALAMIENTO	126
3. DESCRIPCION DE OBRAS NOTABLES	127
3.1 PUENTE CIRCUITO DEL GOLFO	127
3.2 OBRAS MENORES	127
4. CONCLUSIONES	129

0.- INTRODUCCION

Función de la red férrea

Es criterio general, en los países con sistemas de transportación racionalmente integrados, considerar a las vías férreas como el medio medular o troncal apropiado para enlazar puntos extremos en un territorio servido, pudiendo ser éstos: un centro productor con otro de consumo, una explotación mineral (yacimiento) con una planta de refinación, un centro generador de carga de explotación con un puerto marítimo, dos puertos marítimos en el caso de los corredores terrestres, una línea troncal atravesando o conectando zonas urbanas densamente pobladas y finalmente una vía de penetración en una región factible de explotar. En este consenso la red caminera viene a ser el sistema alimentador o secundario, principalmente en lo que a movimiento de carga se refiere.

A la anterior concepción se agrega que el medio de transportación por vía tiene como privativos ciertos tipos de carga masiva, representados principalmente por productos agrícolas y por minerales a granel que por los volúmenes transportados y los costos de flete, no ha podido ser superado por otro sistema de transportación terrestre, aunque cabe mencionar que a últimas fechas los ductos o tuberías intentan hacerle competencia en distancias cortas por lo menos, con la innovación introducida por los ferrodutos, de cuyo ejemplo se menciona el proyectado y en proceso de construcción en la explotación siderúrgica de las Truchas, Michoacán.

En nuestro medio, los criterios anteriormente anunciados han sufrido alteraciones substanciales, al dedicar atención prioritaria a los proyectos, construcción y mantenimiento de la red caminera que a la fecha alcanza una longitud del orden de los 200 000 kilómetros, y que día a día se incrementa, principalmente por la eficiencia con que se desarrollan los Programas de Caminos Rurales en todo el ámbito Nacional.

En una forma simplista se considera que una inversión mayoritaria a la red caminera es el COSTO DE CONSTRUCCION; dadas las características topográficas de nuestro territorio, con la ubicación del gran centro consumidor en el altiplano, a 2 000 metros de elevación y los centros de abastecimiento de materia prima y alimentos en las zonas costeras del Pacífico y Golfo de México, así como por las características geométricas distintivas entre vía férrea y camino; la primera con restricciones de pendientes no mayores del 2.5 por ciento, con curvaturas máximas de 6 grados y con limitaciones considerables de ascenso - descenso, en contra de las especificaciones camineras más liberales: Con curvaturas del orden de 12 a 15 grados, pendientes del 6.0 por ciento para autopistas y hasta 12.0 por ciento para caminos rurales, con amplia libertad para ascender y descender en su perfil para plegarse al terreno, determina diferencias substanciales en los costos de construcción, no así en los COSTOS DE OPERACION, un aspecto algo intangible en nuestro medio; si a lo anterior agregamos la exclusividad de la operación de los ferrocarriles por parte de las Empresas Ferroviarias, entenderemos porqué el camino, por ser más liberal y democrático, ha sido más favorecido por las inversiones.

No es objeto de la presente obra censurar las políticas camineras pasadas o presentes, son loables los logros de las mismas y en virtud de los cuantiosos recursos invertidos en su realización y los que ya se están invirtiendo en la infraestructura Portuaria, resulta lógico concluir - que se debe atender el aspecto ferroviario, que complementará y por lo tanto hará más eficientes a las arriba mencionadas, independientemente de otros objetivos básicos de primordial importancia como son: el desarrollo industrial, la explotación de los energéticos y la producción de alimentos en donde como veremos mas adelante, el ferrocarril aparece - como un elemento indispensable.

Explotación Minera

En el pasado, nuestro país ganó merecida fama internacional como produc

tor de minerales metálicos principalmente, en la actualidad se pretende incentivar notoriamente esta actividad y en paralelo se planean mejoras notables a los ramales férreos que a continuación se mencionan:

- a) Ferrocarril Manzanillo-Guadalajara.- Para la explotación del yacimiento de Peña Colorada
- b) Construcción del Ramal Calabazas-Mina La Caridad.- Para la explotación de cobre en esta localidad
- c) Terminación y puesta en operación del tramo ferroviario Corón diro-Las Truchas.- Para resolver, en forma definitiva el abastecimiento de carbón a la Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas.

Explotación de hidrocarburos y petroquímica

Como parte de la infraestructura de la explotación de crudo y gas, en la zona sureste del país, se inició recientemente la construcción de la Troncal Chontalpa-Dos Bocas y ramales a Cactus, Complejo Tabasco y Huimanguillo, que tendrán la función de abastecer materiales para construcción a los futuros complejos tratadores de gas y petroquímica.

En la etapa de explotación, ya concluidas las obras ferroviarias, estas conexiones desempeñarán un importante papel en el movimiento de azufre sólido, gas, tubería para perforación y tendido de líneas, cemento, barita, bentonita y equipo de muy diverso tipo. Existe también la posibilidad de manejar, por la Troncal Chontalpa-Dos Bocas los productos demandados o generados por la agro-industria del llamado Plan Chontalpa, así como explorar las expectativas que existen para el transporte colectivo - del gran volumen de personal obrero que demandará la operación de los -- distintos complejos en la región, de y hacia los Centros de Población con sede en: Villahermosa, Cárdenas, Huimanguillo, Chontalpa y Comalcalco, - principalmente.

Actividad Industrial

La puesta en marcha de los planes de Desarrollo Industrial del gobierno -

federal han traído aparejada la imperativa necesidad de mejoras importantes en las troncales que soportan ya fuertes volúmenes de carga, como es el caso de las troncales México-Nuevo Laredo, México-Ciudad Juárez, - Coatzacoalcos-México y México-Guadalajara, principalmente, y anticiparse con nuevas líneas que empuen la red férrea en las regiones en franco - desarrollo o en vía de desarrollarse, para mejor comprensión.

La industria en su concepción más general necesita del medio ferroviario para el manejo de materias primas y productos elaborados, con la fabricación futura en nuestro país de equipo ferroviario especializado será factible el transporte de un sin número de productos, como es el caso de - los ferrocarriles norteamericanos que mueven carga agrícola perecedora - en carros-refrigerador y automóviles en plataformas de dos y tres niveles, en nuestro país, la insuficiencia de este equipo especializado ha - limitado el campo de intervención del ferrocarril, pero es notable el es - fuerzo del Régimen para superar estas carencias.

Construcción y operación de Puertos Industriales

La presente Administración Pública con notable entusiasmo y decisión emprende colosal tarea para dotar al país de polos de desarrollo Portuario-Industrial: En la zona del Golfo en los puertos de Laguna del Ostión y - Altamira; el puerto de Dos Bocas, para el manejo del crudo procedente de las plataformas marinas y para el despacho del producto de exportación; en la práctica se le puede considerar también como Puerto Industrial, -- veamos en que forma se planea la participación de los ferrocarriles en la realización de estos ambiciosos planes.

- a) Con singular acierto se inician proyectos y construcción de las conexiones por medios ferroviarios a los futuros Puertos Industriales de Altamira, al norte de Tampico, Laguna del Ostión, al norte de Coatzacoalcos y al futuro puerto petrolero de Dos Bocas; esto es en el Golfo de México; en el Pacífico, para los Puertos Industriales de esa región: Salina Cruz y Lázaro Cárdenas, también se prevén mejoras y ampliaciones a los accesos por vía.

Con las anteriores medidas se pretende que el ferrocarril sea parte de la infraestructura Portuario-Industrial a la vez que se propiciará el acarreo de materiales y equipo de construcción en forma masiva y a bajo costo.

- b) En la etapa de operación será significativa la presencia de los ramales ferroviarios que alimentarán o drenarán la carga que se genere en las distintas áreas del puerto o las materias primas que se demanden.

Pensando con optimismo, se cree que en un lapso de 3 ó 4 años se tendrán en plena operación los siguientes puertos: Progreso, Dos Bocas, Coatzacoalcos, Ostión, Veracruz, Tuxpam, Tampico y Altamira; ocho -- puertos que convendría intercomunicar por medios terrestres completando el ferrocarril costero del Golfo con el proyecto y construcción del tramo Jáltipan-Alvarado y su línea complementaria Zanapa-Jáltipan (libramiento del núcleo urbano-industrial de Coatzacoalcos).

Las ventajas de la operación de estas líneas ferroviarias son múltiples, mencionándose como sobresalientes las siguientes:

1. Integración de las zonas de influencia de los puertos mencionados.
2. Interconexión de los puertos por medios terrestres, lo que representa una ventaja de alcances incalculables en caso de presencia de mal tiempo o averías a las instalaciones de uno o más puertos.
3. Interconexión de las áreas de explotación de PEMEX: la región sureste con la noreste.
4. Entrada del flete proveniente del sureste al centro consumidor del altiplano, remontando menores pendientes.
5. Movimiento del flete del sureste hacia los puntos fronterizos del noreste del país, evitando el paso por el Valle de México.
6. Contar con dos vías de comunicación entre el sureste y el altiplano: por el Mexicano y por el Interoceánico.

La línea a que se hace referencia, tiene la enorme ventaja de poder alojarse en una faja de terreno adecuada entre las estribaciones de la Sierra de los Tuxtlas y el curso del río San Juan, permitiendo pendiente y curvatura moderada.

Las mejoras de la red férrea y el Programa Nacional de Alimentos

Para resolver el cada día más crítico problema de la alimentación, el Gobierno General ha implantado el PRONAL (EX SAM), cuyo logro representa un verdadero reto a toda la Comunidad Mexicana; los planes acelerados de ampliación y mejoría a la Red Férrea, principalmente en la costa del Golfo de México, en la región sureste del país, juntamente con los planes de ampliación de los servicios de recibo y despacho de trenes en las localidades de Ciudad Juárez, Monterrey, Guadalajara y área Metropolitana, harán más eficiente el manejo de granos principalmente, tanto de importación como de producción nacional, evitando los congestionamientos ya tradicionales en los enlaces fronterizos. La red costera del Golfo, paralelamente con la instalación de dispositivos y equipos en los muelles especializados de los Puertos Industriales, garantizarán la fluidez en el desembarco y el transporte de los granos, desde su entrada hasta su distribución en los centros de consumo en el interior del país.

1.- P R O Y E C T O

1.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

Entre las grandes obras que Petróleos Mexicanos ha planeado para el desarrollo de la infraestructura de transporte, como apoyo fundamental de la producción petrolera y petroquímica en la región del sureste, figura con carácter relevante por la magnitud de la inversión que supone, tanto como la importancia económica de su contribución el movimiento de insumos y productos en relación con la industria de explotación y transformación de petróleo y gas, el sistema de vías férreas que con su troncal y ramales orientados a objetivos múltiples constituye la materia generatriz del presente documento.

El proyecto ferroviario que integra el sistema mencionado comprende: el Ferrocarril a Dos Bocas, que es la vía troncal y por consiguiente la ruta más importante del conjunto, con una longitud total de 98.4 kilómetros medidos sobre su eje, desde el punto de conexión a la vía de los - Ferrocarriles Unidos del Sureste (F.U.S) cerca de la estación Roberto - Ayala, hasta el tramo final de vía al norte del puerto de abastecimiento en la terminal marítima Dos Bocas; el ramal al complejo petroquímico Cactus cuya vía que cruza la porción septentrional del estado de Chiapas incorporando al sistema ferroviario las instalaciones petroleras de Reforma y el futuro complejo petroquímico Tabasco I, tiene una longitud total aproximada de 34.8 kilómetros, desde su conexión con el Ferrocarril a Dos Bocas hasta Tabasco I, incluyendo el puente sobre el río Mezcalapa que es la estructura más grande de todo el sistema; el ramal al futuro complejo petroquímico Huimanguillo antes conocido como Tabasco II con una longitud total aproximada de 4.9 kilómetros, desde su derivación del Ferrocarril a Dos Bocas hasta su terminal en el complejo mer--

cionado; el ramal a los depósitos fluviales de Amacohite con una longitud de 18 kilómetros, que se conecta al F.U.S. en un sitio intermedio - entre el actual puente Mezcalapa y la estación Roberto Ayala, cuya finalidad es integrar a la red ferroviaria los bancos de grava-arena que se localizan aguas arriba de la estación San Manuel, para abastecer de agregados pétreos las obras de Petróleos Mexicanos en la región, tales como la terminal marítima Dos Bocas, la central de almacenamiento de Cárdenas, los futuros complejos petroquímicos, etc., y finalmente el proyecto incluye un ramal a la zona de explotación de piedra caliza, que con una -- longitud aproximada de 6.1 kilómetros se deriva de la vía del F.U.S. -- aproximadamente 5 kilómetros al oriente de la población de Teapa, con el objeto de proveer la infraestructura necesaria para el transporte de la roca que se explotará en grandes volúmenes del banco local, esencialmente para la construcción de las escolleras en las obras portuarias de Dos Bocas.

El proyecto ferroviario de referencia comprende en resumen una troncal que es el Ferrocarril a Dos Bocas y cuatro ramales que corresponden a - Cactus, Huimanguillo, Amacohite y Teapa, que en conjunto constituyen la red de conexiones ferroviarias cuya construcción ha programado Petróleos Mexicanos en la zona de Tabasco-Chiapas.

La línea de ferrocarril que habrá de integrar la terminal marítima Dos Bocas al sistema ferroviario nacional, se localiza en la porción centro occidental del estado de Tabasco, al poniente de Villahermosa, con desarrollo en el sentido sur-norte en la primera mitad de su recorrido y - suroeste-noreste en la longitud restante hasta su destino final en la - zona Litoral, siguiendo un curso sensiblemente paralelo al cauce del -- río Mezcalapa desde su entronque con el F.U.S. hasta Cárdenas, y al cauce del río Seco desde Cárdenas hasta Paraíso, con su eje hacia el poniente de ambos ríos prácticamente en la totalidad de su desarrollo, que tiene su origen en un sitio próximo a la estación Roberto Ayala del -- F.U.S. al sur de Huimanguillo, y su destino final en la terminal maríti

ma de la cual toma su nombre, con una longitud total medida sobre el eje troncal de 98,4 kilómetros, desde su entronque con el F.U.S. hasta el -- punto extremo de la vía en el puerto de abastecimiento de la terminal ma- rítima.

La línea del Ferrocarril a Dos Bocas, se conectará a la vía existente -- del F.U.S. mediante una "Y" con un ladero de entronque, localizados 1.76 kilómetros al poniente de la estación Roberto Ayala del F.U.S. en el -- k-125+268.14 de esta vía, y en su desarrollo hacia la terminal marítima pasará cerca del futuro complejo petroquímico Huimanguillo, la población de este mismo nombre, el ingenio azucarero Nueva Zelandia, Cárdenas, el complejo agroindustrial del Plan Chontalpa, el ingenio azucarero Santa Rosalía, Comalcalco y Paraíso, integrando una importante vía de comunica- ción que beneficiará de manera significativa el desarrollo económico de la entidad en general, como acción colateral de su finalidad concreta - que consiste en permitir durante su etapa inicial de operación, el trans- porte de roca, agregados pétreos, cemento, acero, tuberías y otros mate- riales destinados a la construcción de las obras portuarias de Dos Bocas y otras que Petróleos Mexicanos realiza en la región, y posteriormente - el movimiento general de insumos y productos, tanto de Petróleos Mexica- nos como de los sectores agrícola e industrial, en la zona del estado de Tabasco.

El Ferrocarril a Dos Bocas comprende en el k-12+705 de su vía troncal una derivación hacia el poniente, que incorporará el complejo petroquímico - Huimanguillo al sistema ferroviario, y otra más en el k-28+718 que habrá de integrar Cactus, Reforma y Tabasco I a la red proyectada.

1.2 LOCALIZACION Y TRAZO

La localización de las rutas se efectuará por procedimientos fotogramétri- cos combinados con reconocimientos terrestres, por lo que la ubicación en el terreno de los puntos de inflexión se realizará por identificación en fotogramas. Una vez definidos los puntos de inflexión se procederá al ali- neamiento de las tangentes. El levantamiento se llevará a cabo por dife-

rentes brigadas simultáneamente, por lo cual será necesario dividir la línea en tramos de longitud adecuada para cada brigada. La división de los tramos se hará siempre sobre tangente, aproximadamente en su parte media, para lo cual fue necesario alinear perfectamente esta tangente, apoyándose en los puntos de inflexión extremos. En el tramo más cercano al entronque con el Ferrocarril del Sureste, será necesario iniciar el levantamiento a partir de este último, efectuando el trazo del proyecto del entronque respectivo. En los tramos siguientes, el levantamiento puede iniciarse en cualquiera de los extremos a medida que la línea se aleje del Ferrocarril del Sureste, para lo cual, cuando se proceda en sentido contrario, el cadenamamiento del estacado irá descendiendo progresivamente de acuerdo con el espaciamiento de las estaciones, sin embargo, para evitar cadenamamientos iguales en tramos distintos, se estimará a priori un cadenamamiento de origen conveniente para cada tramo. basado en las longitudes de cada uno de ellos y dando una tolerancia en longitud suficiente para no incurrir en el problema de no tener cadenamamientos superpuestos en los subtramos cercanos a la unión entre tramo y tramo. El alineamiento de las tangentes para cada tramo se realizará apoyándose en los puntos de inflexión fotoidentificados, se usarán métodos topográficos aplicables a este fin, sin embargo, se permitirá un desplazamiento de los puntos de inflexión en un radio de cinco metros, respecto a su ubicación preliminar. Ya que el cadenamamiento deberá llevarse por el eje definitivo de la vía, será necesario trazar las curvas circulares y de transición, calculándolas a partir de los datos del punto de inflexión correspondiente, el grado de curvaturas y la velocidad de proyecto. Por otra parte el Eje de Trazo quedará precisamente sobre la tangente de adelante, debiendo confirmarse su posición con visuales al punto de inflexión y a un punto sobre tangente alejado por lo menos 500 metros; en el caso de encontrarse un desplazamiento en el Eje de Trazo, se tendrá que trazar la curva otra vez.

Para la medición de distancias entre PI y PI, se empleará un distanciómetro electrónico con precisión por medida de \pm un centímetro; si el alcance del instrumento es menor a la distancia entre PI y PI, o si no existe intervisibilidad entre estos puntos, se fijarán puntos sobre tangente para

apoyar las mediciones parciales, procurando que éstas sean lo más largas posibles. La fijación de los puntos de apoyo sobre la tangente, será sumamente precisa y se medirá el ángulo horizontal en cada uno de ellos para comprobar que no difieran de dos rectas en más de cuatro segundos, si las distancias adyacentes son del orden de un kilómetro y en no más de ocho segundos si las distancias adyacentes son del orden de medio kilómetro.

Se medirá la distancia en cada tramo en los dos sentidos, esto es, se hará estación en todos los puntos con el aparato de mando, tomándose la distancia a cada lado de la estación.

Para el control azimutal de la línea se efectuarán orientaciones astronómicas por el método de "distancias zenitales del Sol". Estas observaciones se harán entre las 8 horas y las 10 horas o entre las 14 horas y las 16 horas. En el registro que se lleva, se utilizará la primera serie para hacer observaciones únicamente al sol, con el fin de determinar la Δt del reloj que se utilizará; la segunda y la tercera serie se observarán en menos de 10 minutos y para continuar con la tercera y cuarta serie deberán transcurrir 30 minutos, con el fin de contar con un intervalo de tiempo suficiente, que permita el cálculo de la latitud del lugar. Se considera que las cuatro series fundamentales que definen el meridiano (2a. 3a. 4a. y 5a.), no deberán dar azimutes que difieran en más de cinco segundos, - por lo que de no conseguirse esto, deberá repetirse la observación.

La instrumentación con que se hará el trazo, constó básicamente de un distanciómetro electrónico, un teodolito con aproximación efectiva de un segundo y un equipo de poligonación; en caso de no contar con este último, tendrán que usar banderas perfectamente niveladas y centradas, para lo cual se usarán tirantes hacia los cuatro vientos que garanticen su verticalidad e inmovilidad.

Por otro lado, en lo referente a la instrumentación para las orientaciones solares, se contará con un prisma solar, un alfilero aneurístico, un -

termómetro (registra la temperatura a la sombra) y un reloj cronógrafo - que marcará la hora del meridiano $90^{\circ}W$ de Greenwich con un error máximo de cinco minutos. El prisma Roelofs se puede reemplazar por un helioscopio ocular.

Independientemente de la poligonal principal de precisión, integrada por las tangentes y los puntos de inflexión, se llevará un estacado perfectamente alineado con teodolito, sobre la línea del proyecto, hincándose -- trompos a ras de piso, con una longitud mínima de 20 cm y espaciados entre sí, precisamente 20 metros y se colocará una estaca testigo por cada trompo, sobresaliendo del terreno 30 cm la cual fue colocada perpendicularmente al eje del trazo del lado izquierdo del sentido del levantamiento y a una distancia de 50 cm; el kilometraje correspondiente irá marcándose con pintura de aceite negra.

La medición del estacado se llevará a cabo con cinta de acero graduada; - así como también se hará un registro del cadenamiento del estacado de la línea, en una libreta de nivel, tomando nota en cada estación cambio de característica; de la vegetación existente y del tipo de terreno que se encuentra en las inmediaciones.

Para obtener la intervisibilidad entre los puntos del trazo de la línea será necesario abrir brechas en las zonas donde la vegetación así lo requieran, con un ancho mínimo de 1.5 metros dejando totalmente limpia la brecha.

El trazo quedará referenciado por sus puntos de inflexión, los puntos de curva TE y ET y además por puntos sobre tangente (PST), espaciados equidistantemente entre puntos extremos de la tangente, con una distancia - aproximada de PST a PST de 500 metros. Todos estos puntos se referenciarán con dos hileras alineadas y formando aproximadamente un ángulo de - 90° entre sí, conteniendo tres mojoneras cada una (excento el PI, que solo contará con dos mojoneras en cada hilera) espaciadas 30 metros, contando a partir del punto a referenciar.

Las líneas de referenciación (hileras) quedarán perfectamente ubicadas - con respecto al eje de trazo, para lo cual se medirá el ángulo que formen aquéllas con éste último, con suficiente precisión, de tal manera que permitirá la reubicación exacta del punto referenciado, el ángulo siempre será medido directamente en el sentido del levantamiento.

Para lograr que la línea de colimación pase precisamente por cada una de las varillas de las mojoneras, se colocarán éstos en sitio, ahogando las varillas antes del fraguado en la posición justa, ayudándose para esto - con el teodolito colocado en el punto a referenciar. Todos los monumentos (mojoneras) que se construyan a lo largo del trazo, serán de tipo permanente e inamovible. En la cara superior de cada monumento se ahogará una placa de aluminio que contenga grabados con letras y números de golpe, - los datos relativos a la identificación del punto referenciado y al monumento en si mismo,

Paralelamente a los trabajos del trazo se efectuarán los trabajos para el establecimiento de los bancos de nivel que servirán para el control altimétrico de las nivelaciones del eje y de las secciones; los monumentos para los bancos deberán ser construidos en sitio. El espaciamiento de los - bancos de nivel, a lo largo del eje del trazo será de 500 metros aproximadamente y quedarán a una distancia perpendicular del eje del trazo de 15 metros. Una vez que se tengan los datos del cadenamamiento de trazo, se marcarán los datos de referencia de cada banco con letras y números de golpe sobre la plaza de aluminio que para tal fin se ahogó en el monumento.

La nivelación de los bancos de nivel será del tipo diferencial de "ida y vuelta" y será hecha independientemente de la nivelación de perfil de las estaciones del trazo. Se empleará nivel montado de precisión y miras estadimétricas graduadas al centímetro, además se usarán sapos de apoyo de mira para los terrenos blandos donde no existen piedras firmes para los puntos de liga.

La nomenclatura que se utilizará para la identificación de los bancos de

nivel será como sigue: se tomaron las siglas BN seguidas de un guion e inmediatamente después un número que relacione el kilometraje del cadenamamiento de la estación del eje frente al banco que corresponda, con una aproximación hasta el décimo de kilómetro, por ejemplo, si el banco se encuentra sensiblemente frente a la estación 64+980, la nomenclatura de dicho banco será: BN-64.9; esto permitirá conocer aproximadamente la ubicación del banco de nivel con respecto al kilometraje de la línea.

La precisión para la nivelación de bancos de nivel quedará restringida por la siguiente fórmula de tolerancia:

$$T = 7 \text{ M M } \sqrt{K}$$

siendo K la distancia en kilómetros de banco a banco y T quedará expresado en milímetros, que para el caso que aquí se establece tuvo un valor aproximado de 5 milímetros.

Posteriormente a la nivelación de los bancos de nivel, se efectuarán las ligas altimétricas en los bancos extremos, con los bancos de nivel de referencia, cuya localización será proporcionada oportunamente.

Para la nivelación del eje se empleará así mismo, un nivel montado de precisión y miras estadimétricas graduadas al centímetro, se dará nivel sobre los trompos de cada estación por el método de nivelación de perfil apoyándose en los bancos de nivel establecidos.

La distancia máxima entre los puntos de liga será de 150 metros, considerando que el instrumento se encuentre aproximadamente en la parte media de los puntos de liga, en todo caso, la distancia máxima entre el instrumento y un punto de liga no mayor de 75 metros.

La fórmula de tolerancia para la nivelación de perfil será:

$$T = 2 \text{ M M } \sqrt{n}$$

quedando T, expresada en milímetros y siendo n el número de puntos de liga en el tramo correspondiente entre BN y E.

1.3 ESTUDIOS DE CAMPO

Una vez que se ha determinado la fase de localización y trazo del proyecto definitivo del tramo correspondiente a las etapas de construcción inmediata, se procederá al levantamiento topográfico de la ruta y a efectuar los estudios de geotecnia necesarios para proporcionar apoyo al proyecto.

1.3.1 TOPOGRAFIA

Sobre el trazo derivado del proyecto y definida la ruta de la vialidad, se iniciarán los trabajos de topografía en el sitio con la localización preliminar de los puntos principales del trazo, en esta fase se efectuará el brecheo parcial de la faja, con el objeto de identificar el eje en toda su longitud y verificar la factibilidad de paso, para continuar con el trazo secundario de PST a PST, que incluye el brecheo complementario, orientación, astronómica, ligas con apoyos físicos localizados en los vértices del sistema coordinado, cálculo y trazo de curvas horizontales, verticales, etc., en los puntos de inflexión, todo ello con apoyo en la poligonal abierta resultado de la localización preliminar, para proceder enseguida al trazo detallado con fijación de trompos y estacas a cada 20 metros, nivelación diferencial, establecimiento de bancos de nivel a distancias aproximadas de 500 metros, ubicación de referencias y monumentación de las mismas, ejecutando con un desfase conveniente respecto dicho trazo, la nivelación y levantamiento del perfil del terreno natural en el eje definitivo de la vialidad, para concluir las actividades topográficas de campo con el levantamiento de las secciones transversales a cada 20 metros.

El terreno se caracteriza por su configuración suavemente ondulada con bajas pendientes en general.

Para todos los cruces con otras vías de comunicación tales como: caminos, canales, líneas de transmisión de energía eléctrica, ductos superficia-

les o subterráneas, líneas telefónicas o telegráficas y otras vías de ferrocarril, así como también para los cruces por construcciones habitacionales o industriales, se efectuará un levantamiento de detalle que contenga todos los datos necesarios para expedir el proyecto de la vía; - entre esos datos se determinaron invariablemente los siguientes:

- secciones transversales
- secciones longitudinales
- claro libre
- ubicación y definición de obras de arte adyacentes
- ángulo de cruzamiento
- amplitud de la faja del derecho de vía correspondiente

Toda la topografía que se realizará en los cruces estará referida al trazo del eje y es de alta precisión.

Posteriormente como labor de gabinete, con base en los datos de altimetría derivados del perfil y las secciones topográficas, se llevará a cabo la configuración en una faja de aproximadamente 50 metros a cada lado del eje de la vialidad, con equidistancia vertical de un metro entre curvas de nivel, para apoyar la planta de proyecto y estimar las áreas de aportación pluvial en el cálculo de las obras de drenaje.

1.3.2 TOPOHIDRAULICA

Las aguas pluviales (sobre el derecho de vía) tanto en la línea como en patios o terminales, requieren a su vez, de canales, cunetas y contracunetas para drenar las vías y finalmente, las aguas subterráneas, con frecuencia precisan drenarse para evitar la pérdida de la capacidad de carga de las vías.

La precipitación pluvial escurre hacia el mar o hacia cuencas cerradas - (según variables porcentajes) por los drenes de la superficie, o a través

de capas freáticas del subsuelo, perdiéndose parcialmente por evaporación directa o debida a la vegetación.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Thornwaite modificado por Contreras Arias, la región envolvente de la zona en que se ubica el tramo de la línea del ferrocarril, pertenece al tipo climático Br A'a', es decir, húmedo sin estación seca, cálido sin estación invernal, lluvioso y tropical, con temperatura media superior a los 18 grados centígrados, lluvias durante todo el año y precipitación media anual superior a los 1000 milímetros.

1.3.3 GEOTECNIA

Paralelamente a los levantamientos topográficos se realizarán los estudios de geotecnia que proporcionarán los elementos necesarios para los proyectos de terracerías, incluyendo además la identificación, localización, -- muestreo, pruebas y análisis de resultados de materiales de préstamo para terracerías y de bancos de agregados pétreos para la formación de las diferentes capas a lo largo de la línea.

Siguiendo el trazo que ya hayan fijado las brigadas de topografía en el -- eje de la vialidad, se efectuará una exploración mediante pozos a cielo - abierto o a través de la extracción de materiales en cortes existentes, de la cual se obtendrán las muestras necesarias cuyo estudio, análisis e interpretación de resultados, conducirá al acopio de datos en la cantidad y con el número de parámetros suficientes para fundamentar el proyecto en - lo que se refiere a secciones de construcción, determinación de volúmenes de corte aprovechable en las terracerías, cálculo de curva masa y movimientos compensados.

Los pozos a cielo abierto para la definición de los datos de geotecnia en ruta se ejecutaron a distancias que varían entre 300 y 500 metros y hasta profundidades máximas de 3.30 metros sobre el eje de la vialidad de pro-

yecto, pero en general su localización obedece al criterio del geotecnista que puede variar la separación entre pozos de acuerdo con la apreciación objetiva de las posibles variaciones estratigráficas de un sitio a otro.

El terreno de cimentación está constituido en casi su totalidad por material fino, arcilla de mediana a alta plasticidad CL, CH de acuerdo al - SUCS, de colores café claro obscuro, verdoso y grisáceo y gris verdoso; la consistencia es media a muy firme; el límite líquido tiene un valor medio de 55% con valores extremos de 33.2% y 95% y el límite plástico varía entre 10.5% y 28.8% con un valor medio de 1385 kg/m³ y el máximo contenido en la prueba de compactación Próctor fue de 1883 kg/m³. El porcentaje de compactación resultó variable de 74.5% a 94.5% con un valor medio de 86%.

El valor relativo de soporte estándar varía entre 2 y 19%, con un porcentaje máximo de expansión por saturación de 10.9%. Por su parte el valor relativo de soporte modificado al 90% tiene un valor medio de 7% y al - 95% de 13%.

En forma simultánea se llevará a cabo la exploración de las áreas adyacentes al eje de la vialidad para localizar los sitios factibles de ser explotados a fin de extraer los materiales de préstamo para la formación de las terracerías en los tramos no compensados.

1.4 NORMAS Y CRITERIOS DE DISEÑO

1.4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

GRADO DE CURVATURA

De acuerdo con las características topográficas del terreno por donde -- atraviesa la troncal ferroviaria Chontalpa-Los Bocas, se su paralelismo,

en un largo tramo con vía de comunicación y drenes, así como para no --
afectar en forma considerable terreno agrícola, se especificó que el --
grado de curvatura máxima fuera de un grado métrico ($1^{\circ}00'$)

ESPIRALES DE TRANSICION

Se pusieron en práctica diversos criterios de transiciones entre las --
trayectorias rectas y curvas de un trazo para vías de ferrocarril; en
nuestro caso se empleará la Espiral de Cornú o Clotoide, que es una tran--
sición por medio de una curva cuya curvatura varía proporcionalmente con
la longitud de su desarrollo (entre otras curvas de transición tenemos:
el óvalo, la lemnística de Bernaulli y la Parábola Cúbica).

CARACTERISTICAS DE LA FORMULA DE CLOTOIDE (Fig. No. 0.a)

- Para cada uno de los puntos de la Clotoide, el producto del radio (R)
y de su longitud desde el origen hasta un punto "N" es igual a una --
constante (K).
- La magnitud "K" llamada parámetro de la curva, es siempre constante --
para una misma Clotoide.
- Todas las Clotoides tienen la misma forma pero difieren entre sí por --
su tamaño.
- Cuando se aumenta o reduce una curva Clotoide, todas sus medidas línea--
les cambian en la misma proporción en que se aumenta o se reduce su pa--
rámetro, quedando los elementos que determinan su forma (ángulo y pro--
porciones) sin cambio alguno.
- La Clotoide cuyo parámetro es la unidad se le llama Clotoide Unitaria,
de ella se pueden derivar los elementos de cualquiera otra Clotoide por
simple multiplicación de sus elementos unitarios.
- Las Clotoides de parámetro grande aumentan lentamente su curvatura, por
consiguiente son aptas para la marcha rápida de los convoyes ferroviarios;
este tipo de Clotoides se aplicará para el alineamiento horizontal de la
Troncal Chontalpa-Dos Bocas.

ECUACIONES DE LA CLOTIDE

Por definición la Clotoide es una curva tal que los radios de curvatura en cualquiera de sus puntos están en razón inversa a los desarrollos de sus respectivos arcos.

Conocido el radio de curvatura en el extremo de la Clotoide, éste puede identificarse de dos maneras:

- a) Por su longitud
- b) Por su parámetro

Ambos sistemas de identificación o designación se consideran normales pudiéndolos usar indistintamente.

En las figuras No. 0.b y No. 0.c llamando a:

L = Longitud del arco

R = Radio de curvatura en el extremo del arco

K = Parámetro que permite obtener por su variación, todas las variedades de Clotoides

La ley de la curvatura de la Clotoide queda expresada por:

$$RL = K^2$$

Siendo "K" como ya sea ha dicho, un parámetro que permite obtener por su variación, todas las variedades de Clotoides

Para deducir el valor del parámetro, se hace $R = L$ se obtiene:

$$R^2 = K^2 \quad \text{ó} \quad R = K$$

Es decir que el parámetro de la Clotoide es igual a su radio de curvatura en un punto, para el cual el radio de curvatura y el desarrollo del arco desde el origen hasta él, son iguales entre sí.

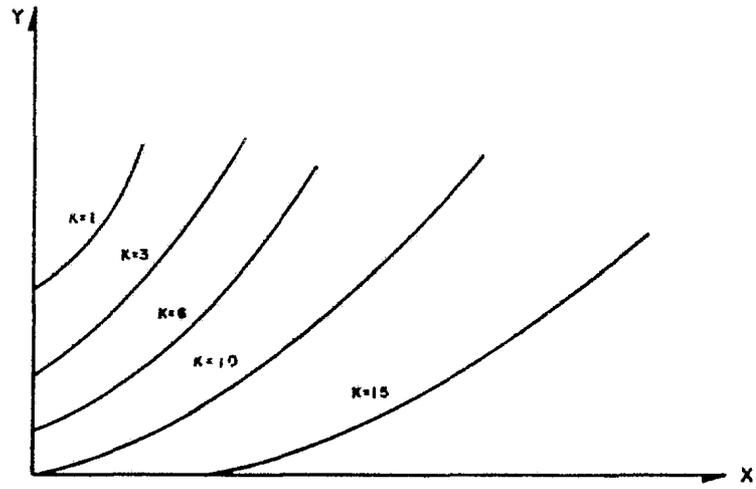


FIGURA No. 0 a

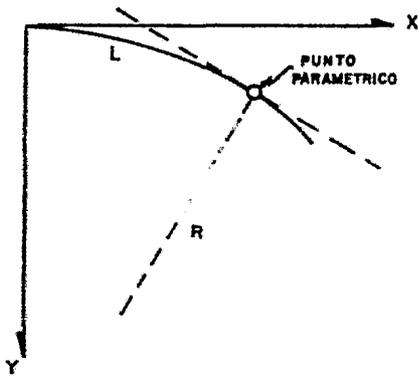


FIGURA No. b

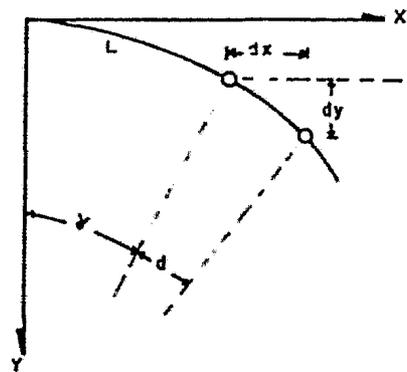


FIGURA No. c

La ecuación $R L = K^2$, permite determinar a K, conociendo la longitud L de un arco de Clotoide y del radio de curvatura en su extremidad.

También se puede calcular el parámetro cuando se conocen: la longitud del arco (L) y el ángulo que forman entre sí las tangentes en los extremos de dicho arco (α). Entonces se tiene:

$$d L = R \cdot dx$$

$$\frac{d \alpha}{d L} = \frac{L}{R} = \frac{L}{K^2}$$

De donde:

$$d \alpha = \frac{L \cdot d L}{K^2}$$

Integrando:

$$\alpha = \frac{L^2}{2 K^2}$$

De donde finalmente:

$$K^2 = \frac{L^2}{2 \alpha} \quad (\alpha \text{ en radianes})$$

Ahora bien tenemos que:

$$dx = dL \cos \alpha$$

$$dy = dL \sin \alpha$$

Integrando:

$$x = \int dL \cos \alpha$$

$$y = \int dL \sin \alpha$$

Tomando como origen de coordenadas el punto $l = 0$, estas ecuaciones toman la forma de:

$$x = \int_0^l dL \cos \alpha$$

$$y = \int_0^l dL \sin \alpha$$

Y siendo:

$$\alpha = \frac{L^2}{2K^2}$$

Al sustituir:

$$x = \int_0^l \cos \frac{L^2}{2K^2} dL$$

$$y = \int_0^l \sin \frac{L^2}{2K^2} dL$$

Estas ecuaciones vienen a ser las paramétricas de la Clotoide, referidas a la tangente y a su eje perpendicular en el punto de inflexión.

Desarrollando en serie coseno y seno e integrando entre los límites indicados, se obtiene:

$$A \begin{cases} x = 1 \left(1 - \frac{\alpha^2}{5 \cdot 2!} + \frac{\alpha^4}{9 \cdot 4!} - \frac{\alpha^6}{13 \cdot 6!} + \dots \right) \\ y = 1 \left(\frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^3}{7 \cdot 3!} + \frac{\alpha^5}{11 \cdot 5!} - \frac{\alpha^7}{15 \cdot 7!} + \dots \right) \end{cases}$$

Y sustituyendo 1 por $K \sqrt{2\alpha}$ quedan:

$$B \begin{cases} x = K \sqrt{2\alpha} \left(1 - \frac{\alpha^2}{5 \cdot 2!} - \frac{\alpha^4}{9 \cdot 4!} \dots \right) \\ y = K \sqrt{2\alpha} \left(\frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^3}{7 \cdot 3!} - \frac{\alpha^5}{11 \cdot 5!} \dots \right) \end{cases}$$

El par de ecuaciones A constituyen las ecuaciones de la Clotoide definida por su longitud; el par B corresponde a las ecuaciones de la Clotoide definidas por su parámetro.

Los elementos de la Clotoide (espiral o curva de transición) se describen en la gráfica de la Fig.No. 1.

Donde:

- P.I. Punto de intersección de las tangentes
- P.C. Punto donde se inicia la espiral
- P.C.C. Punto donde termina la espiral y se inicia la curva circular o viceversa
- P.T. Punto donde termina espiral y se inicia tangente
- Δ Angulo de deflexión entre las tangentes a la curva circular en los P.P.C.
- δ Angulos de deflexión entre las tangentes al P.C. y al P.C.C. en los extremos de la espiral
- $\Sigma \delta$ Suma de los $\delta + \delta$
- R. Radio de la curva circular
- D. Radio de la curva espiral en cualquiera de sus puntos = $R + d$
- le. Longitud de la curva espiral
- Lc. Longitud de la curva circular
- l. Longitud de la espiral del P.C. a un punto n de la misma
- ST. Tangente a la curva circular
- T.S.T. Tangente + Sub-tangente, distancia de P.C. a P.I. ó de P.I. a P.T.
- x, y. Coordenadas del P.C.C. (punto terminal de la espiral e inicial de la curva circular)
- d, T. Coordenadas del punto "B" de la curva circular
- Punto "A" Punto de intersección entre las tangentes en el P.C. y el P.C.C.
- T.L. Tangente larga, distancia del P.C. al punto "A"
- T.C. Tangente corta, distancia del punto "A" al P.C.C.
- C. Cuerda de la espiral
- α Angulo de deflexión de un punto de la espiral, desde el P.C.
- α_n Angulo formado entre tangente larga (T.L.) y la cuerda de la espiral
- θ Angulo de deflexión de un punto de la espiral desde el P.C.C.
- θ_n Angulo formado entre la tangente corta (T.C.) y la cuerda de la espiral

Función de la curva espiral de transición

- a) Proporcionar un cambio gradual de dirección entre las trayectorias recta y curva o viceversa, de un trazo para vía férrea
- b) Proporcionar un cambio gradual de elevación de los rieles (a nivel) en el principio de curva espiral y sobre-elevación máxima en el principio de curva circular (P.C.C.)
- c) Facilitar el aumento del escantillón, (distancia interior entre hongos de riel) de un tramo en tangente hacia un tramo en curva o viceversa.

1.4.2 L A D E R O S

- Clasificación de laderos: a) de paso
b) de estación

Espaciamiento de laderos

El criterio básico para la separación de laderos en una vía troncal o real se funda en la capacidad de la línea; a mayor tráfico (mayor tonelaje o número de trenes) se requerirá acortar la distancia entre escapes o laderos.

Para este proyecto se creyó conveniente tener una separación mínima del - orden de 10 kms. apoyándose en los siguientes argumentos:

- 1.- Atraer el tonelaje generado por las actividades agropecuaria, agroindustrial e industrial, en una zona en pleno desarrollo económico como lo es la zona de influencia de la línea férrea; los laderos o vías auxiliares de escape representan estaciones de transferencia de carga entre dos o más sistemas de transportación terrestre, de tal forma que a

mayor abundancia de ellas, se tendrá una más elevada captación de carga.

2.- Por las características del perfil de la línea, compuestas por tangentes verticales con bajas pendientes ascendentes o descendentes, fue factible alojar los laderos prácticamente en cualquiera zona del recorrido.

En líneas de ferrocarril alojadas en terreno montañoso, con pendientes -- fuertes (del orden del 1.5 al 20%) el proyecto de laderos representa una pérdida de pendiente y por lo tanto un alargamiento en la longitud final de la línea, este fenómeno obliga a la limitación del número y longitud de los laderos.

Localización de laderos

Se localizarán en sitios adyacentes a núcleos de población; Huimanguillo, Cárdenas, Morelos - Piedra y Comalcalco o en zonas accesibles comunicadas por caminos o brechas de terracerías, para lograr un acceso económico y fácil del autotransporte, principalmente.

Longitud de laderos

La longitud de estas instalaciones se determinará en base a la longitud -- del Tren-Tipo, adicionándole una longitud extra del orden de 300 m para absorber la longitud de vía ociosa, de puntas de aguja (P.A.) a punto de libramiento. Así la longitud de punta de agujas-Sur a punta de agujas-Norte, sería 1000 ml. para la troncal Chontalpa-Dos Ercas, que nos ocupa.

1.4.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

Pendiente máxima o pendiente gobernadora de tonelaje.

De acuerdo con las características topográficas de la zona por donde atra

viese la troncal Chontalpa-Dos Bocas, se llegará a determinar una pendiente máxima de 0,20%, en ambos sentidos (ascendiendo o descendiendo).

Compensación de la pendiente por curvatura.

En atención a que la pendiente máxima no se presente sino en tramos aislados de la línea troncal, al bajo porcentaje de curvatura empleando - ($G=1^{\circ}00'$) no se considerará ningún valor de reducción de la pendiente de curvas.

Pendiente máxima en laderos

La norma común, basada en la experiencia mexicana considera un valor de la pendiente en laderos, máxima de 0,20% en nuestro caso este valor coincide con la pendiente máxima del tramo, por lo que no existe limitación alguna.

Es conveniente mencionar que se tendrán laderos en pendiente nula (a nivel), lo que indudablemente es favorable para la operación de trenes.

Curvas verticales.

Se diseñarán en el proyecto definitivo de la subrasante para lograr una transición gradual de las pendientes en cambios de valor o signo de las mismas.

Tipos de curvas verticales

- a) En cima (con PIV superior)
- b) En columpio (con PIV inferior)
- c) Simétricas (con igual valor de la pendiente atrás y adelante)
- d) Asimétrica (con valores diferentes de la pendiente atrás y adelante)

Teoría

Económicamente es imposible construir un ferrocarril con pendiente uniforme y con un valor constante, como lo es en planta construirlo en línea -

recta, a excepción de vías en planicie o en zonas desérticas, en donde - la curvatura horizontal puede ser contraproducente en los costos de operación.

En perfil es muy conveniente y recomendable enlazar con curvas verticales las distintas pendientes, con objeto de pasar de una pendiente a otra lo más insensiblemente posible, eliminándose así los choques y tirones bruscos entre los carros y entre éstos y la locomotora. La vía igualmente sufre considerablemente si no existe curva vertical de transición; mientras mayor desarrollo tenga la curva vertical más se protegerá al equipo y la vía, pero en general mayor será el volumen de terracerías y por lo tanto el costo de construcción de la línea. El desarrollo de la curva vertical es directamente proporcional a la diferencia algebraica de las pendientes por enlazar.

Forma de la curva vertical.

Es una parábola cuya ecuación, referida a su eje, tomando éste como eje de las "Y" y la tangente a su vértice como eje de las "X" es la siguiente:

$$x^2 = 2 py \qquad p = \text{pendiente}$$

Especificaciones del A.R.E.A. (American Railway Engineering Association), en relación con la variación de la pendiente para cuerdas de 20 m.

- a) En vías de clase "A" y en columpio 0.01 P/V
- b) En vías de clase "A" y en cimas 0.02 P/V
- c) En vías de clase "B" y en columpio 0.02 P/V
- d) En vías de clase "B" y en cimas 0.04 P/V

P/V = pendiente para cuerdas de veinte metros

- e) En vías de categoría "C" el ingeniero proyectista fijará la variación para cada caso.

Clasificación de ferrocarriles según normas del A.R.E.A.

a) Categoría "A".- Incluye todos aquellos Distritos que tenga más de una vía troncal, o aquellos con una sola vía troncal cuyo tráfico sea -- igual o exceda de lo siguiente:

- I.- 150 000 carros-kilómetro de carga por año y por kilómetro de vía
- II.- 10 000 carros-kilómetro de pasajeros por año y por kilómetro de vía, con una velocidad máxima de 80 km/hr.

b) Categoría "B".- Comprende todos aquellos Distritos de un ferrocarril, con una sola vía troncal cuyo tráfico sea menor que el mínimo de la categoría "A" y que iguale o exceda del siguiente:

- I.- 50 000 carros-kilómetro de carga por año y por kilómetro de vía
- II.- 5 000 carros-kilómetro de pasaje por año y por kilómetro de vía a una velocidad máxima de 60 km/hr.

c) Categoría "C".- Comprende todos los Distritos de un ferrocarril que no alcanza los requisitos de las categorías "A" y "B".

Clasificación de la troncal Chontalpa-Dos Bocas, con base en el tonelaje programado por concepto de roca, agregados pétreos y carga específica de Petróleos Mexicanos.

Cálculo del tráfico anual de la troncal Chontalpa-Dos Bocas

Datos:

Tonelajes a transportar

a).- Roca	4 000 000 Ton.
b).- Agregados pétreos	600 000 Ton.
c).- Carga de Pemex	<u>1 000 000 Ton.</u>
Suma:	5 600 000 Ton.
d).- Tasa del equipo (25%)	<u>1 400 000 Ton.</u>
Tonelaje bruto total	7 000 000 Ton.

e).- Tiempo de acarreo	20 meses
Tráfico de cargas (anual)	
Tonelaje por distancia	
$\frac{7\,250\,000 \text{ ton.} \times 94 \text{ km.} \times 12 \text{ meses}}{80 \text{ ton.} \times 20 \text{ meses}} = 5\,111\,250$	carros-km.
Tráfico de vacíos (anual)	
$\frac{1\,450\,000 \text{ ton.} \times 94 \text{ km.} \times 12 \text{ meses}}{80 \text{ ton.} \times 20 \text{ meses}} = 1\,022\,250$	carros-km.
Tráfico bruto anual	<u>6 133 500</u> carros-km.

Conclusión:

La troncal Chontalpa-Dos Bocas cae dentro de la categoría "B" según criterios de tráfico del A.R.E.A.

Rasante mínima en obras de drenaje:

En proyectos camineros es común especificar rasantes mínimas determinadas en función de la altura mínima de obras de drenaje y de un "colchón" (espesor de terracerías adicional), para la protección de la obra; en el caso del proyecto de alineamiento vertical de la línea que nos ocupó, se considera incongruente determinar la posición de la rasante en función de la altura mínima de obras de drenaje, ya que se introduciría un gran número de puntos de inflexión.

El colchón de protección para las mencionadas obras de drenaje se logra con la capa de balasto interpuesta entre la terracería y la vía.

1.4.4 SECCION TRANSVERSAL

Criterio de sobre-elevación

Una vía en trayectoria curva requiere de sobre-elevación (o peralte), para tratar de anular el valor de la fuerza centrífuga del convo. ferroviario en movimiento, o dicho de otra forma, el desbalance entre ambos ejes

de la curva pretende provocar iguales presiones de las ruedas del equipo, a tal condición se le denomina sobre-elevación de equilibrio y a la velocidad que produce iguales presiones "velocidad de equilibrio".

Fórmula de sobre-elevación

Se emplea la expresión reportada por el reglamento de Conservación de - Vías y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos.

$$e = \frac{0.001016 V^2 G}{G}$$

donde:
e = Sobre-elevación en cm³
V = Velocidad en km/h
G = Grado de curvatura métrico, para cuerda de 20 m.

Variación de la sobre-elevación de la tangente a la curva.

Los criterios de proyecto más avanzados establecen una íntima relación entre los conceptos sobre-elevación y longitud de espirales, ya que a lo largo de esta curva se opera el incremento o decremento de la sobre-elevación. Atendiendo a características del equipo ferroviario estándar y a condiciones de confort en el desplazamiento de los convoyes, la práctica ferroviaria mexicana ha fijado las siguientes especificaciones en esta materia:

TIPO DE VIA	VARIACION DE LA SOBRE-ELEVACION POR CADA M/SEG. DE VELOCIDAD
1) Vías rápidas de carga y pasaje en ambas direcciones	1 mm.
2) Vías con moderadas diferencias de velocidad entre trenes rápidos y lentos	1.25 mm.
c) Vías con máximas diferencias - entre velocidades de pasaje y velocidades de trenes de carga	1.50 mm.

Especificaciones de variación de la sobre-elevación para la troncal Chontalpa-Dos Bocas:

Se empleará una variación de 1 mm. por cada m/seg. de velocidad de operación.

La velocidad para cada tramo, se determina en el estudio de perfil virtual, se tendrá una velocidad máxima de proyecto de 100 km/h.

Elementos geométricos para curvas de ferrocarril de la Troncal Chontalpa-Dos Bocas.

Acordes con los criterios de inter-relación entre: grado de curva, velocidad de operación, longitud de la curva espiral, variación de la sobre-elevación, se conforma una gama muy amplia de valores con los que será posible el proyecto de todos los elementos geométricos en planta y en sección, a lo largo de la troncal mencionada y en la etapa del proyecto definitivo.

Bombeo de la terracería:

El bombeo de la terracería en tangente será de -4.0% a cada lado del eje de la vía (en subrasante) hasta un punto "N" que es donde empieza la transición.

Entre el punto "N" y el principio de la espiral (P.C. ó P.T.) el lado exterior de la curva variará de -4.0% hasta 0.0% y el lado interior de la curva se conservará con el -4.0%. La distancia máxima entre "N" y el P.C. ó P.T. es de 20 m:

En caso de tangentes menores de 40 m sitúese el punto "N" centro de la tangente.

En caso de curvas inversas, sin tangente intermedia la sección común de P.C. y P.T. será a nivel.

Entre el principio de la espiral (P.C. ó P.T.) y el principio de la curva circular P.C.C. el lado exterior de la curva variará de 0.0% hasta la sobre-elevación máxima.

La distancia entre el P.C. ó P.T. y el P.C.T. es variable igual a la longitud de la espiral.

La curva circular conservará la sobre-elevación máxima de acuerdo con la velocidad del tramo y el grado de la curva.

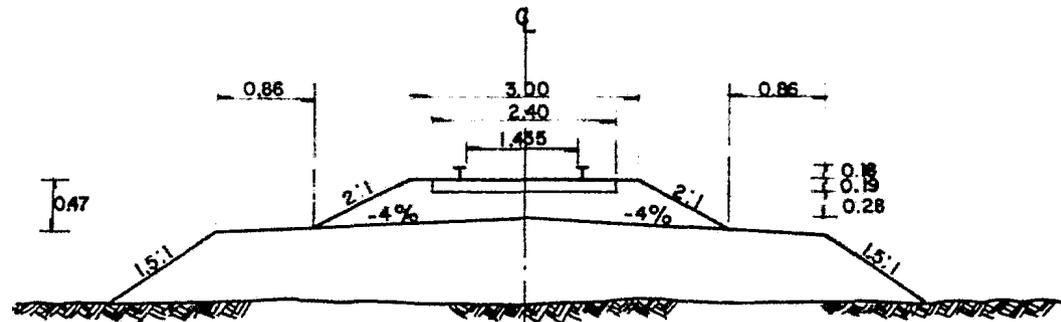
Secciones transversales de la vía.

- a).- Vía sencilla, con durmiente de madera, riel de 100 lbs/yd., ARA-A, con sección de balasto y terracería en terraplén y en corte. (Fig. No. 2)

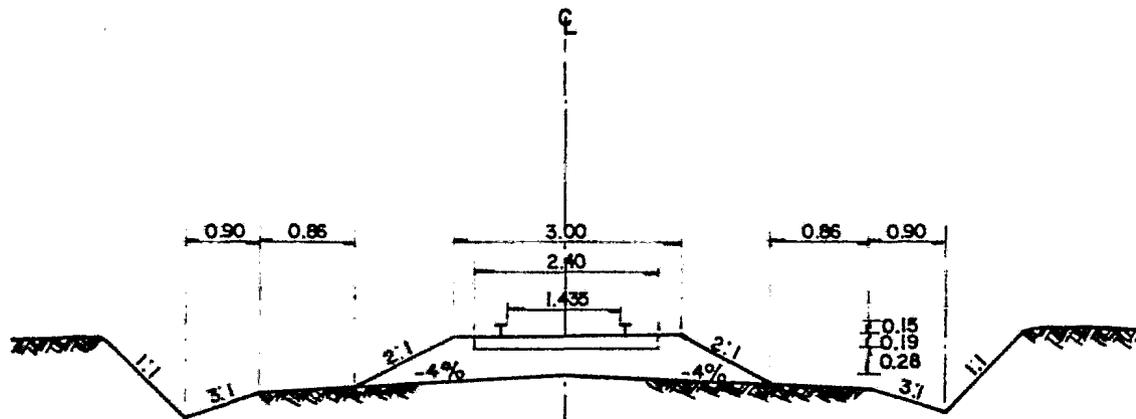
- b).- Vía doble (zona de ladero) con durmiente de madera, riel de 100 lbs/yd ARA-A, en ambas vías, sección de balsto y terracerías en terraplén y en corte. (Fig. No. 3)

- c).- Vía sencilla, con durmiente de madera, riel de 100 lbs/yd. ARA-A, con sección tipo curva, con sección de balasto y terracería en terraplén y en corte. (Fig. No. 4)

CONEXION FERROVIARIA A DOS BOCAS
ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS



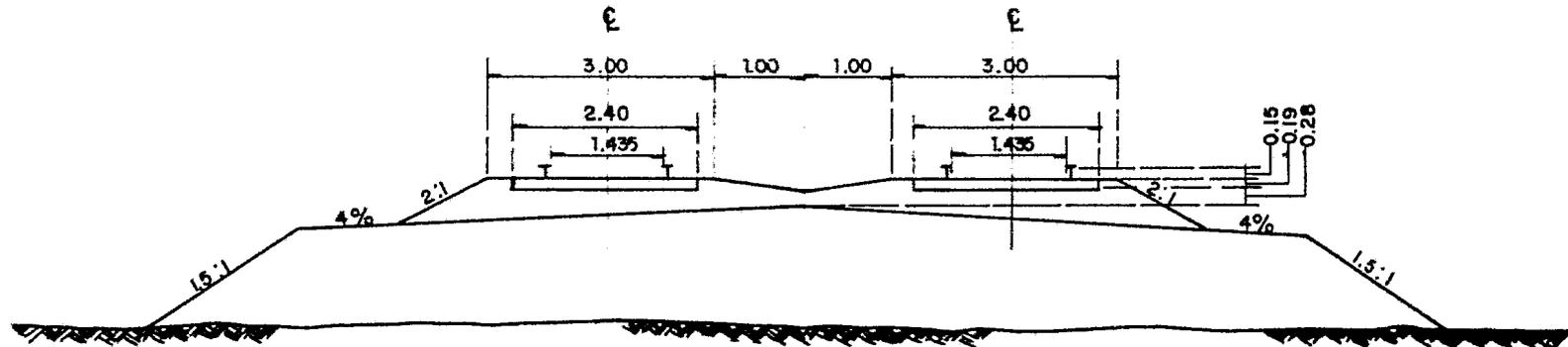
SECCION TIPO TANGENTE EN TERRAPLEN



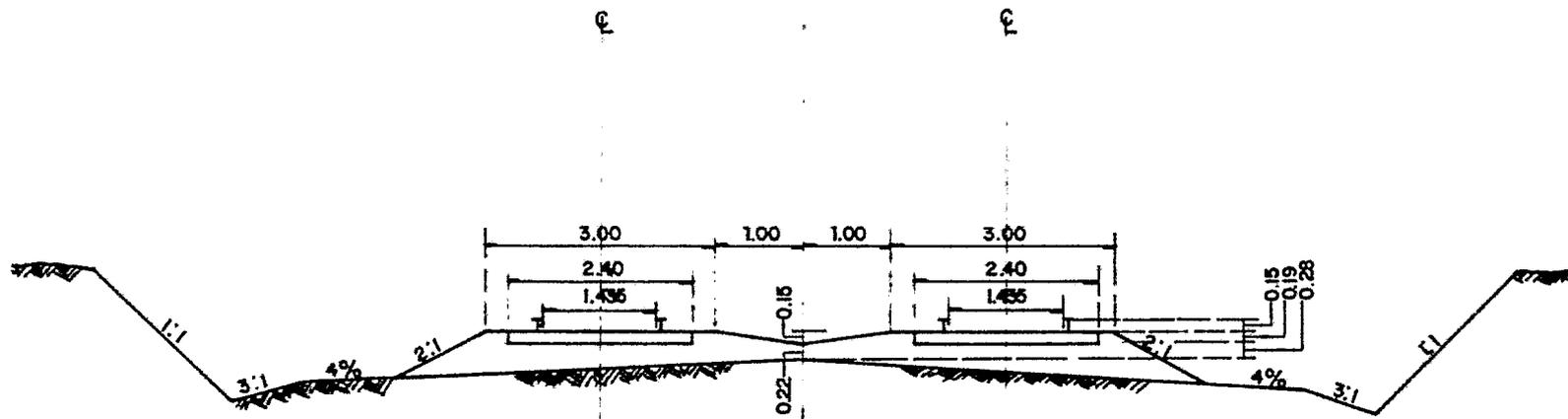
SECCION TIPO TANGENTE EN CORTE

CONEXION FERROVIARIA A DOS BOCAS

ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS



SECCION TIPO DE LADERO EN TERRAPLEN

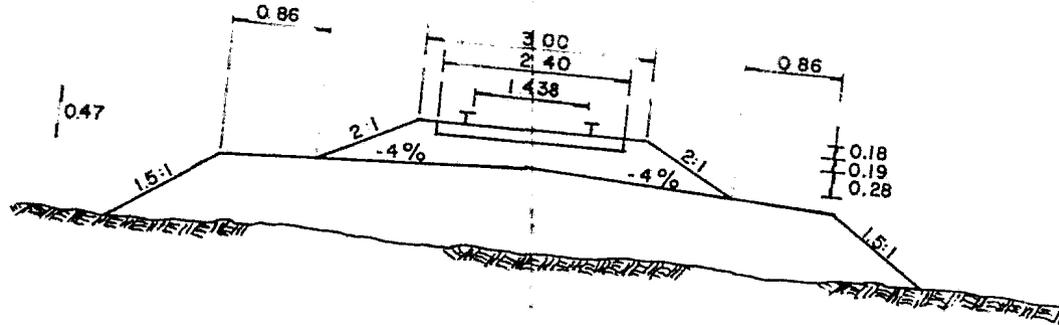


SECCION TIPO DE LADERO EN CORTE

CONEXION FERROVIARIA A DOS BOCAS

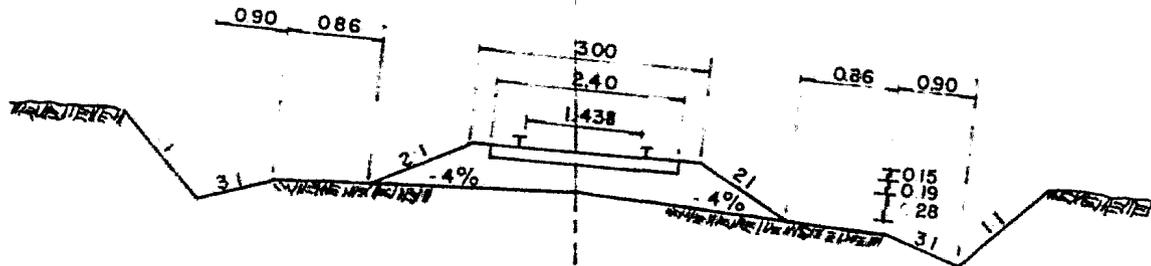
ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

♀



SECCION TIPO CURVA EN TERRAPLEN

♀



SECCION TIPO CURVA EN CORTE

Gálibo para puentes, distancias horizontales y verticales a obstáculos adyacentes a la vía:

Para el diseño de los puentes de una línea férrea se determinará una sección teórica que delimita una área que no debe ser ocupada por ningún elemento de la superestructura de puentes, viaductos o pasos a desnivel.

Circunscrita a esta primera sección se delimita otra área que pretende mejorar la sección transversal de la locomotora; con relación a ella se especifican las distancias horizontales y verticales a embarcaderos de ganado, torres de entrega de agua y combustible, muelles de carga, andén de pasajeros o cualquier otro obstáculo adyacente a vías principales o secundarias.

Escantillón de la vía en tangente:

Se denomina así a la distancia interior entre hongos de riel.

El valor del escantillón para vía ancha en tangente es de 1.435 m.

Escantillón de vía en curva:

Los ingenieros de construcción y mantenimiento de vía, tratando de proporcionar a la locomotora un mejor desplazamiento a lo largo de la trayectoria curva, así como para proteger al riel contra esfuerzos y desgaste innecesario, amplían el escantillón a partir de ciertos grados de curvatura, - aún cuando el A.R.E.A. no especifica nada concreto, es evidente la necesidad de proporcionar una mayor holgura al desplazamiento del equipo ferroviario, locomotora principalmente.

El valor de la ampliación va desde 1/32 (0.6 mm) para curvatura moderada, hasta 1/8 (12.7 mm), para curvas de grado fuerte, pero no existe una regla internacionalmente acertada para la aplicación de valores uniformes, para ejemplificar esta discrepancia se citan normas para 3 ferrocarriles.

a) Ferrocarril Pennsylvania

GRADO DE CURVA	VALOR ESCANTILLON	VALOR AMPLIACION
de 0° a 10°	1.435 m. (4' 8 1/2")	0
de 10° a más	1.460 m. (4' 9")	12.7 mm. (1/2")

b) Ferrocarriles Franceses

de 0° a 2°	1.435 m.	0 mm.
de 2° a 3°	1.441 m.	6 mm.
de 3° a 6°	1.447 m.	6 mm.
de 6° a más	1.456 m.	9 mm.

c) Ferrocarril Chihuahua - Pacífico

de 0° a 2°	1.435 m.	0 mm.
de 2° a 4°	1.440 m.	5 mm.
de 4° a 6°	1.445 m.	5 mm.
de 6° a más	1.450 m.	5 mm.

Tomando en consideración las características del alineamiento horizontal de la troncal Chontalpa-Dos Bocas, constituido por largas tangentes, bajo porcentaje de curvas y moderado grado de curvatura, lo que indudablemente permite operación expedita de trenes a velocidades significativas (de 80 a 90 km/h. para cargueros y superior a 100 km/h. para pasajeros), se cree conveniente ampliar el escantillón a partir de un grado de curvatura -- ($G = 1^{\circ}00'$), de 1.435 m. a 1.438 m. (3 mm. de ampliación)

1.4.5 ESTUDIO DEL TREN TIPO

Para este análisis es necesario contar con información básica en relación con características del equipo de fuerza tractiva, equipo de arrastre y pendiente máxima o gobernadora de tonelaje, a lo largo de la vía troncal del Ferrocarril del Sureste, en el tramo comprendido entre conexión Chontalpa (K+129+500) y estación Teapa (K+330+000).

La información que se recabó fue la siguiente:

a).- Equipo de fuerza tractiva

Locomotora serie 9 200

Potencia = 2 000 H.P.

Peso aprox. = 140 Ton.

b).- Equipo de arrastre

Góndola de 50 Ton. de capacidad

Tara + capacidad = 70 Ton. (total)

c).- Características de la vía

Pendiente máxima en el sentido de cargados

1% (uno por ciento) (Distrito Mezcalapa)

Cálculo

Apoyándose en la gráfica de velocidad - Esfuerzo de tracción, Fig.(5), de la locomotora de 2 000 H.P. se procede a elaborar la tabla de Producción Horario, cuya última columna es la resultante de multiplicar la velocidad de la locomotora por el tonelaje bruto arrastrado, obteniendo valores del tráfico (toneladas brutas - kilómetro).

Con los valores obtenidos de tráfico para distintas velocidades de operación, se procede al dibujo de la gráfica Velocidad-Rendimiento horario - Fig.(6), de cuya interpretación obtenemos dos datos valiosos:

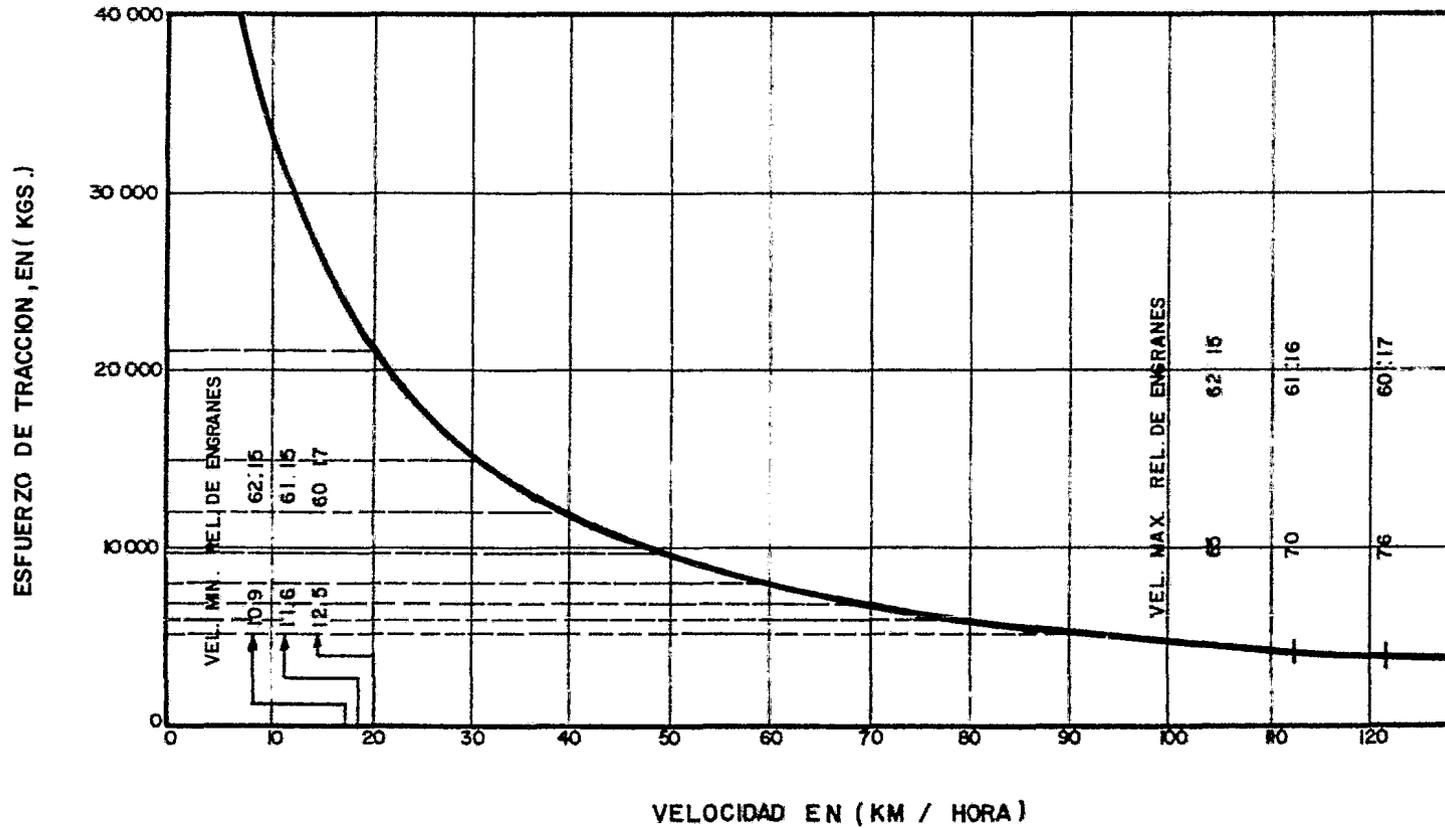
a).- Velocidad económica (comercial) = 60 Km/h.

b).- Velocidad producción horaria = 57 000 Tm.-km.

TABLA DE CALCULO DE PRODUCCION HORARIA
(Locomotora serie 9 200 de 2000 H.P. de potencia)

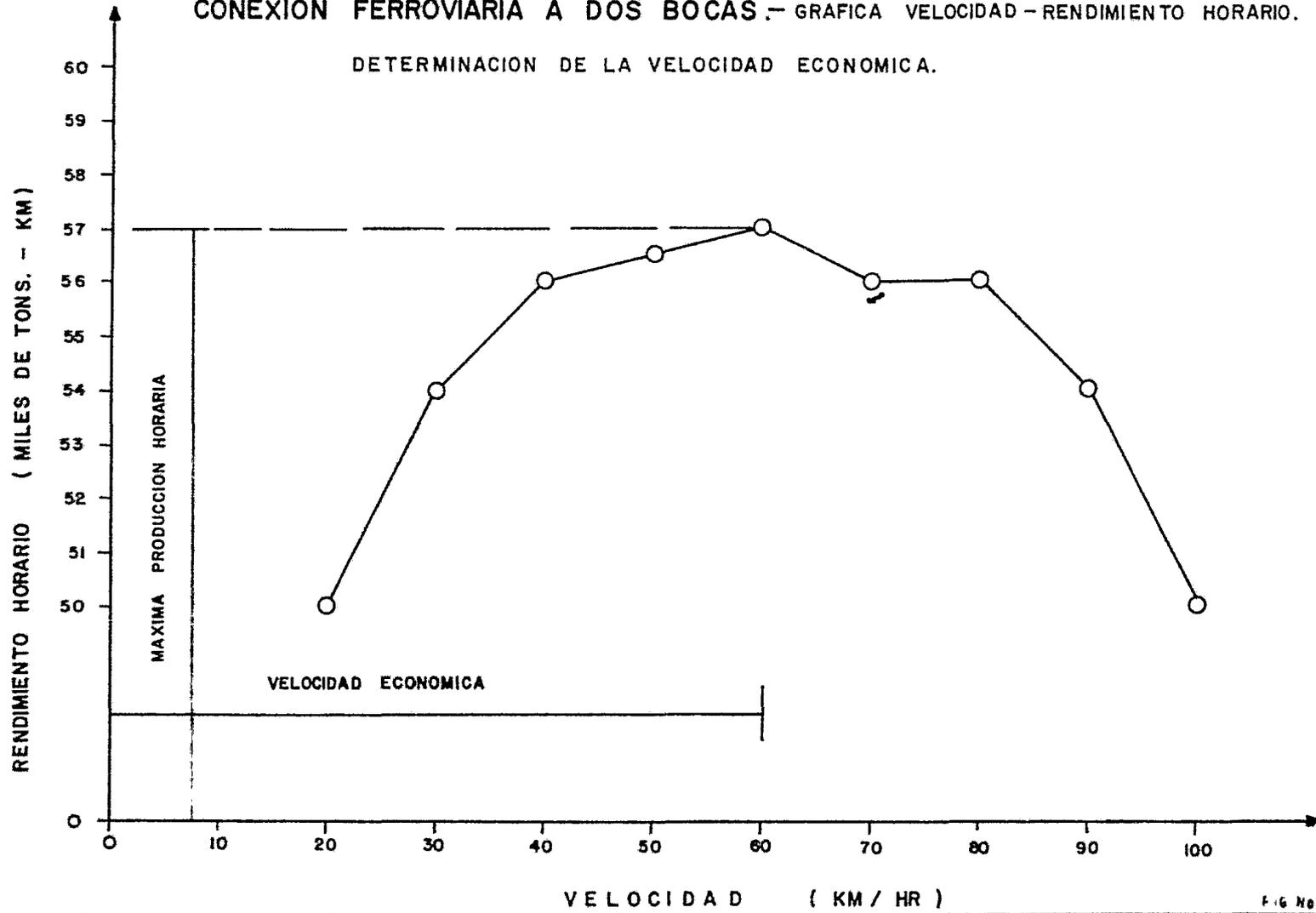
VELOCIDAD (KPH)	TONELAJE (TON.BRUTAS)	PRODUCCION HORARIA (TON - KM) (TON. x VELOCIDAD)
20	2 500	50 000
30	1 800	54 000
40	1 400	56 000
50	1 120	56 000
60	950	57 000
70	800	56 000
80	700	56 000
90	600	54 000
100	500	50 000

CONEXION FERROVIARIA A DOS BOCAS
CURVA DE ESFUERZO DE TRACCION-VELOCIDAD
LOCOMOTORA SERIE 9200 DE 2000 H. P.



CONEXION FERROVIARIA A DOS BOCAS. - GRAFICA VELOCIDAD - RENDIMIENTO HORARIO.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD ECONOMICA.



INTEGRACION DEL TREN TIPO

a).- Dos locomotoras de 2 000 H.P. c/u

b).- Equipo de arrastre

Tonelaje bruto por transportar

950 Tons. x 2 locomotoras = 1 900 Ton.

Menos peso de cabús = 50 Ton.

diferencia 1 850 Ton.

Número de góndolas = $\frac{1\ 850\ \text{Ton.}}{70\ \text{Ton.}}$ = 26 unidades

LONGITUD DEL TREN TIPO

2 Locomotoras x 30 m. = 60.00 m.

26 Góndolas x 16 m. = 416.00 m.

1 Cabús x 15 m. = 15.00 m.

SUMA = 491.00 m.

Longitud redondeada = 500.00 m.

CALCULO DEL CICLO DEL TREN

a).- Tiempo en camino

Distancia de recorrido.- (viaje redondo)

Teapa - Chontalpa 101.5 Km.

Chontalpa - Dos Bocas 94.0 Km.

SUMA: 195.5 Km.

Velocidad promedio de recorrido en el tramo Teapa-Dos Bocas 60 Km/h.

Tiempo de recorrido = $\frac{195.5 \times 2}{60\ \text{km/h}}$ = 6 hr. 30 min.

b).- Tiempo en terminales

De descarga 1 hr. 00 min.

De carga 1 hr. 00 min.

SUMA: 8 hr. 30 min.

Tonelaje neto (de roca) factible de transportar, por recorrido

26 góndolas x 50 Ton. = 1 300 Ton./ tren

Volumen de roca a transportar/día

Volumen = 4 000 000 Ton.

Tiempo de explotación y acarreo: 20 meses

Tonelaje diario = $\frac{4\ 000\ 000\ \text{Ton.}}{20\ \text{meses} \times 30\ \text{días}}$ = 6 667 Ton./ día

Número de trenes/día

$\frac{6\ 667\ \text{Ton.}}{1\ 300\ \text{Ton.}}$ = 5 trenes/día

EQUIPO FERROVIARIO NECESARIO

Locomotoras de 2 000 H.P.	4 unidades
Locomotoras de 1 600 H.P.	
a).- Para movimiento en patio de carga	1 unidad
b).- Para movimiento en patio de descarga	1 unidad
Góndolas de 70 Ton.	
a).- En tránsito - 26 unidades x 2	52 unidades
b).- En patio de carga	52 unidades
c).- En patio de descarga	52 unidades
Total de góndolas	<u>156 unidades</u>
cabuses	2 unidades

1.5 PROYECTO GEOMETRICO

1.5.1 PLANTA

El proyecto geométrico en planta se desarrollará procediendo a la verificación analítica del eje que se haya levantado por topografía y al cálculo de coordenadas de los puntos principales de la ruta, para definir en esta forma los kilometrajes de proyecto mediante el análisis previo de curvas horizontales, efectuando al mismo tiempo la localización precisa de elementos particulares como transición, ejes de alcantarillas, cruces ferroviarios, etc.

1.5.2 PERFIL REAL

Definido el trazo en planta y en forma simultánea con el proyecto geométrico anterior, se definirán las elevaciones de la subrasante en perfil estudiando varias posibilidades alternativas, tomando en cuenta los niveles dominantes de las áreas adyacentes para evitar movimientos excesivos al integrar el sistema vial con los predios de los usuarios y teniendo especial cuidado de lograr en lo posible compensación de cortes y terraplenes, con pendientes mínimas, una buena disposición de los cambios de pendiente para facilitar el drenaje de cunetas, sin exceder los límites especificados en la pendiente gobernadora general de la vialidad en su longitud total y procurando las elevaciones mínimas requeridas para dar cabida a las alcantarillas.

En esta forma, una vez propuesto el perfil de la subrasante se procederá al cálculo de las curvas verticales, a la definición de las secciones de construcción a cada 20 metros y al mismo tiempo quedarán determinados los espesores de corte, terraplén y despalmes, así como los volúmenes geométricos respectivos.

La geometría específica de cada una de las secciones de la vialidad a cada 20 metros, quedará definida a partir de los diseños en planta y perfil, tanto los tramos constituidos por un solo cuerpo, como para las secciones de transición y para el tramo de sección curvada.

Para cada sección se determinó la elevación de la subrasante, hombros, fondos de cunetas y cerros, las alturas en metros de corte o terraplén y las áreas correspondientes que se cuantificarán por procedimientos gráficos, - las pendientes variables de la corona en tramos de transición por curvas - horizontales, las distancias a los ejes de todos los puntos y las igualdades de cadenamiento en su caso.

En vista que el procedimiento de diseño gráfico y cálculo de las secciones de construcción, es en su gran mayoría de tipo gráfico, no quedan antecedentes de proyecto y por consiguiente no se presentan hojas de cálculo en esta materia, pero todos los parámetros y datos derivados de ellas figuran en las propias secciones de proyecto, en los perfiles y en los registros - de cálculo de subrasante y curva masa.

1.5.3 PERFIL VIRTUAL

Ya vimos que se conoce como perfil real al perfil definitivo de la superestructura o altura del hongo del riel. El perfil virtual recibe este nombre porque no tiene significado absoluto en posición con la altura de la rasante, representando tan solo las características del movimiento del tren a partir del tonelaje del mismo y de los valores de proyecto de la línea - en estudio (velocidad, pendiente, grado de curvatura).

Por lo tanto, el perfil virtual tiene lugar cuando existe algún tren en movimiento; originándose dos puntos importantes en él: cuando el tren inicia su movimiento y cuando se detiene (por ejemplo, de la estación anterior a la posterior, contigua o no).

Un tren en movimiento puede aumentar su velocidad, si la fuerza tractiva - F_t es mayor que el conjunto de las resistencias del tren por rodamiento y por pendiente. Cuando la suma de las resistencias del tren es igual a la fuerza tractiva disponible en el acoplador de la locomotora, el tren permanece con velocidad uniforme o sea que no existe fuerza alguna que modifique su movimiento. Si el valor de la resistencia total del tren es mayor que F_t

disponible, el tren disminuye su velocidad y si esto sucede indefinidamente, el tren puede detener su movimiento en cualquier momento.

En el inicio de un columpio, la gravedad impulsa al tren incrementándole su velocidad, alcanzando sin dificultad el otro extremo (P.T.V) si no se encuentra muy lejos. En una joroba, las resistencias disminuyen la velocidad del tren, dificultándole su llegada a la cima.

Sabemos que: $m = W/g$ -----(masa)

La energía potencial vale: $(W) (h)$; donde h es la altura con respecto a un plano de referencia.

Sabemos que la energía cinética vale: $m \frac{v^2}{2}$

Igualando ambas energías: $hw = mv^2/2$

$$hw = (W/g) (v^2/2)$$

$$h = v^2/2g \quad \text{Valor de la carga de velocidad}$$

El valor de la carga de velocidad "h" se incrementa en 5% para tomar en cuenta la energía de rotación del tren; así que al sustituir g:

$$h = 1.05 (v^2/2g) = 0,0535 v^2; \quad v \text{ en m/seg.}; \quad h \text{ en m.}$$

Dichas alturas son cantidades proporcionales al cuadro de la velocidad de un tren a lo largo de un tramo. En el caso de un columpio; "h" va aumentando. En el caso de una joroba, h va disminuyendo.

Las ordenadas para "h" tienen origen en el perfil real y terminan en el perfil virtual, correspondiendo cada una de ellas a cadenamientos pre-establecidos, siendo estos últimos, las abcisas.

En este proyecto no se realizará el perfil virtual debido a que solo los primeros 17 km. de la ruta tiene pendientes pronunciadas, sin acercarse siquiera a las máximas permisibles, lo que da lugar a que en el caso de los

columpios y de las jorobas la "h" es mínima y hasta cierto punto despreciable; sin embargo resulta interesante conocer los dos procedimientos para construir el perfil virtual.

- a) Método analítico.- Toma en cuenta el tiempo transcurrido para pasar de una velocidad a otra, así como la distancia parcial recorrida; también el tiempo acumulado y el espacio total.

Al arrancar el tren, la F_t hace que éste se ponga en marcha y venza la inercia. Como h aumenta al incrementarse la velocidad; cuando se alcanza la máxima velocidad, es ahí cuando h llega a su máximo valor, permaneciendo constante durante todo el tiempo en que aquella velocidad no varíe. En ese intervalo se tendrá lo que se llama pendiente de aceleración nula, siempre que el tramo permanezca en tangente y a nivel, lo cual significa que la F_t y las fuerzas de resistencia son iguales.

El perfil virtual se llama también perfil de velocidades porque en cualquier instante medido nos determina la velocidad que lleva el tren y la capacidad del mismo para llegar a un punto posterior a partir del inicial. El perfil de velocidades se llama también perfil dinámico porque representa la energía dinámica almacenada en un instante dado en nuestro tren; no indica el exceso (o déficit) de F_t correspondiente a ese instante pero sí la capacidad del tren para poder avanzar.

Si unimos los extremos de las ordenadas correspondientes a las cargas de velocidad, obtenemos un perfil que guarda una relación muy estrecha con el perfil real; este nuevo perfil nos indica el movimiento de un tren con respecto a las características de la rasante principalmente por pendiente y curvatura. La carga de velocidad se expresa en metros o en pies; cada ordenada representa también la energía cinética que tiene el tren en cada uno de los puntos considerados, por consiguiente, la altura que puede vencer, así es que en lugar de expresar la velo

cidad en kph, podemos usar cargas de velocidad "h" con cuyos valores se dibuja sobre el perfil de la rasante el nuevo perfil llamado perfil de velocidades, virtual e dinámico.

- b) Método Gráfico de Pendientes de Aceleración.- Para construir el perfil de velocidades se utiliza el método seguido por la A.R.E.A y por los Ferrocarriles Nacionales de México. Conocida la F_t para distintas velocidades y restándole las resistencias internas en tangente y a nivel correspondientes a nuestro tren se obtiene la fuerza tractiva neta o disponible en el acoplador para cada una de las velocidades, dividiendo la F_t neta entre el peso del tren, nos da las pendientes de aceleración al dividir nuevamente entre la resistencia por pendiente:

$$F_t \text{ neta} / W \text{ total} / R \text{ pend.} = P \text{ aceleración}$$

Generalmente se toman velocidades de 5 en 5 km por hora y para trazar el perfil virtual se parte de un origen del perfil real en con la pendiente de aceleración correspondiente a una velocidad inicial de 5 km/h; marcándola en el papel milimétrico hasta llegar al punto en que la carga de velocidad h sea la correspondiente a esos 5 km/h y ahí termina nuestro primer trazado de la pendiente de aceleración.

A partir de ese primer punto, se traza otra pendiente de aceleración que corresponde ahora a la velocidad de 10 km/h, hasta llegar al segundo punto que coincide donde la carga de velocidad h es la correspondiente a esa velocidad de 10 kph. Seguirá la pendiente de aceleración para 15 km/h y así sucesivamente.

Geométricamente, el perfil virtual es un conjunto de rampas cada una de las cuales posee una longitud horizontal igual a la dada por la pendiente y una longitud vertical equivalente a la magnitud de la fuerza o energía cinética y a la potencial.

Cada locomotora produce un perfil virtual distinto para un tramo de -

vía considerado; así también cada tren tiene su propio perfil virtual en un tramo de vía considerado; la variación es consecuencia de los diferentes carros de arrastre y carga por jalar, así como del valor de eficiencia de las locomotoras y sus marcas.

Si tenemos un tren homogéneo, esto es, vacío totalmente o cargado - 100%; al llevar una mercancía y jalar un mismo tipo de vagones, o sea el tren llamado unitario. El tren mejorará su tiempo de recorrido, traducándose esto en ahorro de combustible y disminución del tiempo de maniobras. A un tren se le llama unitario, si uno es su origen y uno su destino.

2.- C O N S T R U C C I O N

2.1 TERRACERIAS

2.1.1 CORTES

2.1.2 TERRAPLENES

2.1.3 MOVIMIENTOS

Los cortes y terraplenes para alojar la vía en su adecuado trazo y perfil, están limitados por la base de la cama de los cortes o de la corona de los terraplenes y por los planos laterales de los taludes respectivos.

El terreno natural es variable en extremo, desde plano y a nivel, inclinado uniforme, hasta muy quebrados planos dentro de una misma sección de corte, terraplén o mixta.

Las variables principales que afectan los volúmenes a mover, son: el espesor central, la inclinación del terreno natural, la anchura de la sección de la vía y la inclinación del talud de reposo de los cortes y terraplenes.

Los taludes de terraplén varían entre 1.25 x 1 hasta 2.5 x 1, teniendo un ángulo de reposo de 1.5 x 1 como promedio (relación horizontal-vertical). Los taludes de los cortes varían desde: 1/4 x 1, 1/2 x 1 a 1 x 1, hasta 2 x 1, según el tipo de material en ambos casos.

El volumen de un corte o terraplén, corresponde a un prismaide cuyas - -

áreas extremas deberán medirse con aproximación de un décimo de metro cuadrado, para obtener volúmenes al metro cúbico, cuando la distancia entre las secciones es del orden de 10 a 20 metros como máximo, por lo tanto tomaremos esta aproximación por estar dentro del límite (distancia = 20 m).

La curva de masas constituye un procedimiento gráfico eficiente para el cálculo de los movimientos compensados de materiales, en los tramos donde los materiales de corte se aplican a la formación de los terraplenes, como en el caso de las terracerías en los tramos que comprende el proyecto de la vialidad, en vista de lo cual como parte importante del trabajo, con base en las secciones de proyecto y contando con todos los parámetros derivados de los estudios, se llevó a cabo el cálculo de la curva masa para todos los tramos de la vialidad.

OBTENCION DE LA CURVA MASA

Las secciones se dibujan en papel milímetro con la escala indicada como ya lo habíamos especificado, con todos los datos requeridos. Procedamos a la obtención de los volúmenes, que consiste en sumar la área "1" más la área "2" por la longitud que es de 20 metros y dividido entre 2, tratando siempre por separado los cortes y los terraplenes, entonces la expresión nos queda

$$V = (A_1 + A_2) \frac{L}{2} \text{ --- --- --- (1)}$$

Como $L = 20 \text{ m}$.

Simplificado: $V = (A_1 + A_2) 10$

La expresión (1), es conocida como fórmula de las áreas medias y que por su simplicidad es muy útil para el cálculo de volúmenes.

Estos volúmenes los afectamos por su coeficiente de variabilidad volúme-

trica, el cual es un dato de proyecto por parte de Geotecnia, solamente afectaremos los volúmenes producto de corte para formar terraplenes.

Finalmente realizamos la suma algebraica de cortes y terraplenes que nos va a dar como resultado la O.C.M. (Ordenada de Curva Masa)

Si necesitáramos los volúmenes de finos también podremos obtener con su respectiva O.C.M. en la misma tabla.

Todos los datos y cálculos que realicemos los representaremos en las hojas de registro de cálculo de subrasante y curva masa empleadas por la S.C.T.

Dada la liga que existe entre los datos que conducen a la determinación de las ordenadas de curva masa, se hace hincapié en que los distintos cálculos que es obligado efectuar, deben siempre verificarse progresivamente con el objeto de evitar la propagación de errores.

Inmediatamente las ordenadas las localizamos en el mismo plano del perfil para trazar la curva masa a la escala adecuada, según el espacio con que contemos.

La curva de masas es un diagrama de los volúmenes acumulativos por estaciones cada 20 metros, donde los cortes se consideran con signo positivo y los volúmenes de terraplén con signo negativo, de tal modo que en cualquier lugar, puede conocerse el balance entre ambas cuentas.

Un tramo ascendente de la curva, señala un corte donde la ordenada parcial de cada estación representa su volumen en cifras abundantes, a manera de poder igualar los volúmenes unitarios de terraplenes que formaremos con la rezaqa proveniente de la excavación de los cortes.

La curva de masas desciende en igual proporción que los volúmenes de terraplén, y resulta de ello el principio básico que señala que toda

recta horizontal que corte las sinuosidades de la curva de masas, ya sea en cualquier cima o campana o en cualquier sector cóncavo (con forma de columpio o cubeta) marcará iguales volúmenes de terraplén y de material abundado obtenido del corte.

Una vez trazada y bien definida la curva de masas se procede al cálculo y realización de los movimientos con sus respectivos acarrees y tiros de material. En el plano No. 2 se visualiza la forma como podríamos realizar los movimientos, donde : A.L.= Acarreo Libre y S/A = Sobre Acarreo.

2.2 OBRAS DE DRENAJE

2.2.1 ALCANTARILLAS DE ALIVIO

2.2.2 ALCANTARILLAS DE ENCAUZAMIENTO

Se proyectarán las estructuras necesarias para el sistema de drenaje de la vía del ferrocarril Chontalpa-Dos Bocas y su ramal a Cactus, por medio de diferentes criterios.

El criterio básico del alcantarillado será mediante elementos precolados de concreto reforzado con sección transversal en "cajón".

Las secciones interiores de los "cajones" serán de ancho constante e -- igual a 250 cm. la altura será variable; desde 100, 150 y 200 cm., el - ancho de cada dovela será de 105 cm. y su peso máximo de maniobras será menor de 15.0 Ton. para el caso de la pieza pesada.

El sistema de alcantarillado se dividirá en dos partes:

- a) Cruces de alivio. Para zonas expuestas a inundaciones
- b) Cruces definidos de acequias y arroyos

En los dos casos anteriores el entubamiento a base de "cajones" rematará en elementos estructurales llamados "aleros" y cuya función es encauzar las aguas dentro de los conductos.

Para los cruces de alivio los "aleros" consistirán en piezas precoladas de concreto reforzado con sección transversal en "U", las dimensiones internas de los "aleros" serán las correspondientes a los "cajones" con los que deben ensamblar. Los aleros también serán seccionados, es decir, por dovelas, de acuerdo con su altura libre interior, la última pieza llevará preparadas unas barbas para colar en obra un dentellón de anclaje.

Para los cruces de acequias y arroyos los "aleros" serán colados en obra en su totalidad.

Para diseño se consideró la rasante de la vía del ferrocarril a un máximo de 4.00 m sobre el terreno natural.

Otras consideraciones importantes para el diseño fueron:

Carga viva sobre la vía, carga Cooper E-72 según las especificaciones AREA - 1971

El nivel de aguas freáticas en su parte mas superficial se consideró en 1.20 m. Para fines de sub-presión hidrostática se estimó que la alcantarilla se sumergía 1.75 m dentro del nivel freático.

No se consideraron empujes hidrostáticos sobre las paredes de los "cajones" debido a la impermeabilidad propia de los materiales. Los elementos precolados fueron diseñados en concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo corrugado $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$.

Los elementos colados en obra fueron diseñados para concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo corrugado $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$. El procedimiento de diseño fue bajo cargas de servicio. Las dovelas se ensamblaron entre sí mediante "llaves de concreto" localizadas en los costales y en los bordes.

2.2.3 ESTRUCTURAS

Cargas de diseño.- (Espec. A.R.E.A. Cap. 8; Parte 2, Sec. 2.2.3)

Cargas muertas (8-2-7) AREA - 1979

Peso propio de la vía, rieles y sus accesorios.	200 lb/ft	297.6 kg/m
Balasto y durmientes.	120 lb/ft ³	1922.2 kg/m ³
Rellenos y terraplenes compactados.	120 lb/ft ³	1922.2 kg/m ³
Concreto reforzado.	150 lb/ft ³	2400.0 kg/m ³

Cargas vivas (8-2-3) AREA - 1971, sólo para este caso procede de las espec. AREA - 1971

Carga viva recomendada por el A.R.E.A. Cooper E-72 - 1971

Cargas de impacto.

El impacto se introduce en las cargas como un coeficiente de incremento en la carga viva.

En locomotoras de vapor, el impacto no debe exceder del 80% .

En locomotoras diesel el impacto no excederá del 60% .

$$I = \frac{100 L}{L + D}$$

D = Carga muerta aplicada en el miembro

L = Carga viva total en el miembro

Fuerza centrífuga.- (8-2-9) AREA - 1979

Para las condiciones bajo las cuales fueron diseñadas las estructuras, no se revisaron para estas cargas.

Detalles del refuerzo

Ganchos para estribos y anillos (Cap. 8, parte 2, Secc.2.4; AREA - 1979)

Ganchos (Cap. 8, parte 2, Secc. 2.4.1) (8-2-12)

$$\text{Gancho } 180^\circ \quad L_g = 4 \phi < 2 \frac{1}{2} \phi$$

$$\text{Gancho } 90^\circ \quad L_g = 12 \phi$$

$$\text{Gancho } 135^\circ \quad L_g = 6 \phi > 2 \frac{1}{2} \phi$$

Diámetro del pasador (Cap. 8, parte 2, Secc. 2.4.2) (8-2-12)

$$D = 6 \phi \quad (\text{para varillas del \#3 al \#8 inclusive})$$

$$D = 8 \phi \quad (\text{para varillas \#10})$$

Longitud de anclaje

Varillas en tensión (Cap. 8, parte 2, Secc. 2.14) (8-2-13)

Para varillas de lecho bajo

$$L_a = 0.04 A_b \frac{f_y}{f'_c} > 0.004 d_b f_y \quad (\text{in})$$

Para varillas de lecho alto, los valores anteriores se multiplicarán por 1.4 y se aproximará.

Para concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$ se tiene la siguiente tabla:

Varilla	L_a (cm) (lecho bajo)	L_a (cm) (lecho alto)
#3	30	30
#4	30	40
#5	35	50
#6	45	60
#8	75	110
#10	120	170

Varillas en compresión.- (Cap. 8, parte 2, Secc. 2.15)

La longitud de anclaje se calculó por:

$$L_a = 0.02 f_y d_b \sqrt{f'_c} \geq 0.003 L_y d_b \leq 8 \text{ in}$$

Cuando el área del refuerzo habilitado excede a la requerida por diseño, en la misma proporción se podía reducir la longitud de anclaje.

Para concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y acero $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$, se tiene la tabla:

Varilla	La (cm)
#3	20
#4	25
#5	30
#6	35
#8	50
#10	60

Gancho "estándar" (Cap. 8, parte 2, Secc. 2.17)

Para concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y acero $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$, se tiene la tabla:

Varilla	Lg (cm) (lecho alto)	Lg (cm) (otras varillas)
#3	12	12
#4	15	15
#5	20	20
#6	25	25
#8	30	40
#10	45	60

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Diseño para cargas de servicio (Esp. AREA - 1979, Cap. 8, parte 2, Secc. 2.25)

Constantes de cálculo.

Concreto $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Acero de refuerzo $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

$$E_a = 57\,000 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Cap. 8, parte 2, Secc. 2.2.4}) \quad (8-12-15)$$

$$E_c = 239\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2\,039\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_c}{E_s} ; n = s$$

$$f_c = 0.40 f'_c \quad (\text{Cap. 8, parte 2, Secc.2, 26.1}) \quad (8-2-29)$$

$$f_c = 0.40 \times 250 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$r = \frac{f_s}{f_c} ; \quad r = \frac{2000}{100} = 20$$

$$k = \frac{n}{n + r} ; \quad k = \frac{8}{8 + 20} = 0.286$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} ; \quad j = 0.905$$

$$k = \frac{1}{2} f_c k j ; \quad k = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.286 \times 0.905 = 12.94 \text{ kg/cm}^2$$

Momento resistente del concreto:

$$M_{rc} = Kbd^2$$

Momento resistente del acero de refuerzo:

$$M_{rs} = A_s f_s j d$$

Cortante que toma el concreto sin refuerzo :

$$V_c = 0.95 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Psi}) \quad V_c = 0.25 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$V_c = 3.95 \text{ kg/cm}^2$$

Adherencia. (Cap. 8, parte 2, Secc. D. Especificaciones APEA 1971) (8-2-6)

Para varillas con diámetro = 3 al # 11, corrugadas según el ASTM A-615 y A-617

Para varillas lecho alto

Otras varillas del lecho alto

Varillas en compresión $6.5 \sqrt{f'_c}$

Para concreto: $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, se tiene:

Esfuerzo permisible de adherencia

Varillas	Lecho alto*	Otras varillas del lecho alto	Varillas en compresión
#3	24,6	20,2	27,3
#4	24,6	15,1	27,3
#5	22,8	12,1	27,3
#6	19,0	9,6	27,3
#8	14,3	7,6	27,3
#10	11,4	6,0	27,3

* Varillas colocadas horizontalmente con mas de 30 cm. de concreto colado por abajo de las mismas.

ANALISIS DE ALCANTARILLAS

Según el Manual AREA: 1979, Cap.8, parte 16 "Especificaciones para diseño y construcción de alcantarillas en cajón de concreto reforzado".

Sección ϕ (250 x 200)mts.

b = 250 cm. (8.202 ft) h = 200 cm. (6.56 ft)

H = 23,0 cm. (0.75 ft)

Ld = 11,5 + 244 + 11,5 = 267 cm. (8,76 ft)

Ke = 0,4

Ks = 0,4

Is = Iw

Impacto 40%

Carga viva: Cooper E-72

$$W_{LL} = \frac{72.000}{5 \times 8,76} = 1644 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_e = 120,0 \text{ lb/ft}^3$$

$$W_s = 2400 \times 0,4 = 960,0 \text{ Kg/m}^2 = 196,62 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_D = 120,0 \times 0,75 + \frac{200}{8,76} + 196,62 = 309,45$$

$$W_{72} = 1644 \times 1,40 + 309,45 = 2611,05 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_e = 0.4 \times 120 \times 5.35 = 256.8 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_s = 0.40 \times 120 \left(5.35 + \frac{72\,000}{5 \times 120 \times 8.75} \right) = 914.33 \text{ lb/ft}^2$$

$$S = 1.0$$

$$R = \frac{290}{2.40} = 1.2083$$

$$K = \frac{1.0}{1.2083} = 0.8276$$

$$M_B = \frac{2611.05}{24} \times (8.202)^2 \left(\frac{1+3 \times 0.8276}{1+0.8276} \right) - \frac{256.8}{12} (6.56)^2 \left(\frac{0.8276}{1+0.8276} \right)$$

$$M_B = 13\,947.3 - 417.24 = 13\,530.43 \text{ lb-ft/ft} = 6\,137.5 \text{ Kg-m/m}$$

$$M_A = \frac{2\,611.05}{12} \times (8.202)^2 \left(-\frac{1}{1+0.8276} \right) + \frac{914.33}{12} (6.56)^2 \left(\frac{0.8276}{1+0.8276} \right)$$

$$M_A = 8009.28 + 1484.80 = 9494.08 \text{ lb-ft/ft} = 4306.6 \text{ Kg-m/m}$$

$$V_A = \frac{2611.05}{2} \times 8.202 = 10\,707.9 \text{ lb/ft} = 15\,535 \text{ kg/m}$$

CASO 2

$$H = 128.0 \text{ cm} = 4.20 \text{ ft}$$

$$L_d = 2.10 + 8.0 + 2.10 = 12.20 \text{ ft}$$

Impacto:

$$H = 4.20 \text{ ft} < 10.0 \text{ ft} \therefore I = 40\%$$

$$W_{LL} = \frac{72\,000}{5 \times 12.20} = 1180.3 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_c = 120.0 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_s = 196.62 \text{ lb/ft}^2$$

$$W_D = 120.0 \times 4.20 \times \frac{1.4}{1.2} + 196.62 = 717.01$$

$$W_{72} = 1180.3 \times 1.4 + 717.01 = 2369.5 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_e = 0.4 \times 120.0 \times 8.79 = 422.07 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_s = 0.4 \times 120.0 \times \left(8.79 + \frac{72\,000}{5 \times 120 \times 12.2} \right) = 891.2 \text{ lb/ft}^2$$

$$S = 1.0$$

$$R = \frac{2.90}{2.40} = 1.2083$$

$$K = \frac{1}{2.2083} = 0.8276$$

$$M_B = \frac{2369.5}{24} \times (8.202)^2 \left(\frac{1+3 \times 0.8276}{1+0.8276} \right) - \frac{482.07}{12} (6.56)^2 \left(\frac{0.8276}{1+0.8276} \right)$$

$$M_B = 12657.0 = 685.4 = 11971.64 \text{ lb/ft} = 5430.4 \text{ kg-m/m}^1$$

$$M_A = \frac{2369.5}{12} \times (8.202)^2 \left(\frac{1}{1+0.8276} \right) + \frac{894.2}{12} (6.56)^2 \left(\frac{0.8276}{1+0.8276} \right)$$

$$M_A = 7268.3 + 1452.1 = 8720.4 \text{ lb/ft} = 3955.7 \text{ kg-m/m}^1.$$

$$V_A = \frac{2369.5}{2} \times 8.202 = 9717.3 = 14460.9 \text{ kg/m}^1$$

2.3 ARMADO DE VIA Y SEÑALAMIENTO

2.3.1 ARMADO DE VIA

Los trabajos se inician con la distribución de los rieles y de los durmientes a lo largo de la terracería, se prosigue con la soldadura parcial del riel, se colocan los rieles sobre la cama de durmientes para realizar la fijación del riel-durmiente con su respectiva alineación preliminar, - previa al primer y segundo tiro de balasto. A grandes rasgos este es el - orden de los trabajos necesarios para el armado de vía; los conceptos y - datos más importantes para la realización de este trabajo se describen a continuación:

Esfuerzos de riel y base durmiente

El riel es una viga cuyo peralte y momento de inercia le proporcionan cierto momento resistente o módulo de sección que precisa concordar con la máxi- - ma carga rodante y su impacto, sobre una serie de durmientes donde pueden - fallar uno o más contiguos a los durmientes que soportan la carga analiza - da y produciéndose claros reales, hasta el triple del normal espaciamiento entre los durmientes.

La condición anterior produce presiones sobre un solo durmiente, el cual - debe reaccionar en su apoyo de balasto sin hundirse y a su vez debe sopor- - tar la flexión sin deformarse ni romper las planchuelas o juntas de rieles por excesiva tensión.

Las variables que hay que tomar muy en consideración son: area de apoyo del durmiente, espaciamiento entre durmientes, reacción del balasto, calibre o módulo del riel, peso por eje, el impacto considerado, así como también el alineamiento de curvas, donde se empleará el método de alineación conocido con el nombre de "Método de Cuerdas y Flechas".

Cálculo de la carga por ejes.

Se empleará una locomotora con $W = 150$ toneladas sobre 4 ejes. El coeficiente

te de impacto por la velocidad máxima de proyecto (100 km/h) es de 1.2

La carga por eje será

$$\text{Carga eje} = \frac{V.\text{máx.}}{\text{No.ejes}} \quad C.\text{imp.} = \frac{100}{4} (1.2) = 30 \text{ toneladas}$$

La sección de los durmientes es: 20 x 20 x 240 cm. los utilizaremos espaciados 50 cm y solamente calzaremos o compactaremos apoyo para los 2/3 extremos (dejando flojo el centro), el área de apoyo por durmiente será:

$$20 \times 249 \times 2/3 = 3200 \text{ c}^2$$

Como la carga que soporte el eje es de 30 toneladas, cada lado soporta 15 - toneladas. Esta hipótesis solo es factible por breve periodo con durmientes y balastos nuevos y recién calzados a máquina, pero para fines de cálculo - son válidas estas hipótesis.

Estabilidad de la vía

La vía es una estructura que se deforma elástica o permanentemente bajo diversos esfuerzos.

Cálculo del momento flexionante

Por medio de la fórmula de la Asociación Mexicana de Ingenieros

$$M = p^4 \frac{EI}{640}$$

M = Momento flexionante en el riel

E = Módulo de elasticidad del acero

I = Momento de inercia del riel

V = Módulo de elasticidad de la vía

P = Carga por rueda

Inestabilidad de las vías

Se usará la fórmula que utilizan los ingenieros de los ferrocarriles franceses para calcular el índice de inestabilidad, entonces tenemos que:

$$\text{Índice de Inestabilidad} = 100 \left(\frac{2R}{2R + \frac{I}{d}} \right)^2$$

Donde:

R = Peso o calibre del riel en kilos por metro lineal = 115 lbs/yd = 52.21 kg/m

T = Peso del durmiente y sus accesorios = 67.75 kg

d = Distancia centro a centro de los durmientes = 0,50 m.

Alineamiento de curvas por el Método de Cuerdas y Flechas

Principios fundamentales

- a) La ordenada media, para una cuerda dada, en una curva circular es función del grado de curvatura, por lo tanto, corresponderán ordenadas iguales a cuerdas de longitud uniformes; en una curva espiral de transición del tipo clotoide (que es lo que se ha aplicado en el capítulo de alineamiento horizontal), la ordenada variará desde un valor nulo en el P.C. (principio de una espiral) hasta un valor igual al de la ordenada en la curva circular, en el PCC (principio de curva circular).
- b) El ángulo formado por las tangentes, es igual a la suma de los ángulos centrales que subtienden las cuerdas a la curva, por tanto para conservar el ángulo central en una curva, la suma de las ordenadas medias, medidas a lo largo de la curva original, debe ser igual a la suma de las ordenadas medias de la curva corregida (ordenadas propuestas).
- c) Una corrección en una estación hace variar las ordenadas en las dos estaciones simétricas adyacentes, en una cantidad igual a la mitad de la corrección y en sentido opuesto, es decir, haciendo crecer la ordenada -- cuando la corrección decrece y aumentándola cuando la corrección disminuye.

Los dos principios son evidentes, puesto que el primero se deriva de la definición de grado de curvatura.

El segundo principio es también evidente, puesto que el ángulo que forman

Las tangentes a una curva, por dos puntos de su circunferencia, es el mismo que forman los radios que pasan por esos puntos, puesto que, por construcción las tangentes son perpendiculares a los radios.

c) Para la demostración de este principio, supóngase la curva ABCDE, de la figura No. 7, la cual modificada queda en su nuevo sitio AGE; la ordenada media en la curva original es CK, reduciéndose en la otra curva a GK (CK-CG)

Para los fines que se persiguen se puede considerar, sin error apreciable que:

$$\triangle ACG \sim \triangle AFI$$

Suponiendo los lados AC y AG y de doble longitud que los lados iguales AF y AI, los cuales miden 10 metros cada uno, estableciéndose la siguiente -- proporción:

$$\frac{AF}{FI} = \frac{AC}{CG} ; \quad \begin{array}{l} AF = 10 \text{ m.} \\ y \\ AC = 20 \text{ m.} \end{array}$$

Sustituyendo tenemos:

$$\frac{10}{FI} = \frac{20}{CG} \quad CG = 2FI$$

Igual razonamiento se puede hacer con los triángulos CEG y HEG, deduciéndose se el siguiente principio:

Al variar la ordenada media de una curva en una magnitud \pm , las ordenadas adyacentes variarán cada una en una magnitud igual a la mitad de dicha variación, pero en sentido contrario".

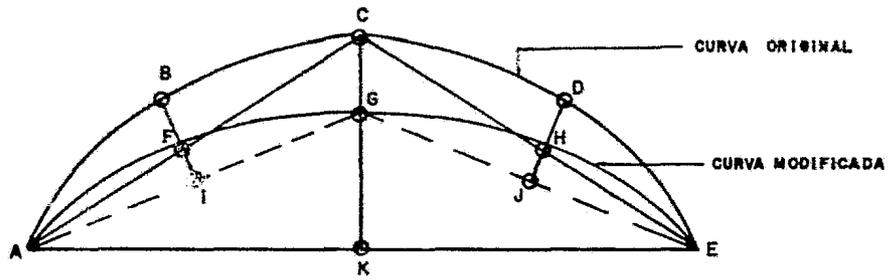


FIGURA No. 8

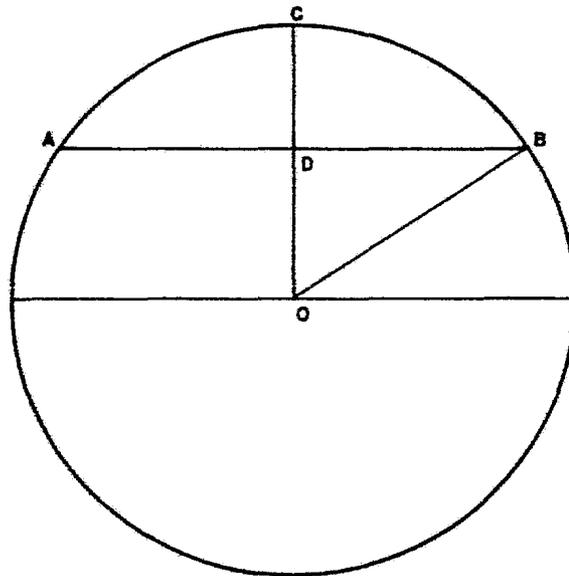


FIGURA No 9

Unidades

Originalmente las unidades adaptadas en el alineamiento de curvas fueron en el sistema inglés, operándose con cuerdas de 18.90 metros (52') la ordenada en pulgadas indicaba el grado de curvatura.

Puesto que en nuestro sistema el grado de curvatura se refiere a cuerdas de 20 metros. tendremos que deducir la unidad para la medición de ordenadas que corresponden al grado de curvatura en el sistema métrico.

Consideremos en la figura No. 8 los radios OB y OC y la ordenada media flecha CD, en el círculo ACB y hagamos:

$$\begin{aligned} AB &= 20.0 \text{ m.} = \text{cuerda} \\ \text{entonces } DB &= 1/2 C \end{aligned}$$

En el triángulo ODB se tiene:

$$OB = OC - DC = R - f \quad (1)$$

Elevando al cuadrado ambos términos de (1):

$$(R-f)^2 = OB^2 - BD^2 = R^2 - (1/2C)^2 = R^2 - 1/4 C^2$$

De donde:

$$R^2 - f^2 - 2Rf = R^2 - 1/4 C^2$$

Ordenando términos:

$$4 f^2 - 8 Rf - C^2 = 0 \quad (2)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (3)$$

$$b = 8R = 8 \times 1145.30 \text{ m.} = +9167.44 \text{ m.}$$

$$c = 20 \text{ m.}$$

$$C^2 = 400 \text{ m}^2$$

$$a = 4$$

$$-4 aC = - 4 \times 4 \times 400 = 6400$$

$$f = \frac{-9167,44 \pm \sqrt{84\ 041\ 956,153 - 6400}}{2 \times 4}$$

$$f = \frac{-0,35}{8} = - 0,04375 \text{ m.}$$

El valor absoluto $f = 0,04375 \text{ m}$, es la ordenada media que corresponde a una curva de grado métrico, para facilidad en el levantamiento se divide la unidad "f" en 20 unidades, así a cada mitad le corresponde:

$$\frac{0,04375 \text{ m.}}{20} = 0,002\ 1875 \text{ m.} = 2,1865 \text{ mm.}$$

Que es la medición más apropiada para graduar la regla de flechas, cada -- unidad de ésta magnitud nos indicará 3' de curvatura en el sistema métrico decimal.

Algo más práctico y que también se puede adoptar es la cuerda de 9,58 m de longitud; en este caso la unidad que nos marca el grado métrico es 1,0 cm. con el uso de la cuerda de 9,58 m., resultan unidades demasiado pequeñas -- que no aumentan la precisión del método, es pues la unidad de 2,18 mm. la que se emplea para graduar la regla para la medición de las ordenadas medias o flechas de una curva y el doble, o sea 4,36 mm. para graduar el es-- cantillón que nos sirve para la medición de los desplazamientos.

Levantamiento y cálculo de curvas

Elementos:

- Una cinta de acero graduada en metros
- Un alambre de acero de 0,50 mm. de diámetro y una longitud de 20 m. con -- mangos de madera en sus extremos para sujetarlo
- Una regla graduada en unidades de 2,18 mm.
- Una regla de madera graduada en unidades de 4,36 mm. con el origen de -- las escalas en el centro de la regla y graduación en los dos sentidos

Operaciones de campo.- Se subdividen en dos etapas:

La primera comprende la recopilación de características de la curva original.

La segunda etapa consiste en llevar al campo los desplazamientos calculados en la máquina "compensadora de curvas".

Trabajos de Gabinete.- Entre las dos etapas de campo previamente descritas existe una fase de gabinete que consiste en el cálculo de los valores de los desplazamientos al riel de la curva original.

Tanto la medición de los valores de las flechas en la curva original como la medición de las flechas corregidas, se hacen sobre el riel exterior de la curva.

Proceso de alineamiento de las curvas

- a) Se marcan puntos equidistantes en una distancia de 10 m. sobre el patín - de riel exterior de la curva, un poco antes del P.C. de la curva espiral y un poco después del P.T. de la espiral de salida; (no se comete error apreciable con la determinación ocular de estos puntos).
- b) Se mide con la regla de flechas el valor de éstas en cada uno de los puntos previamente marcados.
- c) Con el empleo de la máquina "Compensadora de Curvas" se uniforma el valor de las flechas de campo y se obtienen los valores de los desplazamientos. Se buscará un valor uniforme de la flecha a lo largo de la curva circular, valor que irá decreciendo hacia los extremos (hacia el F.C. y el P.T.) de tal forma de contar con un valor nulo en el principio de la espiral de entrada y en el final de la espiral de salida.

Ejemplo de registro.

ESTACION	FLECHA ORIGINAL	DESPLAZAMIENTO	FLECHA FINAL
0	- 3	- 5	2
1	4	- 9	- 5

<u>ESTACION</u>	<u>FLECHA ORIGINAL</u>	<u>DESPLAZAMIENTO</u>	<u>FLECHA FINAL</u>
2	- 2	- 5	4
3	28	+ 14	13
4	17	+ 7	24
5	24	+ 14	35
6	55	0	45
7	56	+ 6	50
8	35	+ 23	51
9	53	+ 9	51
10	56	+ 1	51
11	50	- 2	52
12	62	- 7	51
13	40	+ 9	51
14	53	+ 3	51
15	52	0	51
16	51	0	51

d) Obtenidas las correcciones (tercera columna) se procede a los desplazamientos físicos de la vía en campo, mediante el uso del medidor de desplazamientos marca MATISA o similar (Ripámetro MATISA).

Se ancla éste en la sección de balasto, se hace coincidir la aguja en "cero", se tensa el hilo de conexión sujetándolo por un extremo al carrrete del ripámetro y por el otro por una argolla o rondana que a su vez se fija al durmiente (el más próximo a la marca) por medio de un clavo, con el personal (cuadrilla) o máquina alineadora, se procede a dar el desplazamiento calculado para ese punto; si el valor es positivo, el desplazamiento del riel será del centro a la periferia de la curva; si el signo del desplazamiento es negativo se dará en sentido contrario, de la periferia al centro de la curva.

Compensadora de curvas marca MATISA

Los Ferrocarriles Franceses adoptaron la calculadora de curvas MATISA para usos generales desde 1948, hoy en día se sigue empleando en la mayoría de

los países de Europa en donde se ha desarrollado el transporte por riel; - por medio de este elemento es posible elaborar un diagrama de flechas en la forma usual, ajustando las medidas a escala completa a intervalos de 10 ó 20 m y obteniendo un cálculo rápido del valor de la nueva flecha (v) para las estaciones o puntos de una curva y el ajuste (s) que debe sumarse de la flecha original (v), para efectuar el ajuste de la curva.

La compensadora MATISA es por tanto una máquina calculadora que mediante la operación mecánica de un experto proporciona el diagrama Estaciones-Flechas, mediante la aplicación del principio de cuerdas y flechas que ya se expuso ampliamente.

La máquina mide aproximadamente 40 x 40 cm x 8 cm, pesa solamente 6 kg y se puede transportar al sitio de trabajo mediante su estuche; está construida totalmente de metal, bien acabada, precisa y fuerte, sumamente económica - por su bajo costo adquisitivo en relación con su actividad.

En su tablero se puede registrar un diagrama de 32 flechas por medio de sus marcadores, cada una de las cuales se puede mover con exactitud extrema sobre una escala graduada de 25 cm de largo. Los marcadores se mueven por medio de una manija o un tornillo de presión, ya sea individualmente, cuando se anote el diagrama de flechas, para ser ajustados o acoplados mecánicamente a grupos de 3, cuando se está trabajando en un nuevo alineamiento.

Unas bandas de metal permiten dar a cada marcador un número correspondiente a cada cuerda en el riel y los contadores situados a un lado del marcador - indican el valor de la corrección o desplazamiento para efectuar el realineamiento. Se dispone de una manija para colocar los contadores en seco.

En la actualidad se dispone de equipos mecánicos de compensación sobre salientes que a la vez que levantan el requisito de precisión, puede aplicar los valores de corrección calculada, en un momento, por un técnico en alineación, para la determinación del punto de la tierra en el largo

de la curva circular e íntimamente relacionado con las curvas espirales de transición, para no afectar la longitud de éstas que como se explica en el capítulo de alineamiento horizontal está dado por otros criterios: velocidad de operación y sobre-elevación.

2.3.2 FIJACION

Los durmientes utilizados son de madera muy dura, la cual puede apretar a un tornillo durante 15 años o más. La resistencia a la extracción puede determinar el método de usar clavos hincados a golpe, clavos guiados por un barreno o usar tornillos.

En todo el proyecto se utilizará el método de Fijación Doblemente Elástica la cual cuenta con los siguientes accesorios: tornillo de vía, grapillas, - plaquetas de apoyo, tirafondos, placas de asiento y placas de hule. Este no vedoso sistema de fijación además de ser excelente es inmejorable, debido a que el tirafondo proporciona una solidez en la fijación tan grande que puede producir roturas del patín, cuando se comete el error de no usar placa de hule en el asiento del riel y dotarlo de rondana de presión (plano No.3).

Al atornillar se debe realizar sin rajar la madera paralelo a sus fibras, - abocardar la entrada o causar cualquier otra clase de daño al durmiente de madera, incluso permitir la entrada del agua, sin facilitar su drenaje, lo cual precisa de barrenar el lugar del tornillo, traspasando el taladro hasta la base del durmiente.

El amarre o fijación del riel-durmiente se hará de la siguiente forma:

- 1.- Por el cordón derecho, una cuadrilla con herramienta y equipo adecuado irá fijando el riel en forma terciada.
- 2.- Por el cordón izquierdo, otra cuadrilla de amarre con sus elementos necesarios irá efectuando una maniobra análoga: amarrando en forma terciada.

Fijación del riel a la placa de asiento.

Para sujetar la cabeza del perno emplearemos la placa, sólidamente atornillada o clavada al durmiente de madera, que es donde se aplicará la tuerca para presionar el elemento de fijación del patín de riel a la subestructura (grapa).

El apriete mediante la tuerca, produce rigidez que se debe reducir gracias a las rondanas de presión o arandelas elásticas y a las grapas de acero elástico; la rondana o grapa elástica absorbe la variación de tensión y vibraciones que el tráfico somete a los tirafondos.

Placas de apoyo.

El riel colocado directo sobre el durmiente, en teoría descansa con una superficie de contacto de $(15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}) = 300 \text{ cm}^2$, pero realmente apenas 2/3 de esa área, tiene un asiento adecuado para repartir las presiones con relativa uniformidad.

Las placas de fierro, duplican el área de contacto (con anchuras entre 25 y 35 cm) pero los bordes de las placas, también cortan la madera produciendo una gráfica de presiones - deformaciones, por lo que resulta frustrado el objetivo original de la placa, que pretendía abatir la fatiga sobre el durmiente, a la 1/2 de la comprensión directa causada por el patín del riel.

Las placas de hule consisten en una placa de hule estriada, con el fin de absorber la deformación en espesor, sin expandirse en anchura al paso de la carga.

La placa de hule se coloca sobre las placas de fierro de tal manera que las presiones resultan uniformes y también las fatigas se distribuyen normalmente.

Con estas placas además de mejorar el asiento y reducir la presión de fatiga se evitan los rasguños del riel en el durmiente, finalmente se mejora el asiento al máximo y se evita la fatiga entre el riel y el durmiente (ver fig. 1.33).

2.3.3 SEÑALAMIENTO

Uno de los aspectos complementarios para la operación de las rutas ferroviarias lo constituye el proyecto de señalización de vías principales, laderos y patios terminales.

TIPO DE SEÑALES:

a) Señal o poste de kilometraje

Se instalará esta señal a cada kilómetro e indicará la distancia al origen o inicio de la vía. Para el caso de la troncal Chontalpa-Dos Bocas, el K-0+000 (origen) será el P.C. (principio de curva) del sapo colocado en la rama norte de la "Y" griega del entronque respectivo.

b) Señal de velocidad

Para regular la velocidad a lo largo de los recorridos, se instalarán señales indicadoras de velocidades para trenes lentos y rápidos (cargueros y pasajeros); los lugares de ubicación de esta señal serán los inicios - de pendientes descendentes, en donde el convoy ferroviario, a consecuencia de la carga de velocidad, está expuesto a incrementar su velocidad a valores más allá de los permisibles con el consiguiente riesgo de las instalaciones fijas y del equipo.

c) Señal de crucero ("CUIDADO CON EL TREN")

Esta es una señal que se colocará sobre los caminos o carreteras que atraviesan la línea férrea pero corresponde al ferrocarril instalarla. La distancia entre el sitio de colocación de la señal y el centro de la línea - de la vía, variará entre 15 y 30 metros.

d) Señal de "ALTO"

Al igual que la señal de crucero, también se colocará sobre los caminos o carreteras que atraviesan la línea férrea, su función es la de obligar a los conductores frenen o hagan un alto unos metros antes de cruzar la vía del ferrocarril, de tal manera que el cruce sea con bastante cuidado y se

evite cualquier accidente. La distancia entre el sitio de colocación de la señal y el centro de la vía, oscilará entre 3 y 7 metros.

e) Señal de silbato

Mediante esta señal se transmitirá a los conductores de una locomotora la orden de uso del silbato para advertir la cercanía de un tren a zonas de patios o cruces con camino, se colocará a distancias variables entre 100 y 150 metros de separación de límites de patio o cruces de caminos.

f) Señal de límite de patio

Se colocará esta señal para separar las zonas de influencia de la vía -- troncal con la de los patios y/o terminales ferroviarios, se ubicarán -- exactamente en las fronteras de estas zonas.

g) Señales de escapes

Para la identificación de los escapes o laderos, se colocarán señales indicadoras que mencionarán el sentido del escape (derecho o izquierdo) y el kilometraje de su centro de gravedad, así como el nombre o especificación de la línea, se ubicarán en el lado exterior del ladero y en el punto medio de la distancia entre P.A. y P.A. (Punta de Aguja).

h) Señales de "Ordenes de Tren"

Se emplearán estas señales para detener o transmitir orden de "proceder" a los convoyes (trenes) en movimiento, pudiendo ser señal del tipo de "bandera" o señal semaforizado; para el primer tipo se transmitirán órdenes por 2 posiciones de la bandera (horizontal o vertical), en el caso de las segundas, mediante el uso de luz roja y luz verde.

Estas señales, cualquiera que sea su tipo, estarán ubicadas frente al edificio de estación, siendo operadas por el responsable del tráfico local (despachador o jefe de estación).

i) Señales informativas de Estación

Consisten en placas con letreros conteniendo la siguiente información:

- 1.- Nombre de la Estación
- 2.- Distancia a los puntos extremos de la línea
- 3.- Elevación sobre el nivel del mar

2.4 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

2.4.1 TERRACERIAS

Se ejecutarán todas las operaciones necesarias para la realización de los trabajos que comprendan esta fase del proyecto, como son: desmonte, despallame, cortes, terraplenes, bombeos, compactaciones y acarreos. Cada concepto se divide según sus características; por ejemplo el desmonte se clasifica según el tipo de vegetación y también si se realiza con maquinaria o manualmente, en los cortes su clasificación depende del tipo de suelo, para los acarreos influyen las distancias, etc.

Por la dificultad que ofrecen a su ataque, las Especificaciones Generales de Construcciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, clasifican a los materiales de terracerías como A, B y C.

Material Tipo "A".- Lo componen los suelos agrícolas, limos, arenas y otros materiales semejantes poco o nada cementados, blandos y sueltos, con partículas de roca de 7.5 centímetros de diámetro efectivo como máximo, que pueden ser eficientemente excavados con cuchilla de inclinación variable y tracción de 90 a 110 caballos de potencia en la barra sin el auxilio del arado - aunque éste se utilice para elevar los rendimientos.

Material Tipo "B".- Corresponden a rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas, tepetates y otros materiales similares, con piedras sueltas de diámetro efectivo menor que 75 y mayor que 7.5 centímetros, que por la dificultad para su corte y extracción solo pueden ser excava

dos eficientemente utilizando cuchilla de inclinación variable o arado de seis toneladas con tracción de 140 a 160 caballos de potencia en la barra, con pala mecánica de un metro cúbico, sin uso de explosivos, aunque estos se apliquen para mejorar los rendimientos.

Material Tipo "C".- Es el tipo de suelo que solamente puede ser atacado mediante explosivos, requiriendo para su remoción el uso de pala mecánica de gran capacidad.

A continuación se describe de una forma muy general los conceptos que componen esta fase del proyecto, siguiendo el orden para su ejecución.

I.- DESMONTE

Consistirá en dejar libres de vegetación las áreas de trabajo especificadas para el proyecto, a fin de alojar los cortes y terraplenes, alcantarillas, puentes, cruces, estructuras en general y obras complementarias, caminos y brecha de acceso, zonas de préstamo, bancos de materiales, etc. para la construcción de la línea del ferrocarril. El desmonte con el empleo de herramienta manual, únicamente será admisible en lugares inaccesibles para la maquinaria o en los sitios alejados o aislados, cuyo desmonte por procedimientos manuales resulte más económico que con maquinaria.

II.- DESPALME

Consistirá en eliminar la capa superficial del terreno natural, constituido en material inadecuado para rellenos y terracerías, así como para el desplante de terraplenes y estructuras. El despalme se ejecutará exclusivamente en material de Tipo "A".

III.- EXCAVACION

Se realizará con el objeto de alojar debidamente la línea del ferrocarril con todos sus elementos componentes. El material de excavación se clasificará de acuerdo con el grado de dificultad que presente para su extracción, tomando como base los tipos "A" y "B" conforme a las definiciones de éstas entidades anteriormente.

Procedimiento:

Las excavaciones en los cortes y para la eliminación de derrumbes y azolves, se ejecutarán mediante un sistema de ataque que facilite el drenaje del frente, las cunetas y contracunetas se deberán construir con la oportunidad necesaria y en tal forma que no causen perjuicios a los cortes ni a los terraplenes cercanos o adyacentes. Los materiales obtenidos, podrán ser utilizados para terraplenes y rellenos o enviados a los bancos de desperdicio.

Las excavaciones de corte que se realizarán sobre la línea del ferrocarril para la formación del terraplén, se llevarán hasta una profundidad media de 30 cm. bajo el nivel de la subrasante del proyecto para formar la cama y todo el material procedente de excavación bajo la subrasante deberá ser extraído y depositado en un lugar específico.

Antes de iniciar los cortes en los tramos de terracerías compensadas, construcción de alcantarillas y muros de sostenimiento deberá estar terminada dentro de los 500 metros contiguos adelante del frente de las excavaciones.

Las excavaciones para préstamos laterales se realizarán cuando se haya comprobado que el terreno natural, por sus características, no sea adecuado para la formación de terraplenes, la explotación se hará en los sitios próximos a la obra (conceptuados como préstamos laterales).

Antes de efectuar los préstamos de ajuste en los tramos de terracerías compensadas, deberán vaciarse totalmente los cortes utilizando todo el material -- aprovechable en la formación de los terraplenes.

IV.-BONIFICACION POR EXCAVACION EN MATERIAL

Consistirá en el traslapeo y elevación del material para la apertura y -- terminación de las secciones de cunetas y contracunetas, con el objeto de encauzar los escurrimientos y proteger a las terracerías de los efectos erosivos del agua.

Procedimiento:

En las excavaciones ejecutadas de acuerdo a las profundidades requeridas, en seco o cuando se encuentren localizadas en sitios a nivel inferior que el -- manto freático, previo abatimiento de este mediante bombeo de achique, se to-- mará en cuenta el trabajo adicional que requerirá el movimiento del material a mayor altura, debido a que variará constantemente a lo largo de la línea.

V.- COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE TERRAPLENES, PARA 85 Y 95 POR CIENTO DEL PESO VOLUMETRICO SECCOMC MAXIMO PROCTOR ESTAN-- DAR.

Su función principal será la de mejorar la capacidad de soporte del te-- rreno natural mediante compactación en el desplante de los terraplenes, - cuando de acuerdo con el proyecto, la capa superficial sea susceptible de utilizarse para el asentamiento de dichos terraplenes sin necesidad de - despalme.

Los trabajos se limitarán al mejoramiento de la capa superficial del te-- rreno natural mediante escarificación, incorporación de agua y compacta-- ción al 85 y 95 por ciento del peso volumétrico seco máximo Próctor están-- dar, para el desplante de los terraplenes destinados a proporcionar ade-- cuada sustentación a los componentes de la línea del ferrocarril.

Procedimiento:

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos ocasionados por el desenraice, se escarificará el terreno natural del área de desplante en el espesor especificado u ordenado y se procederá a la compacta-- ción del material escarificado al grado indicado.

Cuando el material contenga mayor grado de humedad que el óptimo requerido, - antes de iniciar la compactación se eliminará el agua excedente, volteando el material con movimiento lento y diagonal de la motocompactora, para crearlo hasta que adquiera el grado de humedad adecuado para su compactación.

La capa subrasante compactada deberá tener 30 centímetros de espesor como mí-- nimo.

La compactación así como la construcción de los terraplenes en general, no deberán iniciarse antes de terminarse las alcantarillas y muros de contención, por lo menos 500 metros adelante del frente de las terracerías.

En la compactación de la cama en cortes, para 85 y 95 por ciento es muy semejante a la compactación del terreno natural, únicamente se le agrega una operación más la cual es el afinamiento de la superficie compactada, se realizará de acuerdo con los niveles pendientes longitudinales y forma de la sección.

VI.- FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES AL 85 Y 95 POR CIENTO DEL PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO PROCTOR ESTANDAR.

La formación y compactación se realizará al grado indicado de los terraplenes que se especifique, con el objeto de alcanzar el nivel de la subrasante previa al tendido de la sección de subalasto.

Para formar los terraplenes de sección íntegramente compacta al 85 y 95 por ciento del peso volumetrico seco máximo Próctor estándar, se procede a la mezcla, en su caso de los materiales procedentes de cortes en tramos compensados, de préstamos laterales o de bancos distantes, con arena o material arenolimoso de origen fluvial, incorporación de agua al material o a la mezcla, tendido en capas de los mismos, compactación de las capas al grado indicado, escarificaciones de liga en caso necesario, recorte de las cuñas de sobreancho y afinamiento de la sección terminada.

Procedimiento:

Para fines de formación de las secciones de terraplenes compactados incluyendo la capa subrasante, los materiales que se emplearán serán del tipo compactable, que comprende los suelos gruesos con gravas, de los grupos GW, GP, M y GC, con arenas, de los grupos SW, SP, SM o SC y los suelos finos con límite líquido comprendido entre 50 y 100 exceptuando el grupo CL, susceptibles de compactarse con equipo normal o especial, sin admitir en caso alguno los suelos altamente orgánicos constituidos por turba, identificados con el grupo

po de símbolo Pt. En los casos de los suelos que por su baja cementación no esté bien definida la prueba que debe aplicarse para la determinación del peso volumétrico seco máximo, se efectuarán las pruebas Próctor Estándar y Porter, optando por aquella que dé el peso volumétrico más alto, pero en todos los casos se evitará el uso de los materiales con valor relativo de soporte saturado menor o de expansión mayor que el cinco por ciento. Además de los suelos antes mencionados se considerarán también materiales compactables, de empleo admisible en el cuerpo del terraplén, pero no en la capa subrasante, tendiéndolos en capas de espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores o acomodados en su posición más estable, las fracciones de rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates, con partículas comprendidas entre 7,6 y 75 cm de diámetro efectivo, susceptible de acomodarse con movimiento normal, por bandeo del tractor o con el equipo normal de construcción, sometiendo en caso de duda estos materiales a la prueba consistente en tender una capa del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor que 30 cm en todo lo ancho del terraplén y en una longitud de 20 metros; a continuación se regará agua sobre la capa tendida, en proporción aproximada de 100 litros por metro cúbico de material, para proceder al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de 20 toneladas sobre la capa impregnada, pasando tres veces sobre la totalidad de la superficie, para continuar con los sondeos a cielo abierto en los 20 cm superiores de la capa, con volumen aproximado de 0,5 metros cúbicos en cada sondeo; el material producto de los sondeos deberá tener como máximo un 20 por ciento en volumen, de material retenido en dicha malla deberá contener como máximo, el 5 por ciento del volumen total de fragmentos de roca mayores de 15 cm tomando finalmente el promedio de los resultados obtenidos en tres sondeos efectuados diagonalmente con respecto a la superficie rectangular compactada, el primero a 4 metros del lado extremo medidos en el sentido del eje de 20 metros, por centro a una distancia de dicho eje igual a un cuarto de la longitud del eje normal, el segundo en el centro geométrico del área compactada y el tercero sobre la prolongación de la recta definida por los centros de los dos sondeos anteriores, en posición diagonalmente opuesta al primero y a la misma distancia que éste del sondeo central.

Siempre que la configuración del terreno lo permita, los terraplenes a que se refiere este concepto se construirán por capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección, con un espesor aproximadamente uniforme y tal que permita obtener el grado de compactación indicado o especificado.

Efectuada la compactación de una capa, su superficie se escarificará y se agregará agua nuevamente si es necesario, antes de tender la siguiente con el objeto de obtener una liga apropiada entre ambas.

La capa subrasante del terraplén que corresponde al último estrato compactado para coronar la estructura bajo la sección del subalasto, deberá tener un espesor de 30 cm como mínimo, formado por una o varias capas con el espesor parcial que se especifique u ordene, las cuales se deberán compactar de acuerdo con lo indicado en lo que corresponda de los dos párrafos precedentes.

Con el objeto de lograr que con el equipo utilizado se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección de proyecto, la cual no es posible lograr en las orillas de los terraplenes, se construirán éstas con un ancho de corona mayor que el teórico, con diferencia máxima al nivel de la subrasante y nula por convergencia de los taludes teórico y efectivo al nivel de la línea de los cerros, obteniéndose así las cuñas laterales de sobreancho, cuyo grado de compactación podrá ser menor que el especificado o indicado, el proyecto incluirá las dimensiones de estas cuñas de sobreancho, que una vez concluida la construcción del terraplén hasta el nivel de subrasante, serán recortadas dejando el talud afinado a la sección especificada y el material producto del recorte de dichas cuñas, será extendido uniformemente al pie del talud correspondiente, sin obstruir las secciones de drenaje.

En los cortes por excavación adicional abajo del nivel de la subrasante, ésta se obtendrá construyendo un terraplén sobre la cama, utilizando para ello material adecuado y procediendo en la forma antes descrita para los terraplenes compactados en general.

VII.- ACARREO DE MATERIALES PRODUCTO DE DESPALMES, CORTES, DERRUMBES Y ACOLVES.

Este concepto se refiere al desplazamiento o transportación del material de que se trate a la distancia indicada, con el fin de hacerlo llegar al sitio de tiro, depósito o utilización.

Todos los materiales aquí citados, tendrán un acarreo libre de 20 metros, al término del cual se considera como origen de acarreo sujeto de este concepto, sin considerar los materiales de préstamo lateral - cuyo acarreo es libre en su totalidad.

El acarreo de los materiales a que se refiere este concepto, se cuantificará con base en la distancia medida entre el centro del lugar de excavación o extracción y el centro del sitio de depósito, de tiro o de utilización, descontando la distancia del acarreo libre.

2.4.2 OBRAS DE DRENAJE

Se ejecutarán de acuerdo a lo estipulado, todos los trabajos preliminares a fin de alojar las obras de drenaje, para la colocación o construcción de alcantarillas y estructuras de alivio destinados a proteger de los efectos del agua a las terracerías y los elementos de vía de la línea del ferrocarril, permitiendo el paso interior de escurrimientos, cauces menores, drenes, etc. Dichos trabajos preliminares son los siguientes conceptos: I) Desmonte, -- II) Despalme, III) Excavaciones, IV) Bonificación; los cuales están desglosados detenidamente con anterioridad; los siguientes conceptos son los que a continuación explicamos y siguiendo el orden según el programa para su ejecución.

1.- FORMACIÓN DE TERRAPLENES PARA PROTECCIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE

Consiste en los trabajos que se ejecutarán para cubrir la alcantarilla, formando en torno a ella terraplenes de protección íntegramente compacta al 90 por ciento del peso volumétrico según método del testigo, mediante la colocación del material extendido en capas horizontales de espesor uniforme, incorporación de agua en la proporción requerida para

obtener la impregnación óptima, compactación de las capas al grado indicado con las escarificaciones de liga que sean necesarias y afinamiento de la sección terminada, todo ello con el objeto de confinar las obras de drenaje proyectadas para permitir el paso de los escurrimientos superficiales, cauces menores, drenes, etc. Para fines de formación de los terraplenes a que se refiere este concepto, los materiales que se emplearán serán del tipo compactable que comprende los suelos gruesos con gravas, de los grupos GW, GP, GM y GC, con arenas de los grupos SW, SP, SM o SC y los suelos finos con límite líquido comprendido entre 50 y 100 exceptuando el grupo OH, susceptibles de compactarse con equipo normal o especial, sin admitir en caso alguno los suelos altamente orgánicos constituidos por turba, identificados con el grupo de símbolo Pt.

En los casos de los suelos que por su baja cementación no esté bien definida la prueba que debe aplicarse para la determinación del peso volumétrico seco máximo, se efectuarán las pruebas Próctor estándar y Porter, optando por aquella que dé el peso volumétrico máximo más alto, pero en todos los casos se evitará el uso de los materiales con valor relativo de soporte saturado menor o de expansión mayor que el cinco por ciento. Además de los suelos antes mencionados, se considerarán también materiales compactables, de empleo admisible en el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores o acomodados en su posición más estable, las fracciones de rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates.

La capa subrasante del terraplén que corresponde al último estrato compactado para coronar la estructura bajo la sección del sublasto, deberá tener un espesor de 30 cm como mínimo, formado por una o varias capas con el espesor parcial especificado.

- ∴.- FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO DE $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ Y DE $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$
Se realizará la fabricación, colado, vibrado y curado del concreto de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con tamaño máximo de agregado de 50.8 milímetros (2") y

el de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ con 38.1 milímetros (1 1/2") de tamaño máximo, ambos con 15 centímetros de revenimientos. El primero se utilizará para la formación de plantillas, rellenos y firmes que sirven de desplante o respaldo a ciertos elementos de las estructuras, cuando el terreno natural o el relleno no proporcionen el soporte y las condiciones de sanidad necesarios, el segundo es requerido para los elementos estructurales colados en sitio, de las obras de drenaje proyectadas.

VII.- SUMINISTRO Y HABILITADO DEL ACERO DE REFUERZO Y DE LA CIMBRA

El acero que se empleará es de $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$ habilitado y colocado dentro de los moldes o de la sección de colado, de acuerdo como lo especifica el proyecto. Con el objeto de proteger el acero de refuerzo en las estructuras colocadas en sitio, contra los efectos de corrosión, se deberá proveer en el armado un recubrimiento mínimo de siete centímetros para las varillas de lechos bajos, en los que el concreto se encuentre en contacto con el suelo, y en los demás casos el recubrimiento será de cuatro centímetros.

Los moldes de la cimbra para colado de estructuras en sitio, que se habilitarán conforme al proyecto, podrán ser de madera, metálicas o de cualquier otro material, pero en todo caso deberán tener la rigidez suficiente para evitar las deformaciones debidas a la presión de la revoltura, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones que pueden presentarse durante la construcción, además deberán ser estancos para evitar la fuga de la lechada y los agregados finos, durante el colado y vibrado de la revoltura.

La remoción de la cimbra para el tipo de concreto especificado en las estructuras coladas en sitio, deberá cumplir con los tiempos mínimos de espera después del colado, que no deberán ser menores de 14 días en techos y losas de piso y los días para columnas, muros y costados de techos, losas, detalles, etc., aunque en caso de que sea necesario acelerar la

ejecución de las obras, será necesario utilizar cemento Portland Tipo III, para reducir a la mitad los tiempos de retiro de los moldes.

En los elementos que no soporten cargas, los moldes de las partes verticales podrán retirarse de 12 a 48 horas después del colado, y cuando proceda el descimbrado antes de cumplir el período de curado especificado y ordenado, se continuará con dicho curado aplicándolo adicionalmente sobre las superficies que se descubran al retirar los moldes, pero no se aplicarán sobre la estructura las cargas totales de diseño, - hasta 28 días después de terminado el colado.

VIII - ELABORACION Y COLOCACION DE CAJAS DOVELA TIPO 1 Y 2 PREFABRICADAS PARA ALCANTARILLAS

La sección será de tipo rectangular, sus dimensiones interiores son -- 2.50 metros de base y la altura varía de 1.00 metro, 1.50 metros y 2.00 metros, 0.40 metros de espesor de pared y 1.05 metros de longitud efectiva como conducto, proyectadas para construir las estructuras de drenaje, que tiene por objeto permitir el paso inferior de los escurrimientos superficiales, cauces menores, drenes, etc. La elaboración de la pieza se realizará en la planta de prefabricación, cuando cuente con la edad especificada se transporta al sitio de la obra de drenaje, finalmente después del asentamiento de la pieza se procede a la nivelación y fijación de la pieza.

IX.- ELABORACION Y COLOCACION DE ALEROS TIPO 1, TIPO 2 Y TIPO 3, PREFABRICADOS PARA ALCANTARILLA

Para los tres tipos de aleros cuenta con una base de 2.50 metros en su sección hidráulica interior y 0.40 metros de espesor de pared, en lo que difieren es la longitud efectiva como conducto que en el Tipo 1 es de - 2.10 metros y en los Tipos 2 y 3 es de 0.70 metros, estas estructuras -- también nos sirven para permitir el paso inferior de los escurrimientos superficiales, cauces menores, drenes, etc. La elaboración de la pieza y todas las maniobras por realizar son idénticas a las dovelas.

Tanto para las dovelas como para los aleros se empleará concreto de $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, con tamaño máximo de agregado de 19.1 milímetros -- (3/4"), revenimiento no mayor que 10 centímetros y peso volumétrico de 2200 kilogramos por metro cúbico como mínimo, utilizando para la elaboración del concreto Tipo 1 o Tipo 3 según sea conveniente, pero sin permitir que la relación agua-cemento se altere para mejorar la fluidez y trabajabilidad de la mezcla, y el acero de refuerzo será de alta resistencia con $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$.

2.4.3 ARMADO DE VIA

Se llevarán a cabo todas las operaciones necesarias para la ejecución de todos y cada uno de los conceptos que se citan en este subtema, conforme a las especificaciones correspondientes.

I.- TENDIDO Y ARMADO DE VIA SOLDADA CON FIJACION DOBLEMENTE ELASTICA, DURMIENTE DE MADERA Y RIEL DE 115 LIBRAS A.R.E.A.

Se procederá a llevar a cabo los trabajos del tendido y armado de vía, en las curvas, tangentes y laderos que integran la línea de ferrocarril hasta el término de la alineación preliminar, previa al primer tiro de balasto, considerando el suministro de balasto y balastado, soldadura de rieles, alineamiento y nivelación de vía y colocación de juegos de cambio; que junto con el material de vía necesario, será entregado al contratista en los patios y centros de almacenamiento localizados en las inmediaciones del entronque del Ferrocarril a Dos Bocas, con la vía del F.U.S., incluyendo rieles, durmientes, planchuelas, tornillos de vía con tuerca y rondana, plaquetas ranuradas, plaquetas metálicas de asiento, placas de hule, graxillas, tirafondos y varillas de escantillón.

Procedimiento:

Se transportará el riel y se depositará en un lugar próximo al sitio de destino, inmediatamente se procede a ordenarlo en línea, paralela a ambos lados del eje correspondiente, sobre la cama o corona de las terraplenas previamente terminadas hasta el nivel superior del balastado, se empleará una grúa mecánica.

Por lo que concierne a los durmientes, con el objeto de que los movimientos locales durante la colocación final de proyecto sean mínimos, una vez descargados en el sitio se procederá a acomodarlos en tongas alternas de 45 y 46 piezas cada 25 metros para disponer de 1820 piezas por kilómetro, considerando que la separación será de 55 centímetros de centro a centro de durmiente, con los ajustes necesarios en los cajones correspondientes a las planchuelas provisionales.

Efectuados el acordonamiento de riel y el entongado de durmientes a lo largo del frente o de los frentes de tendido de vía, así como la integración preliminar o soldadura parcial de rieles, se llevará a cabo el retrazo del eje de la vía que servirá de apoyo para el alineamiento preliminar de durmientes, rieles y vía armada, tomando en cuenta que esta actividad deberá ser ejecutada por personal especializado y con instrumental topográfico, cuando ya no se tenga más tránsito sobre las terracerías, con el objeto de evitar que se destruyan o alteren los tiempos y estacas que servirán de -- guía hasta el alineamiento de vía previo al primer tiro de balasto.

El retrazo topográfico consistirá en restituir y complementar el trazo original anticipadamente efectuado por las brigadas de estudio en la etapa de proyecto, estacando a cada 20 metros con trompos a cada 50 metros para tramos en tangente y colocando trompos a cada 20 metros en tramos de curvas, con el objeto de facilitar el alineamiento de durmientes y permitir la -- cuantificación precisa de los materiales de vía, incluyendo riel, durmiente y accesorios para cada tramo en particular y para el frente en general.

Con apoyo en el eje definido por los trompos y estacas antes mencionados -- se centrarán dos durmientes, distantes entre sí 50 metros cuando se trate de un tramo en tangente o 20 metros si es el caso de una curva, que servirán de guía para el alineamiento de los durmientes intermedios que se colocarán a continuación, haciendo coincidir sensiblemente por procedimiento visual las muescas que habrán de alojar las placas de asiento, dando la separación especificada de 55 centímetros centro a centro mediante el empleo de

un escantillón apropiado que se irá ajustando entre cada par de durmientes para proporcionar el espaciamiento preciso y verificando durante la ejecución de estos trabajos mediante inspección ocular el estado de los durmientes a fin de detectar las piezas defectuosas que deberán ser sustituidas previamente a la instalación del riel.

Terminada la distribución, alineamiento y espaciamiento de los durmientes en el tramo, se procederá de inmediato a colocar el riel previamente integrado en tramos de seis piezas, sobre la cama de durmientes, procurando la coincidencia del patín con las muescas en un primer intento de alineación y desfasando los extremos del cordón izquierdo con respecto a los del cordón derecho, una distancia aproximadamente igual a $(1/3)$ de la longitud unitaria del riel que será de 11,89 metros (39 pies), es decir una distancia próxima a los 3.96 metros (13 pies), como medida del cuatrapeo necesario para evitar la coincidencia lateral de las juntas emplanchueladas, que además deberán quedar localizadas al centro de los cajones o separaciones entre dos durmientes contiguos, con el objeto de proporcionar adecuado apoyo a la planchuela y facilitar la soldadura posterior del riel en la etapa de integración de rieles de gran longitud, para lo cual se ajustará la separación de los durmientes entre los cuales se habrá de alojar la junta a fin de dar mayor rigidez y firmeza a la unidad emplanchuelada, proporcionando la dotación de 130 puntos de apoyo por cada 6 rieles unitarios.

Tomando en cuenta que se trata de rieles parcialmente integrados con las longitudes de 71.32 metros (234 pies) y peso de 4068.54 kilogramos (8970 libras) por tramo, será necesario utilizar para su colocación dispositivos de operación manual a base de marcos móviles con poleas, que sujeten el riel por lo menos en 6 puntos de apoyo, para evitar que el flambeo excesivo ocasione a la pieza deformaciones permanentes o bien se puede utilizar una grúa Burro (Speed Swing).

Inmediatamente se llevará a cabo la distribución de los accesorios de vía a lo largo del tramo o frente de armado, procediendo de inmediato a la colocación

ción de las plaquetas metálicas de asiento con placas de hule para las curvas o de las placas de hule simplemente si se trata de tangentes, haciendo coincidir dichos elementos con las muescas de los durmientes respectivos, mediante el empleo de personal capacitado, provisto de gatos y herramientas adecuados, dando principio enseguida a la operación de emplanchuelado y -- amarre preliminar de rieles, para la cual se utilizarán las cuadrillas de trabajo que son necesarias con dotación completa de herramientas y equipo para armado de vía.

La unión provisional de los rieles con planchuelas se ejecutará con el empleo de llaves y tuercas manuales o mediante equipo mecánico de operación neumática o eléctrica, dejando entre los extremos de los rieles una separación de 6 milímetros, que es la máxima permitida por la forma oval de las perforaciones de la planchuela, haciendo uso de cañas calibradoras para verificar dicha separación, colocando las rondanas de presión antes de efectuar el ajuste de los tornillos de vía que se pondrán en número 2 por cada unión, procediendo a la ejecución de esta última actividad en el sentido del armado de vía, con el objeto de ir desplazando el riel adelante para dar las separaciones especificadas en las uniones.

El amarre o fijación del riel al durmiente con las placas de asiento y placas de hule en su posición correcta, se llevará a cabo con dos cuadrillas dotadas de tirafondeadora y herramientas complementarias, que irán fijando el riel en forma terciada, es decir amarrando un durmiente sí y otro no, -- una cuadrilla por el cordón derecho o lado de ojo en el sentido del avance y la cuadrilla por el riel izquierdo, de manera que las fijaciones de éste con respecto al primero guarden una localización alterna, lo que equivale a amarrar un durmiente al riel derecho, el siguiente al opuesto y así sucesivamente, organizando el proceso en forma tal que las cuadrillas trabajen en frentes desfasados para evitar que se obstruyan entre sí, pero tomando en cuenta que esta fase de armado ninguna de las cuadrillas aplicará el escantillón de vía.

Atrás de las cuadrillas antes mencionadas se dispondrá el avance de una tercera dotada además del escantillón de vía, que dará la separación interior de los rieles desterciendo el cordón derecho, y finalmente una cuadrilla - más que avanzará inmediatamente enseguida de la anterior, procederá al último desterciado fijando el riel izquierdo a los durmientes que hayan quedado sueltos, sin aplicar escantillón.

Antes de iniciar el armado de vía en el tramo y durante el tiempo que dure dicha actividad, se verificará a través de personal de supervisión que la - medida del escantillón de vía sea del 1435 milímetros, dentro de la toleran- cia especificada y que el escantillón se aplique en forma correcta, colocán- dolo 16 milímetros abajo de la superficie de rodamiento del hongo, dado que al término del armado el escantillón deberá pasar libremente entre ambos -- rieles para cualquier sección de la vía.

Terminado el armado de vía en el tramo como se ha descrito, se procederá a la recuperación de todo el material sobrante útil o no, e inmediatamente -- después se iniciará el alineamiento preliminar de la vía, que podrá ejecu- tarse en forma manual o mediante equipo mecánico, con base en los trompos - colocados sobre la cama o corona de las terracerías, que el contratista de- berá conservar inalterados hasta esta etapa como apoyo al mencionado alineamiento, el cual se realizará con una breve anticipación al primer tiro de - balasto en una longitud restringida a la que se haya de cubrir con el volu- men transportado en un tren de trabajo, dado que si se opera de manera dis- tinta, las variaciones de temperatura entre el término de una jornada y la iniciación de la siguiente podrían desalinear la vía con la consiguiente - pérdida en la efectividad del alineamiento ejecutado.

La separación entre rieles como antes se ha especificado, que será aplicable a los tramos en tangente y a curvas hasta de 4 grados, deberá incrementarse para curvaturas mayores a razón de 2.5 milímetros por cada grado o fracción en exceso de 4 grados, sin sobrepasar un máximo de 1454 milímetros ($4'9\frac{1}{4}$), medidas dichas separaciones 16 milímetros bajo la superficie de rodamiento

del hongo en todos los casos, y una vez verificadas estas condiciones de armado, se procederá a la fijación de las varillas permanentes de escantillón en las curvas, que se sujetarán y calibrarán con las tuercas correspondientes, durante la fase del alineamiento preliminar previo al primer tiro de balasto.

Para dar por terminado y recibir de conformidad un tramo de vía tendida y armada hasta su fase de nivelación preliminar previa al primer tiro de balasto, se verificará las condiciones de sujeción, el espaciamiento entre durmientes, la separación entre rieles, el alineamiento, y en general el cumplimiento de todo lo estipulado en la presente especificación y en las que además de ésta resulten aplicables dentro de las siguientes tolerancias básicas:

Separación a centros de durmientes, siempre y cuando se compensen en 130 piezas continuas, con ajustes en pares de juntas con planchuelas provisionales suspendidas.....	+ 5 mm. - 0 mm.
Separación entre rieles medida 16 milímetros bajo la superficie de rodamiento del hongo.....	+ 3 mm. - 0 mm.
Medida del escantillón de vía	+ 1.5 mm.
Pérdidas o faltantes en la cuenta de plaquetas metálicas de asiento, placas de hule y planchuelas.....	1 %
Pérdidas o faltantes en la cuenta de tornillos de vía, rondanas de presión, tuercas, plaquetas ranuradas, grappillas y tirafondos.....	2 %
Pérdidas o faltantes en la cuenta de otros materiales y accesorios de vía.....	0 %

II.- SOLDADURA DE RIEL DE 115 LIBRAS A,R,E,A, POR PROCEDIMIENTO ALUMINOTERMICO

Se procederá a llevar a cabo la integración de rieles largos soldados y tramos de gran longitud de vía soldada, mediante la soldadura de riel de 115 libras A.R,E,A, por el procedimiento aluminotérmico, en las curvas, tangentes y laderos que constituyen la vía de ferrocarril.

Procedimiento:

Una vez que el riel se encuentre acordonado sobre la corona a la cama de las terracerías al término de la operación inicial, se dará principio a la integración de rieles largos uniendo las piezas acordonadas en conjunto de 6 mediante juntas soldadas, con el objeto de anticipar el avance en la construcción de rieles de gran longitud, permitiendo además el fácil manejo del riel para acelerar el proceso de tendido y armado de vía.

Posteriormente como fase final del armado de vía, se llevará a cabo la soldadura total del riel ya colocado sobre los durmientes y amarrado a éstos con los elementos de fijación, para la integración de los rieles de gran longitud que habrán de constituir la vía continua, retirando previamente - las planchuelas que han servido para la unión temporal de las juntas que - se suelden en esta etapa.

Antes de iniciar la soldadura de un riel en vía armada, se retirará la -- planchuela provisional quitando los dos tornillos de vía que la sujetan, - por medio de una llave de tuercas o con equipo mecánico apropiado, soltando o aflojando además 3 durmientes como mínimo a cada lado de la junta mediante la extracción de los tirafondos con la herramienta adecuada, para - proceder enseguida a dar la separación especificada de 17 milímetros entre puntas, cortando si es necesario uno de los extremos con soplete oxiacetilénico, de manera que el plano de corte sea perfectamente normal al eje - longitudinal del riel, lo cual se verificará con una plantilla de corte, - en tanto que la abertura de la junta será medida con una cuña calibradora

de holguras, limpiando previamente los extremos de los rieles a fin de eliminar el óxido, los residuos del corte en su caso y demás materias extrañas que puedan reducir la efectividad de la soldadura, para continuar con el --
alineamiento de la junta que consistirá en levantar los extremos de los rieles introduciendo cuñas bajo los patines, hasta producir una deflexión vertical de magnitud tal que los extremos de una regla de un metro, colocada a nivel sobre los hongos con la junta al centro, deberán quedar a 15 milímetros de la superficie de rodamiento, pero conservando los ejes de ambos rieles colineales en el plano horizontal, lo cual se verificará con una regla aplicada lateralmente a los rieles.

Hecho lo anterior se colocarán los moldes que deberán ser fabricados en planta teniendo cuidado de que se encuentren perfectamente secos al utilizarse. Los moldes constarán de 2 partes que se ajustarán al riel sujetándolas con una prensa, relleno con arcilla refractaria los huecos o aberturas que queden entre el molde y el riel, para proceder a la operación del precalentamiento que se aplicará a los extremos de los rieles hasta hacerlos alcanzar una temperatura cercana a los 900 grados centígrados y un tono rojo cereza claro.

El precalentamiento se realizará por concepción, quemando en el interior de una cámara formada por las superficies extremas de los rieles y la interior del molde, una mezcla íntima de aire a baja presión y combustible, que se genera dentro de un quemador y se inyecta a la cámara de combustión por medio de un soplete, cuya altura de aplicación sobre la superficie de rodamiento deberá estar comprendida entre 25 y 26 milímetros, para alcanzar el precalentamiento necesario en un tiempo de aproximadamente 6.5 minutos.

Unos segundos antes de acabar el precalentamiento deberá comprobarse que el molde continúa perfectamente sellado, dado que la aparición de llamas en la superficie exterior del molde y especialmente en las juntas de unión, denotará la existencia de una fuga potencial.

Cuando los extremos de los rieles hayan alcanzado la temperatura adecuada de precalentamiento, se retirará el quemador y se procederá al encendido de la mezcla de ignición en el crisol previamente cargado con los componentes de la porción Thermite, la cual está constituida por una mezcla de peróxido de bario, aluminio y magnesia, que al arder desarrolla una elevada temperatura, provocando una reacción en cadena entre el óxido de hierro y el aluminio que suele durar entre 20 y 25 segundos, pudiendo considerarse concluida cuando disminuye la humarada y cese las vibraciones del crisol.

Terminada la reacción y antes de efectuar la colada debe dejarse reposar el crisol unos 10 segundos, con el objeto de lograr una total separación del acero fundido y la escoria y dar tiempo a que la temperatura de los extremos de los rieles se iguale en toda la sección,

Transcurrido el tiempo de decantación se impulsará hacia el interior del crisol el clavo obturador o válvula de cierre, mediante un ligero golpe aplicado al vástago, iniciándose la colada que consiste en el vertido del metal en estado líquido a través del bebedero del molde, llenando el interior de esta hasta un nivel de 10 o 20 milímetros sobre la superficie de rodamiento del riel, y una vez que se ha colado todo el metal continúa fluyendo la escoria hasta llenar por completo el molde.

Finalizada la colada se retirará el crisol y la prensa de sujeción, dejando enfriar el molde durante un lapso de 3 a 4 minutos antes de efectuar cualquier otra manipulación; transcurrido este tiempo el metal vertido en el molde habrá solidificado y entonces se desprenderán las carcasas y se separarán los moldes, cortando en caliente el metal sobrante en el hongo del riel y dejando enfriar para eliminar con cortafrío y marro o con cincel neumático el material remanente del hongo, procediendo primero con el material sobre la superficie de rodamiento y en seguida con el de las superficies laterales del hongo, guiando la herramienta de corte de manera que no se dañe el perfil propio del riel y verificando al final de esta operación la correcta alineación en planta y elevación de la junta soldada.

Cuando la soldadura esté fría se arrancarán los rebosaderos dándoles un ligero golpe, se limpiará el resalto de la arena que haya quedado adherida - al deshacer el molde y finalmente se procederá al esmerilado del perfil - del hongo del riel en la zona afectada por la soldadura, con el objeto de evitar cualquier clase de impacto al pasar las ruedas de los trenes por la junta soldada, rehaciendo dicho perfil por esmerilado, de manera que la superficie de rodamiento y la cara interior del hongo, no presenten en la zona de soldadura discontinuidad alguna con respecto al resto del riel.

El aspecto exterior de la soldadura terminada deberá ser tal que no habrá de apreciarse ningún defecto o porosidad en la zona de unión del metal fundido con el laminado, ninguna incrustación de corindón o arena vetrificada que profundice en el hongo del riel, ninguna grieta, sopladura, traza de -- discontinuidad, oxidación o falta de metal cualquiera que sea la causa, sobre la superficie del metal fundido y ninguna deformación en el reborde.

El esmerilado deberá prolongarse a uno y otro lado de la soldadura por lo menos por una longitud de 30 centímetros para lograr una superficie de rodamiento lo más perfecta posible, y cuando en el plano medio de la soldadura se tengan sobre la superficie de rodamiento, en planta o en elevación, flechas superiores que 0.5 milímetros se considerará que el esmerilado ha sido defectuosamente ejecutado.

Para la región envolvente de la zona en que se ejecutarán los trabajos a que se refiere este concepto, predomina una temperatura media anual de 26.13 -- grados centígrados, que en términos generales puede considerarse la temperatura ideal de equilibrio para efectuar el armado de vía con sujeción elástica, en vista de lo cual durante la etapa del armado será necesario operar - dentro de un rango de temperaturas comprendido entre los 15.13 y los 37.13 grados centígrados, considerando que la experiencia en este tipo de vías, fija una tolerancia de 11 grados centígrados en más (+) o en menos (-) que la medida derivada de la estadística climática, cuyo valor como antes se ha expresado es de 26.13 grados centígrados.

Para realizar lo anterior durante la etapa de armado, deberán tomarse las temperaturas del riel por medio de termómetros de tipo incrustado o de contacto, llevando un registro de dichas temperaturas al inicio, a la mitad y al término de la jornada de armado, con indicación de los cadenamientos - inicial y final del tramo armado en el día correspondiente.

Cuando por razones de organización y avances de los trabajos sea imperativo colocar los rieles fuera del rango de temperaturas antes mencionado, lo cual en la región de las obras será poco probable que ocurra, será necesario posteriormente liberar el riel a una temperatura conveniente lo más cercana posible a la de equilibrio, con variaciones admisibles de 7 grados centígrados en más (+) o en menos (-), quedando el intervalo de liberación consecuentemente entre los 19.13 grados centígrados, lo cual regirá aun en el caso de que solo una fracción del riel haya sido fijada fuera de los límites anteriormente establecidos para el armado.

El objetivo principal de la liberación es llenar los rieles lo más rápidamente posible a su temperatura de equilibrio, para que los esfuerzos provocados por las contracciones y dilataciones queden dentro de lo admisible.

La operación cuando sea necesario efectuarla, se deberá llevar a cabo dentro de los lapsos de la jornada en que la temperatura tenga menos variaciones, - con los termómetros colocados en contacto con el riel en cuestión, midiendo y anotando las lecturas hasta que se presente la adecuada para la liberación, en cuya oportunidad se procederá a desapretar todas las sujeciones, - comenzando por las extremas del riel y avanzando hacia el centro del mismo.

Liberando el riel se levantará con gatos o colocando rodillos bajo el patín en proporción aproximada de uno por cada 10 durmientes, y golpeando al mismo tiempo con un mazo de cobre, para facilitar los movimientos longitudinales del riel.

A continuación se procederá a ajustar en su posición correcta las listas de

asiento y dentro del rango de temperatura de liberación, se llevará a cabo el reapretado de las sujeciones, empezando por el centro del riel y avanzando hacia sus extremos sujetando uno de cada 10 durmientes para terminar en forma semejante con las sujeciones restantes.

Dada la vinculación que existe entre las actividades de liberación que serán en este caso sumamente eventuales y la soldadura para la formación de rieles de gran longitud sobre la vía ya armada, se deberá prever la probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

La soldadura de rieles acordonados es semejante en lo esencial a la antes descrita, con excepción de que en lugar del retiro de planchuelas y acuñado del riel en vía armada, será necesario apoyarlo para evitar el contacto con el piso sobre la terracería y sujetar los extremos con un sargento de riel para alinearlos y ejecutar la soldadura como ya se ha explicado.

Otra diferencia entre los dos casos citados de soldadura, será que para los rieles acordonados, no será necesario en ningún caso efectuar cortes para ajustar la separación de la junta, ni observar las temperaturas de equilibrio, ni estarán sujetos a la probabilidad de efectuar trabajos de liberación.

A término de la soldadura ejecutada como antes se ha descrito, los rieles y la vía del tramo deberán quedar totalmente integrados, pero se tomarán en cuenta durante el desarrollo de los trabajos, las normas, lineamientos y recomendaciones contenidos en la Parte Quinta (Cuarta Edición) de las Especificaciones Generales de Construcción (1973) y en el Instructivo para Conservación de Rieles Soldados Largos (Primera Edición 1966) de la extinta Secretaría de Obras Públicas y las instrucciones del manual del fabricante del material Thermit, complementadas con las normas afines que edita el Departamento de Normas y Especificaciones de Petróleos Mexicanos, en todo lo que ellas resulte aplicable y no se contraponga con lo expresado en la presente especificación particular.

Tolerancias:

Alineamiento horizontal medido con una regla metálica de 1.00 m..... \pm 0.5 mm.

Alineamiento vertical medido bajo una regla horizontal de 1.00 m \pm 0.5 mm.

III SUMINISTRO DE BALASTO Y BALASTADO DE VIA SOLDADA CON FIJACION DOBLEMENTE ELASTICA, DURMIENTES DE MADERA Y RIEL DE 115 LIBRAS A.R.E.A.

Se entiende por balasto el material pétreo seleccionado que cumple -- con los requisitos y normas especificadas, obtenido de sitios apropiados por sus características físicas y extracción económica, producto de la trituración del material explotado de un banco de roca, que se utilizará para proporcionar apoyo y anclaje al durmiente, distribuir la carga muerta de la vía y la carga viva del equipo rodante, dar fijación lateral y longitudinal a la vía, facilitar el drenaje rápido de la superestructura del ferrocarril, prolongar la vida útil de los durmientes, impedir el desarrollo de la vegetación, absorber los impactos de las cargas dinámicas y evitar el levantamiento del polvo.

Todo el sistema ferroviario a Dos Bocas requiere de un volumen total de - 509 372 metros cúbicos de balasto, en la tabla No. I se desglosan las cantidades de balasto para cada uno de los componentes del sistema ferroviario.

VOLUMENES DE BALASTO

TRONCAL O RAMAL	VOLUMENES DE BALASTO EN METROS CUBICOS				
	ENTRONQUE	VIA NORMAL	TERMINALES	PATIOS	SUMAS
FF.CC. A DOS BOCAS	10 163	208 520	48 289	28 063	295 035
RAMAL TABASCO I	7 536	77 676	33 980	-	119 192
RAMAL A HJIMANGUILLO	7 536	5 602	11 541	-	24 679
RAMAL A AMACOHITE	7 967	34 957	-	6 725	49 649
RAMAL A TEAPA	4 400	6 630	-	9 787	20 817
SUMA PARCIAL	27 439	124 865	45 521	16 512	214 337
T O T A L	37 602	333 385	93 810	44 575	509 372

T A B L A No. I

Procedimiento:

Tomando su origen y los procedimientos para su producción, el balasto que se obtendrá de rocas fragmentadas o de rocas sanas, las cuales deberán ser sometidas a trituración total y cribado para ser transformadas en material utilizable con el fin propuesto, habrá de satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Granulometría.- Tomando en cuenta el tamaño de sus partículas integrantes, el material deberá cumplir con la composición granulométrica de alguno de los tres primeros tipos de balasto, es decir que deberá encontrarse dentro de los siguientes límites:

Tipo 1.- De 76.20 mm. (3") a 9.53 mm. (3/8")

Tipo 2.- De 63.50 mm. (2 1/2") a 9.53 mm. (3/8")

Tipo 3.- De 50.80 mm. (2") a 4.76 mm. (3/16")

- b) Equivalente de arena.- Los volúmenes de material triturado que pasen la malla de 4.76 milímetros ó número 4, deberán tener un equivalente de -- arena no menor que el 80 por ciento.
- c) Peso volumétrico.- El balasto obtenido de la trituración de la roca, que es el producto esencial, deberá tener un peso volumétrico cuando menos de 1500 kilogramos por metro cúbico.
- d) Desgaste.- El máximo valor admisible para este parámetro será del 30 por ciento determinado con la prueba de Los Angeles.
- e) Índice de durabilidad.- El valor mínimo aceptable para este parámetro - será de 35 por ciento.
- f) Intemperismo acelerado.- El valor máximo admisible para este parámetro será del 10 por ciento.

- g) Forma de las partículas.- El material que se habrá de utilizar como balasto, deberá contener como mínimo el 80 por ciento en peso de partículas angulosas, con el objeto de que sea altamente friccionante.
- h) Proporción máxima de screening.- El volumen de subproducto screening no deberá exceder el 20 por ciento del volumen del balasto, determinado con base en mediciones efectuadas por cantidades parciales de 5000 metros cúbicos como máximo de material procedente de la trituración.
- i) Muestreo.- Para el control de calidad y las determinaciones requeridas, a fin de comprobar las características de granulometría, equivalente de arena, peso volumétrico, desgaste, intemperismo acelerado, forma de las partículas y proporción máxima de screening, se tomarán muestras de cada 5000 metros cúbicos del material producto de la trituración, de tal manera que las muestras, que serán representativas del lote correspondiente, tengan un peso mínimo de 50 kilogramos cada una.
- j) Manejo.- El balasto y el screening obtenidos de la planta de producción deberán ser manejados de tal manera que se mantengan limpios y libres de materias extrañas.

Como subproducto resultante de la fabricación de balasto, se obtendrá un material constituido por partículas que pasan por la malla de 19.1 milímetros (3/4") y son retenidos en la malla de 6,4 milímetros (1/4"), conocido con el nombre de screening que puede ser útil para diversos conceptos de construcción.

Se llevará a cabo el primer tiro de balasto, inmediatamente después del alineamiento preliminar de la vía armada, operando el equipo ferroviario con las góndolas balasteras a velocidades comprendidas entre 8 y 10 km/h, se hará caer el balasto sobre la vía a razón de aproximadamente 0.80 metros cúbicos por metro para vía normal en promedio, para cubrir con el contenido de una góndola de 40 metros cúbicos una longitud de vía normal

cercana a los 50 metros, que una vez depositado en el tramo deberá irse enrasando a la altura del hongo del riel, mediante el empleo de durmientes creosotados, que acoplados en posición horizontal a los trucks traseros de una o varias góndolas actuarán como raseros, o bien utilizando algún otro sistema que permita obtener resultados similares.

El segundo tiro únicamente difiere con el primero en que en esta etapa - se deberá dosificar la cantidad de balasto con mayor precisión, dado que los volúmenes de tiro representarán los complementos necesarios para proporcionar las cantidades especificadas por metro lineal de vía, y tomando en cuenta que los sobrevolúmenes o déficits en tales cantidades suponen movimientos adicionales de compensación que gravitarán en perjuicio del propio contratista.

Terminado el segundo levante de vía y la alineación final del alineamiento y nivelación de la misma se ejecutará la conformación de la sección del balasto, para proporcionar las dimensiones a hombros, los espesores y los taludes que estipula el proyecto, para terminar con el barrido superficial de la vía hasta dejar los rieles y los accesorios totalmente libres de balasto, afinando la corona de la sección de manera que el balasto quede al nivel de la cara horizontal superior de los durmientes. - Como resultado de la ejecución de las operaciones descritas en este concepto, la vía del tramo queda debidamente sustentada en la sección de - balasto.

Tolerancias:

Los valores máximos admisibles, así como las condiciones de muestreo y - manejo, estipulados la sección de requisitos, son valores límites que no son sujetos de tolerancia alguna, excepto a la calidad del balasto y la sección de balasto:

a) Calidad del balasto:

Granulometría

+ 3

Equivalente de arena	+	10	%
		0	%
Peso volumétrico	+	20	%
		0	%
Desgaste		0	%
	-	10	%
Indice de durabilidad	+	10	%
		0	%
Intemperismo acelerado	+	10	%
	-	3	%
Forma de las partículas	+	10	%
		0	%

b) Sección de balasto:

Espesor	+	10	mm.
	-		
Ancho de la corona medida a hombros	+	50	mm.
	-		
Ancho de la base	+	100	mm.
	-		
Pendiente en taludes	+	10	%
	-		

TABLA II

TIPOS DE BALASTO Y CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS

TIPO	PORCIENTO EN PESO QUE PASA POR LA MALLA DE									
	76.20mm. (3")	53.50mm. (2 1/2")	50.80mm. (2")	38.10mm. (1 1/2")	25.40mm. (1")	19.05mm. (3/4")	12.70mm. (1/2")	9.53mm. (3/8")	4.76mm. (Núm.4)	2.38mm. (Núm.8)
1	100	90-100	-	25-60	-	0-10	0-5	0	0	0
2	100	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	0	0	0
3	100	100	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	0	0
4	100	100	100	100	90-100	40-75	15-35	0-15	0-5	0
5	100	100	100	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5

IV ALINEAMIENTO Y NIVELACION DE VIA SOLDADA CON FIJACION DOBLEMENTE ELASTICA, DURMIENTES DE MADERA Y RIEL DE 115 LIBRAS A.R,E,A.

Efectuado el enrase del balasto depositado en el primer tiro como se especifica en el concepto correspondiente, se llevará a cabo el levantamiento de una nivelación corrida sobre el hongo del riel derecho o lado de ojo en tangentes o sobre el riel interior cuando se trate de tramos en curva, para proceder de inmediato a trazar el perfil de la rasante en papel milimétrico, de preferencia sobreponiendo este trazo en los mismos planos del proyecto, con el objeto de comparar los perfiles de rasante y superior de balasto, y en un tiempo mínimo efectuar los ajustes necesarios de rasante, tomando en cuenta esencialmente las puntas de inflexión vertical y las pendientes de proyecto, con la cual se tendrán los elementos para determinar los niveles definitivos de la vía y los espesores de balasto requeridos para alcanzar tales niveles.

A partir de los datos obtenidos del proyecto ajustado de la rasante, se ejecutará una segunda nivelación del tramo, colocando estacas o -- testigos de nivel a cada 50 metros, que habrán de identificar físicamente en el frente las elevaciones definitivas del hongo del riel para las secciones correspondientes.

En estas condiciones y con apoyo en los datos de alineamiento horizontal, se llevará a cabo la primera fase de levante y nivelación de vía incluyendo la sobrelevación en curvas, tomando en cuenta que para estas la rasante estará definida por las elevaciones del riel interior, el cual servirá de base para dar al riel exterior el nivel que le corresponda de acuerdo con los valores de sobrelevación que se consignan en la tabla No. III

TABLA III

SOBRELEVACIONES Y VELOCIDADES DE OPERACION EN CURVAS

GRADO DE LA CURVA PARA CUERDAS DE 20 METROS	EN PATIOS Y CONEXIONES		EN RUTA O VIA LIBRE	
	SOBRELEVACION EN MILIMETROS	VELOCIDAD EN KM/HORA	SOBRELEVACION EN MILIMETROS	VELOCIDAD EN KM/HORA
0° 30'	-----	----	54.0	105
1° 00'	-----	----	109.0	105
2° 00'	18.0	30	178.0	95
3° 00'	27.0	30	---	--
4° 00'	35.0	30	---	--

En las curvas compuestas con transiciones espirales, la sobrelevación decrecerá en su valor nominal dado a cero, a lo largo de los tramos de espiral, siendo nulo en el principio de curva espiral P.C. y en el principio de tangente P.T. cuando tal medida sea practicable con variaciones de pendiente no mayores que 25 mm cada 20 metros, lo que equivale a un proporcionamiento de remates con pendiente del 0,125 por ciento como máximo, pero cuando la longitud de la espiral de transición sea limitada, el remate se propagará a las tangentes adyacentes cuando sea necesario para no exceder la pendiente dada; en curvas circulares sin transición la sobrelevación -- crecerá gradualmente en los tramos de tangente que limiten la curva, y en los casos de curvas circulares sin transiciones ni tangentes en sus extremos, la sobrelevación se rematará dentro de la propia curva, siendo en última instancia el objetivo esencial alcanzar los valores nominales de la sobrelevación sin exceder la pendiente máxima permisible en los remates. -- Con base en los datos de alineamiento horizontal la vía se irá ajustando mediante el empleo de procedimientos manuales o mecánicos.

Simultáneamente con el alineamiento y bajo las mismas condiciones de ejecución, se procederá al embodegado del balasto que habrá sido previamente dosificado en las cantidades precisas para esta fase constructiva, calzando los durmientes hasta que los hongos de los rieles alcancen el nivel - de la rasante correspondiente, lo cual se logrará con un espesor de 29.2 cm. de balasto bajo el durmiente, que deberá obtenerse lo más exacto posible dentro de las tolerancias especificadas.

Inmediatamente después de la fase de alineamiento y nivelación antes mencionada, se ejecutará el segundo tiro de balasto que es materia de otro - concepto y dosificando el volumen complementario para integrar la cantidad total de balasto especificada por metro lineal de vía, para continuar con la última etapa de nivelación y con la afinación del alineamiento, utilizando los mismos procedimientos y recursos que en la fase homóloga anterior, pero con mayor rigor en la medición de las características de la rasante en elevación y en planta.

El alineamiento en tangentes se verificará con un tránsito previamente -- chequeado que se centrará con la arista exterior del hongo del riel, haciendo coincidir el hilo vertical de la retícula con dicha arista y barriando mediante visuales, distancias razonablemente largas de vía, preferentemente mayores que 2000 metros cuando sea posible sin cambio de aparato, a - fin de verificar el alineamiento con la máxima precisión; en los tramos - de curvas la verificación del alineamiento se llevará a cabo mediante la aplicación del método de cuerdas y flechas, procediendo al cálculo de las flechas definitivas, así como de los valores y sentidos de los desplazamientos por medios directos o indirectos, y finalmente para la verificación de los niveles de vía, remates y sobrelevaciones se utilizará un nivel montado.

Tanto en la primera como en la segunda y última fase de nivelación, es importante destacar la necesidad de disponer en el límite del tramo ejecuta

do durante la jornada, una rampa provisional de vía con pendiente máxima - del 0.50 por ciento, equivalente al cambio gradual de nivel de 25 mm. cada 5 metros, a fin de conectar el frente que se termine en un día con el que se habrá de atacar al día siguiente, permitiendo el paso transitorio del equipo rodante que sea necesario para llevar a cabo los trabajos en forma continua y expedita.

Tolerancias:

Separación a centros de durmientes, siempre y cuando se compensen en 130 piezas continuas, con ajustes en pares de juntas provisionalmente emplanchueladas

+ 5 mm.
- 5 mm.

Separación entre rieles medida 16 milímetros bajo la superficie de rodamiento del hongo

+ 3 mm.
- 0 mm.

Espesor de balasto bajo el durmiente después de la primera nivelación, igual a 29.2 cm.

+ 1.0 cm.
- 1.0 cm.

Elevación de rasante después del paso de por lo menos 2 trenes, igual a elevación de proyecto

+ 3 mm.
- 3 mm.

Pendiente en remates de sobrelevación igual o menor que 0.125 por ciento

+ 3 mm.
- 3 mm.

Pendiente en rampas provisionales igual a - 0.50 por ciento como máximo

+ 0.50
- 0.50

V TENDIDO Y ARMADO DE HERRAJES Y JUEGOS DE CAMBIO CON SAPO NUMERO 8 Y NUMERO 10 Y CON RIEL DE 115 LIBRAS A.R.E.A.

Para el tendido y armado de cambios será necesario integrar un equipo

de trabajo independiente del que se asigne al armado de vía pero coordinados de tal manera que el avance de ambos grupos sea simultáneo y debidamente programado para armonizar y acelerar los trabajos de construcción de la vía.

Con apoyo en los datos del alineamiento horizontal contenidos en el proyecto se procederá a la totalización de los principios de curva - P.C. y los principios de tangente P.T. propios del cambio, colocando los trompos y estacas necesarios para identificar los ejes de las 2 vías que convergen en el cambio, con lo cual se tendrán virtualmente ubicados el sapo, las puntas de agujas y demás elementos básicos del juego de cambio.

En estas condiciones y tomando como guía la distribución de los durmientes, se llevará a cabo la colocación de las piezas que integran el juego de madera del cambio, alineándolas y dándoles la separación especificada, contando para ello con los trompos y estacas antes mencionados, y a continuación se procederá a la colocación y sujeción de los herrajes del cambio incluyendo el sapo, las agujas, los rieles guía, los contrarrieles, la barra, pedestal, árbol y bandera de cambio y en general todos los elementos integrantes del juego completo.

La unión de los herrajes del cambio a las 2 vías convergentes, se efectuará cuando el armado de éstas llegue al frente de aquél, evitando durante la conexión utilizar tramos de riel con longitud mayor que 4 metros, para finalizar la ejecución del trabajo con el alineamiento y nivelación del juego de cambio.

En la colocación del herraje de cambio deberá vigilarse que la distancia de la cara inferior del contrarriel al lado de escantillón del sapo sea de 1387.5 milímetros (4' 6 5/8"), y que la separación interior entre el riel y el contrarriel sea de 47.6 milímetros (1 7/8").

De las normas, lineamientos y recomendaciones, citados con anterioridad se toma todo lo que de ellas resulte aplicable a las condiciones pre-determinadas por el proyecto verificado en la obra y no se contraponga - con lo expresado en la presente especificación particular.

Tolerancias:

Separación a centros de durmientes en el cambio	+ 2.5 mm. - 2.5 mm.
Separaciones entre rieles dentro del cambio, igua <u>les</u> a las especificadas	+ 3 mm. - 0 mm.
Espesor del balasto bajo los durmientes después de la primera nivelación, igual a 29.2 centímetros	+ 10 mm. - 10 mm.
Elevación de la rasante después del paso de por lo menos 2 trenes, igual a elevación de proyecto	+ 3 mm. - 3 mm.

2.4.4 SEÑALAMIENTO

Se ejecutarán todas las operaciones necesarias para llevar a cabo el su ministro y colocación de las señales, conforme a las especificaciones - correspondientes, con el objeto de establecer las indicaciones permanen tes esenciales para la correcta operación de la línea del ferrocarril. Las señales comprenderán las operaciones siguientes para su instalación.

a) Señal de kilometraje:

Estará integrada por una placa de fierro fundido de 13 mm de espesor, con los dígitos y la franja marginal en relieve de 6 mm que se fijará por medio de un tornillo a un poste de riel de 45 libras y se ubicará a una distancia medida perpendicularmente al eje de la vía igual a - 2.00 metros del riel más próximo, hacia el lado derecho o lado de ojo en el sentido creciente del cadenamiento, con el patín del poste, que tendrá una altura libre de 1.00 metros sobre el nivel superior de la

carra o corona de la terracería en la sección correspondiente, y un empotramiento bajo el nivel del piso en el punto de 1.00 metro como mínimo. Al reverso de la placa, los herrajes de fijación y el riel se recubrirá con una mano de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura esmalte blanca, el fondo de la placa por la cara frontal se pintará en Scotchlite color plata y los dígitos, así como el margen o franja perimetral se terminará en esmalte negro.

b) Señal "Cuidado con el Tren":

Estará formada por una placa de fierro fundido de una sola pieza de 13 mm. de espesor, con las letras y la franja perimetral en relieve de 6 mm. su fijación es igual que la anterior, se ubicará a una distancia del eje de la vía del ferrocarril de 3 metros medido perpendicularmente a dicho eje, a 2.00 metros del límite de la faja de circulación o carpeta del camino, a la derecha de éste y dando frente al tránsito del mismo con una altura de 2,5 metros medidos del nivel de la superficie de rodamiento del riel al centro de la señal y a una profundidad de empotramiento de 1,5 metros bajo el nivel del piso. El acabado de el reverso de las placas será igual en todos excepto en la de "ALTO".

c) Señal de "ALTO":

Estará integrada por una placa ortogonal de lámina calibre número 4, que se fijará mediante 2 pernos de seguridad a un poste de sección tubular, se ubicará a una distancia de la vía del ferrocarril no menor de 10.00 metros a 2.00 metros de la carpeta de la carretera, a la derecha de ésta, con una altura de 2.5 metros del nivel superior de la carpeta y una profundidad de empotramiento de 1.5 metros bajo el nivel de piso, el fondo de la placa por el frente se pintará con esmalte rojo, las letras así como el filete perimetral en Scotchlite color plata.

d) Señal de silbato para cruce con camino:

La forma una placa rectangular de fierro fundido de 560 x 311 mm. y

espesor de 12.7 mm. con signo y margen en relieve de 6.3 mm. que se fijará con dos tornillos a un poste de riel de 40 libras y se ubicará a 3.00 metros del centro de la vía dando frente al tránsito ferroviario que concurra al cruce con el camino, del lado derecho de la vía con -- respecto al tránsito incidente, a 500 metros del centro del cruce medido por el eje de la vía, con una altura libre del poste de 2.50 metros sobre el nivel superior del hongo del riel.

e) Señal para silbato de anuncio:

Estará integrada por una placa cuadrada de fierro fundido de 406 mm - por lado y espesor de 8.7 mm con el signo y la franja perimetral o margen en relieve de 40 milímetros, que se fijará por medio de un tornillo a un poste de riel de 40 libras de calibre como mínimo, y se ubicará a una distancia de 3.00 metros del eje de la vía medidos perpendicularmente a dicho eje, dado frente al tránsito que concurra al cambio para advertir, a 800 metros de la punta de agujas de dicho cambio, con una altura libre de poste de 2.50 metros medido verticalmente del nivel de la rasante de vía a la base de la placa y 1.5 metros de empotramiento bajo el nivel del piso.

f) Señal para límite de patio:

Consistirá en una placa rectangular de fierro fundido de 1175 x 431.6 mm y espesor de 19.4 mm, con letras y margen en relieve de 6 mm, que se -- fijará por medio de un tornillo a un poste de riel de 45 libras de calibre como mínimo y se ubicará a 3.00 metros del eje de la vía, dando -- frente al tránsito ferroviario que concurra al patio señalado, del lado derecho de la vía con respecto al tránsito incidente, a 2000 metros de la punta de agujas del cambio extremo del patio, con una altura libre - del poste de 2.50 metros sobre el nivel superior del hongo del riel y - un empotramiento de 1.5 metros bajo el nivel del piso en el punto.

g) Señal indicadora de velocidades:

La conformarán una placa de fierro fundido de forma trapecial con base

mayor de 651.6 mm, base menor de 474 mm, 177.6 mm de altura y espesor de 8.7 mm, con dígitos y franja perimetral o margen en relieve de 4 mm. que se fijará a un poste de tubo de 50.8 mm (2") de diámetro aplanado en su extremo, mediante soldadura, formando un ángulo de 45° con el - poste. La señal indicadora de velocidad se colocará a 3.00 metros del eje de la vía medidos sobre la normal de dicho eje, dado frente al -- tránsito ferroviario que ingrese al tramo o a la línea donde las velo - cidades indicadas sean permisibles, del lado derecho con respecto a - dicho tránsito y 300 metros antes del punto en que los trenes deben - tomar las velocidades marcadas, que serán de 100 km/h para trenes de - pasajeros y de 80 km/h para trenes mixtos y de carga, con una altura - libre del poste de 1.00 metro sobre el nivel superior del hongo del - riel y una profundidad de empotramiento de 1.00 metro bajo el nivel - del piso en el punto.

2.5 PRESUPUESTO
2.5.1 TERRACERIAS

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
01	Desmonte con maquinaria para densidad 100 por ciento de vegetación tipo selva o monte pesado, con 100 metros cuadrados de sección neta de troncos por Ha.	Ha.	51 994.50	23.36	2 214 599
02	Desmonte con maquinaria para densidad 100 por ciento de vegetación tipo monte mediano, con 50 metros cuadrados de sección neta de -- troncos por Ha.	Ha.	20 314.50	91.71	1 863 070
03	Desmonte con maquinaria para densidad 100 por ciento de vegetación tipo manglar	Ha.	38 803.80	3.97	154 051
04	Desmonte con maquinaria en monte liviano, zonas cultivadas y pastizales	Ha.	5 284.05	170.74	902 199
05	Desmonte con herramienta manual para densidad 100 por ciento de vegetación tipo selva o monte pesado, con 100 metros cuadrados de -- sección neta de troncos por Ha.	Ha.	62 978.15	2.24	141 071
06	Desmonte con herramienta manual para densidad 100 por ciento de vegetación tipo monte mediano, con 50 metros cuadrados de sección neta de troncos por Ha.	Ha.	34 989.55	8.59	300 560
07	Desmonte con herramienta manual para densidad 100 por ciento de vegetación tipo manglar	Ha.	52 337.85	1.05	54 955
08	Desmonte con herramienta manual en monte liviano, zonas cultivadas y pastizales	Ha.	14 278.50	24.24	346 028
09	Desmonte con herramienta manual de vegetación en zonas de pantanos	Ha.	20 750.75	31.59	655 750
10	Desmale con maquinaria en material "A" para la eliminación de la capa superficial del terreno natural	m3	21.75	426 698	9 324 683
11	Desmale con herramienta manual en material "A" para la eliminación de la capa superficial del terreno natural	m3	180.80	99.83	1 805 925

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
	EXCAVACION CON MAQUINARIA A CIELO ABIERTO Y A CUALQUIER PROFUNDIDAD				
12	Material "A" para cortes a cualquier nivel o para extracción de derrumbes y azolves	m3	34.95	201 412	7 039 349
13	Material "B" para cortes a cualquier nivel o para extracción de derrumbes y azolves	m3	47.80	128 525	6 143 495
14	Material "A" para ampliación de cortes y abatimiento de taludes	m3	63.20	4398	277 954
15	Material "B" para ampliación de cortes y abatimiento de taludes	m3	72.10	2647	190 847
16	Material "A" para rebajes en el fondo de cortes y corona de terraplenes	m3	46.40	3932	182 445
17	Material "B" para rebajes en el fondo de cortes y corona de terraplenes	m3	53.70	1971	105 843
18	Material "A" para escalones de liga con el terreno natural	m3	42.20	5614	239 443
19	Material "B" para escalones de liga con el terreno natural	m3	51.50	2408	124 012
20	Material "A" para préstamos laterales dentro de la faja de 20 metros	m3	39.37	53 392	2 038 263
21	Material "B" para préstamos laterales dentro de la faja de 20 metros	m3	45.10	26 777	1 207 643
22	Material "A" para préstamos laterales dentro de la faja de 40 metros	m3	38.10	93 439	3 560 026
23	Material "B" para préstamos laterales dentro de la faja de 40 metros	m3	50.10	30 386	1 522 339
24	Material "A" para préstamos laterales dentro de la faja de 60 metros	m3	40.35	46 147	1 862 031
25	Material "B" para préstamos laterales dentro de la faja de 60 metros	m3	55.42	17 571	973 785
26	Material "A" para préstamos laterales dentro de la faja de 80 metros	m3	44.95	78 234	3 516 618

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
27	Material "B" para préstamos laterales dentro de la faja de 80 metros	m3	57.40	23 140	1 328 236
28	Material "A" para préstamos laterales dentro de la faja de 100 metros	m3	48.10	39 445	4 302 305
29	Material "B" para préstamos laterales dentro de la faja de 100 metros	m3	62.65	42 341	2 652 664
30	Excavación en material "A" con maquinaria, a cielo abierto para - bancos	m3	55.95	280 297	15 682 617
31	Excavación en material "B" con maquinaria, a cielo abierto para - bancos	m3	65.45	122 068	7 989 351
32	Excavación en material "A" con maquinaria, a cielo abierto dentro del agua, para la explotación de la arena en bancos fluviales	m3	72.70	159 213	11 574 785
33	Excavación en material "B" con maquinaria, a cielo abierto dentro del agua, para la explotación de arena en bancos fluviales	m3	72.27	144 564	104 476
34	Excavación en material "B" con maquinaria, a cielo abierto en seco y a cualquier profundidad para cunetas y contracunetas	m3	117.43	61 956	72 755
35	Excavación en material "A" con maquinaria a cielo abierto, cuando se requiera bombeo sin incluir éste y a cualquier profundidad, para cunetas y contracunetas	m3	94.20	100 098	94 292
36	Excavación en material "B" con maquinaria a cielo abierto, cuando se requiera bombeo sin incluir éste y a cualquier profundidad, para cunetas y contracunetas	m3	170.10	42 899	72 911
37	Excavación en material "A" con maquinaria a cielo abierto, en agua y a cualquier profundidad, para cunetas y contracunetas	m3	134.85	86 996	120 011
38	Excavación en material "B" con maquinaria a cielo abierto, en agua y a cualquier profundidad, para cunetas y contracunetas	m3	215.20	133 463	82 531
39	Excavación en material "A" con herramienta manual a cielo abierto, hasta una profundidad de 2.50 metros, en seco, para cunetas y contracunetas	m3	181.55	133 463	242 302

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
40	Excavación en material "B" con herramienta manual a cielo abierto, hasta una profundidad de 2.50 metros, en seco, para cunetas y contracunetas	m3	286.50	571.98	163 872
41	Excavación en material "A" con herramienta manual a cielo abierto, hasta una profundidad de 2.50 metros, cuando se requiera bombeo, - sin incluir éste, para cunetas y contracunetas	m3	264.35	839.75	235 205
42	Excavación en material "B" con herramienta manual a cielo abierto, hasta una profundidad de 2.50 metros, cuando se requiera bombeo, - sin incluir éste, para cunetas y contracunetas	m3	421.10	379.22	159 690
43	Bonificación por excavación en material "A" ejecutados con herramienta manual a cielo abierto, a profundidad mayor que 2.50 metros, en seco, para cunetas y contracunetas	m3-m	55.85	287.70	16 068
44	Bonificación por excavaciones en material "B" ejecutados con herramienta manual a cielo abierto, a profundidad mayor que 2.50 metros, en seco, para cunetas y contracunetas	m3-m	89.05	109.44	97 46
45	Bonificación por excavaciones en material "A" ejecutadas con herramienta manual a cielo abierto, a profundidad mayor que 2.50 metros cuando se requiera bombeo sin incluir éste, para cunetas y contracunetas	m3-m	82.10	19 180	15 747
46	Bonificación por excavaciones en material "B" ejecutadas con herramienta manual a cielo abierto, a profundidad mayor que 2.50 metros cuando requiera bombeo sin incluir éste, para cunetas y contracunetas	m3-m	130.00	1254	94 30
47	Bombeo de achique con bomba autocebante de dos pulgadas de diámetro y 45 metros cúbicos por hora de capacidad nominal	hora	166.00	283.00	46 978
48	Bombeo de achique con bomba autocebante de tres pulgadas de diámetro y 63 metros cúbicos por hora de capacidad nominal	hora	188.25	251.00	47 251

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
49	Bombeo de achique con bomba autocebante de 4 pulgadas de diámetro y 157 metros cúbicos por hora de capacidad nominal	hora	296.00	15.000	44.400
50	Bombeo de achique con bomba autocebante de 6 pulgadas de diámetro y 265 metros cúbicos por hora de capacidad nominal	hora	353.75	128.00	44.216
51	Compactación del terreno natural en el área de desplante de terraplenes para 85% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	6.20	1186	7.445
52	Compactación de la cama en cortes sin excavación adicional para - 95% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	18.30	1633	30.864
53	Compactación de la cama en cortes sin excavación adicional para - 85% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	15.37	5074	78.695
54	Compactación de la cama en cortes sin excavación adicional para 95% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	42.50	11.462	487.135
55	Formación y compactación de terraplenes adicionales con sus cuñas de sobreebancho, para 85% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	19.75	196.550	3.763.933
56	Formación y compactación de terraplenes adicionales, con sus cuñas de sobreebancho para 95% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	30.90	786.200	24.293.580
57	Formación y compactación de la capa superior de los terraplenes cuya sección inferior haya sido construida con material sin compactar para 85% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	19.70	31.637	623.249
58	Formación y compactación de la capa superior de los terraplenes cuya sección inferior haya sido construida con material sin compactar para 95% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar	m3	29.45	13.560	399.342
59	Formación de la parte de los terraplenes y de sus cuñas de sobreebancho con material a volteo	m3	10.55	108.970	1.148.579

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
60	Formación y compactación al 95% del peso volumétrico seco máximo Próctor estándar de la sección de subalasto sobre la subrasante terminada	m3	33.25	148 882	4 950 327
61	Bonificación por refinamiento en las secciones de los terraplenes y subalasto terminadas	m3	10 948.15	9568	1 047 519
62	Agua para compactación de terracerías	m3	63.64	179 434	11 419 180
	ACARREO DE MATERIALES PRODUCTO DE DESPALMES, CORTES, DERRUMBES Y AZOLVES, AMPLIACION DE CORTES, ABATIMIENTO DE TALUDES, REBAJES, ESCALONES, BANCOS, CUNETAS, CONTRACUNETAS, RECORTES, AFINES Y REFINAMIENTOS, ASI COMO DEL AGLA QUE SE UTILIZA EN LAS COMPACTACIONES				
63	Para distancias hasta de 5 estaciones de 20 metros, por cada estación excedente del acarreo libre, sobre brecha	m3-Est.	3.25	909 499	2 955 872
64	Para distancias hasta de 5 estaciones de 20 metros, por cada estación excedente del acarreo libre, sobre camino de terracería	m3-Est.	2.75	438 940	1 207 085
65	Para distancias hasta de 5 estaciones de 20 metros, por cada estación excedente del acarreo libre, sobre camino revestido o asfaltado	m3-Est.	2.40	29 119	69 886
66	Para el primer hectómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de un kilómetro, sobre brecha	m3-Hm	14.95	165 214	2 469 949
67	Para el primer hectómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de un kilómetro, sobre camino de terracería	m3-Hm	13.60	329 545	4 481 812
68	Para el primer kilómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de un kilómetro, sobre camino revestido o asfaltado	m3-Hm	12.30	13 078	160 859
69	Para la distancia adicional al primer hectómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de 10 hectómetros, por cada hectómetro adicional al primero, sobre brecha	m3-Hm	6.30	173 545	1 093 334

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
70	Para la distancia adicional al primer hectómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de 10 hectómetros, por cada hectómetro adicional al primero, sobre camino de terracerías	m3-m	5.65	1 299 831	7 344 045
71	Para la distancia adicional al primer hectómetro excedente del acarreo libre en distancias hasta de 10 hectómetros, por cada hectómetro adicional al primero, sobre camino revestido o asfaltado	m3-m	5.15	38 641	199 001
72	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por el primer kilómetro excedente del acarreo libre, sobre brecha	m3-Km	27.70	21 325	590 703
73	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por el primer kilómetro excedente del acarreo libre, sobre camino de terracería	m3-Km	38.95	422 157	16 443 015
74	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por el primer kilómetro excedente del acarreo libre, sobre camino revestido o asfaltado	m3-Km	35.45	21 529	763 203
75	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por cada kilómetro adicional al primero excedente del acarreo libre, sobre brecha	m3-Km	10.40	30 392	316 077
76	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por cada kilómetro adicional al primero excedente del acarreo libre, sobre camino de terracería	m3-Km	13.00	2 603 642	33 847 346
77	Para cualquier distancia mayor que un kilómetro, por cada kilómetro adicional al primero excedente del acarreo libre, sobre camino revestido o asfaltado	m3-Km	11.70	5 641 832	66 009 434
MONTO DEL PRESUPUESTO: \$ 277'060,330.00					

2.5.2 OBRAS DE DRENAJE

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
01	Desmante menor con maquinaria para eliminación de la vegetación en el área de construcción de las estructuras de drenaje	m2	1.08	54 545	58 909
02	Despalme con maquinaria en material común para eliminación de la capa superficial del terreno natural	m3	24.30	221 133	534 680
03	Excavación con maquinaria a cielo abierto en material común y a cualquier profundidad para cortes a cualquier nivel, para desplante de estructuras o para extracción de derrumbes	m3	50.56	404 533	2 045 319
04	Excavación con herramienta manual a cielo abierto en material común, en seco y a cualquier profundidad para cortes a cualquier nivel, para desplante de estructuras o para extracción de derrumbes y azolves	m3	240.03	3 236.26	776 799
05	Excavación con herramienta manual a cielo abierto en material común, en presencia de bombeo de achique sin incluir éste y a cualquier profundidad para cortes a cualquier nivel, para desplantes de estructuras o para extracción de derrumbes y azolves	m3	345.66	1 841.84	636 650
06	Excavación con herramienta manual en zanja, en material común, en seco y a cualquier profundidad	m3	252.30	964.71	243 396
07	Excavación con herramienta manual en zanja, en material común, en presencia de bombeo de achique sin incluir éste y a cualquier profundidad	m3	371.52	1 536.78	570 945
08	Bombeo de achique con bomba autocebante de cuatro pulgadas de diámetro y 151 metros cúbicos por hora de capacidad nominal	hora	179.15	26 427	4 734 397
09	Relleno de excavaciones a volteo con herramienta manual	m3	155.99	2 352.19	320 121
10	Relleno de excavaciones con herramienta de mano, apisonado y compactado por capas utilizando agua y equipo mecánico o neumático de operación manual, sin control del grado de compactación	m3	334.23	2 508.95	838 566

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
11	Relleno de excavaciones a volteo con maquinaria	m3	156.00	13 242.6	2 065 846
12	Relleno de excavaciones con maquinaria, compactado por capas al 90 por ciento del peso volumétrico seco máximo	m3	123.10	14 267.3	1 756 305
13	Formación de terraplenes para protección de las obras de drenaje, compactados por capas al 90 por ciento del peso volumétrico seco máximo	m3	150.82	42 671	6 435 640
14	Fabricación y colado de concreto de $f'_c=200$ Kg/cm ² , con tamaño máximo de agregado de 38.1 milímetros (1 1/2 pulgadas) y revenimiento de 15 centímetros, vibrado y curado con membrana para los elementos estructurales colados en sitio	m3	4 361.42	3 073.68	13 405 609
15	Fabricación y colado de concreto simple de $f'_c=100$ Kg/m ² , con tamaño máximo de agregado de 50.8 mm (2 pulgadas) y revenimiento de 15 centímetros, en plantillas, rellenos y firmes para desplante o respaldo de estructuras	m3	3 581.17	184.41	660 404
16	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo de $f_y=4000$ Kg/cm ² para estructuras coladas en sitio	Kg	66.80	167 823.01	11 210 577
17	Cimbras de madera para estructuras de concreto coladas en sitio, - por metro cuadrado de superficie de contacto	m2	407.74	15 245.96	6 216 388
18	Elaboración, carga, transporte y colocación de cajas doveta Tipos 1 y 2 prefabricadas para alcantarilla, con sección rectangular de 2.50 x 1.00 metros	pieza	35 276.70	2532	89 320 604
19	Elaboración, carga, transporte y colocación de cajas doveta Tipos 1 y 2 prefabricadas para alcantarilla, con sección rectangular de 2.50 x 1.50 metros	pieza	38 559.08	461	17 775 736
20	Elaboración, carga, transporte y colocación de cajas doveta Tipos 1 y 2 prefabricadas para alcantarilla, con sección rectangular de 2.50 x 2.00 metros	pieza	44 063.90	400	17 625 560

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
21	Elaboración, carga, transporte y colocación de alero Tipo 1 prefabricado para alcantarilla	pieza	27 601.40	476	13 138 266
22	Elaboración, carga, transporte y colocación de alero Tipo 2 prefabricado para alcantarilla	pieza	20 237.37	58	1 173 767
23	Elaboración, carga, transporte y colocación de alero Tipo 3 prefabricado para alcantarilla	pieza	22 866.45	18	411 596
<p>MONTO DEL PRESUPUESTO: \$ 191'956,080.00</p>					

2.5.3 ARMADO DE VIA Y SEÑALAMIENTO

No.	C O N C E P T O	UNIDAD	P. UNITARIO	CANTIDAD	IMPORTE
01	Tendido y armado de vía soldada con fijación doblemente elástica, durmiente de madera y riel de 115 libras A.R.E.A.	m	1 213.45	105 745	128 316 270
02	Soldadura de riel de 115 libras A.R.E.A. por procedimiento aluminotérmico	pieza	2 199.33	16 948	37 274 245
03	Suministro de balasto y balastado de vía soldada con fijación doblemente elástica, durmientes de madera y riel de 115 libras - A.R.E.A.	m3	1 615.75	184 247	297 697 090
04	Alineamiento y nivelación de vía soldada con fijación doblemente elástica, durmientes de madera y riel de 115 libras A.R.E.A	m	1 098.00	100 745	110 618 010
05	Tendido y armado de herrajes y juego de madera de cambio con sapo número 8 y riel de 115 libras A.R.E.A.	juego	92 658.51	9	833 927
06	Tendido y armado de herrajes y juego de madera de cambio con sapo número 10 y riel de 115 libras A.R.E.A	juego	108 414.20	12	1 300 970
07	Señal de kilometraje	juego	12 165.00	92	1 119 180
08	Señal de cuidado con el tren	pieza	30 007.96	68	2 040 541
09	Señal de alto	pieza	9 702.64	68	659 780
10	Señal de silbato para crucero	pieza	15 954.50	62	989 179
11	Señal para silbato de anuncio	pieza	10 711.99	14	149 968
12	Señal para límite de patio	pieza	39 047.04	4	156 188
13	Señal indicadora de velocidad	pieza	6 223.73	2	12 447
MONTC DEL PRESUPUESTO: \$ 581'167,795.00					

2.- DESCRIPCION DE OBRAS NOTABLES

3.1 PUENTE CIRCUITO DEL GOLFO

La estructura más importante del Ferrocarril a Dos Bocas será por su magnitud e importancia el cruce a desnivel con la carretera Circuito del Golfo, que se localiza en el K-39+992 de la troncal ferroviaria aproximadamente - tres kilómetros al poniente de Cárdenas, donde se proyecta la construcción de un paso a desnivel entre el ferrocarril y la carretera, para asegurar - la fluidez entre ambas carreteras. Además de ser una obra de gran magnitud, su importancia traerá múltiples beneficios para toda la población, debido a que se incrementarán la fluidez en los medios de transporte masivo, tanto ferroviario como carretero; así como también desahogará en gran medida el transporte comercial que se maneja en esa zona.

3.2 PUENTES MENORES

Debido a las condiciones climatológicas y topográficas de esta zona, donde existe una gran cantidad de escurrimientos superficiales formados por ríos, arroyos y drenes, los que son cruzados por la línea del ferrocarril proyectada, hubo la necesidad de elaborar estudios para permitir el paso del ferrocarril en dichos cruces, que se solucionarán a base de estructuras formadas por alcantarillas y puentes, también su finalidad será la de proteger de los efectos del agua las terracerías y los elementos de vía, en el ferrocarril a Dos Bocas, incluyendo la fabricación, transporte y colocación de elementos precolados de concreto, los despalmes, excavaciones y rellenos, la construcción de elementos en sitio, la formación de terraplenes en torno a los estribos de los puentes terminados, los trabajos de desvío de cauces y el bombeo de achique cuando se requiera, así como las actividades complementarias y colaterales que las obras generen, como son desmontes - menores, obtención de materiales de banco, acondicionamiento de accesos, - construcción y montaje de la planta o plantas de fabricación, cargas, fletes, acarreos, etc.

La construcción de estos puentes menores se catalogan como se describe a continuación:

PARTIDA	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCION	NUMERO DE PUENTES
1	Concreto reforzado	3 claros de 20 m	1
2	Concreto reforzado	2 claros de 20 m	3
3	Concreto reforzado	1 claro de 20 m	2
4	Concreto preesforzado	1 claro de 30 m,	4

ESTRUCTURAS DE PUENTES QUE FORMAN PARTE DE LA TRONCAL FERROVIARIA

NUMERO	NOMBRE DEL PUENTE	KILOMETRAJE
1	Francisco Rueda	14 + 753
2	Arroyo Grande	15 + 310
3	Dren Mezcalapa	19 + 656
4	Arroyo San Martín 1	23 + 435
5	Arroyo San Martín 2	28 + 826
6	Dren Chontalpa	32 + 637
7	Circuito del Golfo	40 + 193
8	Arroyo " 41 "	41 + 637
9	Arroyo " 47 "	47 + 715
10	Dren Nuevo	60 + 264
11	Dren Jobo	89 + 137

En el plano No. 2 se localizan los respectivos puentes por medio del número asignado a lo largo de la línea del ferrocarril.

4.- CONCLUSIONES

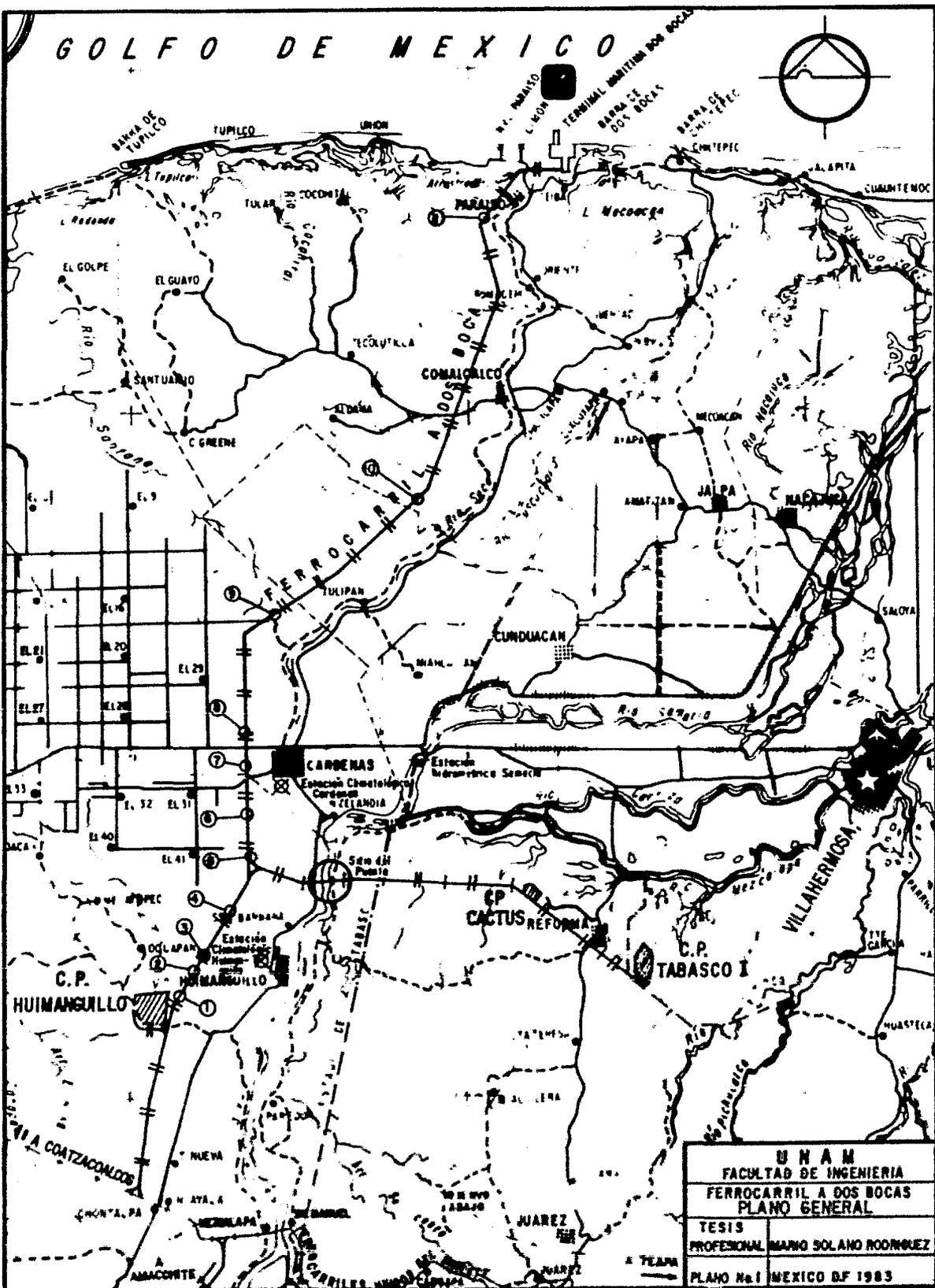
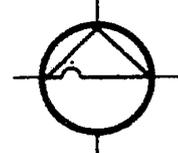
El sector petrolero es sin duda el más activo en la región y cuya importancia tiende a ser mayor día con día, motivo por el cual la necesidad de proveerla de los insumos necesarios y dar salida a su producción es creciente, el presente proyecto del Ferrocarril a Dos Bocas estará encaminado a proporcionar el servicio de transporte seguro y eficiente tomando en consideración las obras que se realizan y los proyectos que se contemplan. La importancia del desarrollo del sector industrial en la región, es consecuencia de la actividad del sector petrolero por consiguiente el proyecto del ferrocarril tiene como uno de sus objetivos principales el de fomentar el desarrollo de la industria petroquímica.

La Dirección de Construcción de Vías Férreas de la SCT, se preocupa por mejorar las vías e instalaciones, en coordinación con los Ferrocarriles Nacionales de México, en aquellos sitios coyunturales representados por terminales y patios, a fin de mejorar el recibo y despacho de trenes, consolidándolos parcialmente con destinos a medida que se acercan al gran centro consumidor del área metropolitana y de algunos de no menor importancia en el sureste del país; con ese fin se mejoran substancialmente los patios en -- Ciudad Juárez, Monterrey y Guadalajara, al mismo tiempo que se proyecta el más grande patio del sistema ferroviario en la localidad de COYOTEPEC, EDO. DE MEXICO, para aliviar las actuales presiones de carga que soporta el patio del Valle de México y para preveer las futuras demandas.

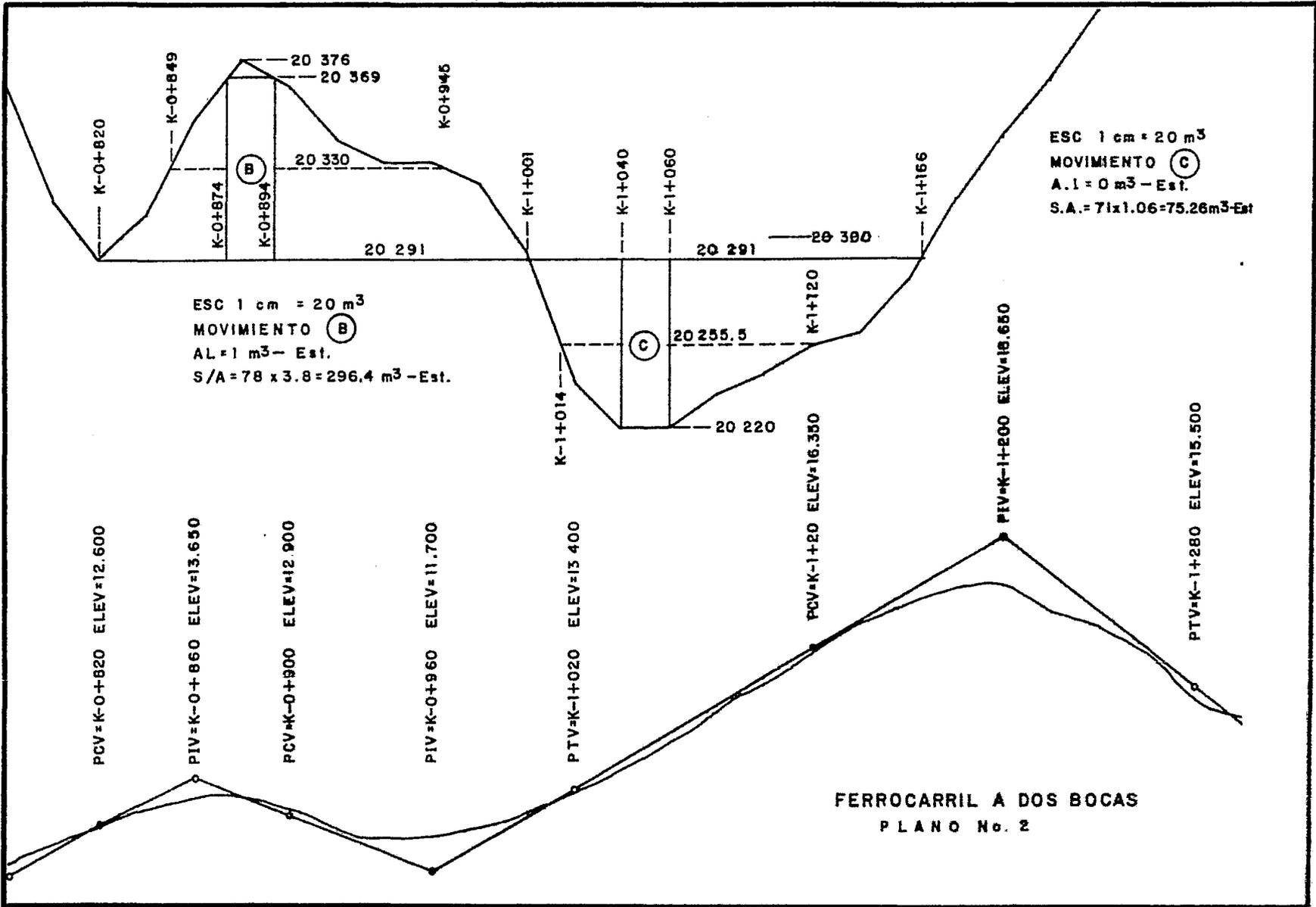
Es realmente asombroso el panorama futuro que se contempla en los planes de expansión de la infraestructura de las vías terrestres en general, las técnicas y los equipos de construcción de terracerías, puentes y vía ofrecen un campo de actividad amplio y atractivo. Las técnicas de aerofotogrametría, fotointerpretación geológica, programación y cómputo electrónico, aplicadas para estudios de ruta, anteproyectos y proyectos de vías terrestres, constituyen actividades interesantes y apasionantes para ser contem

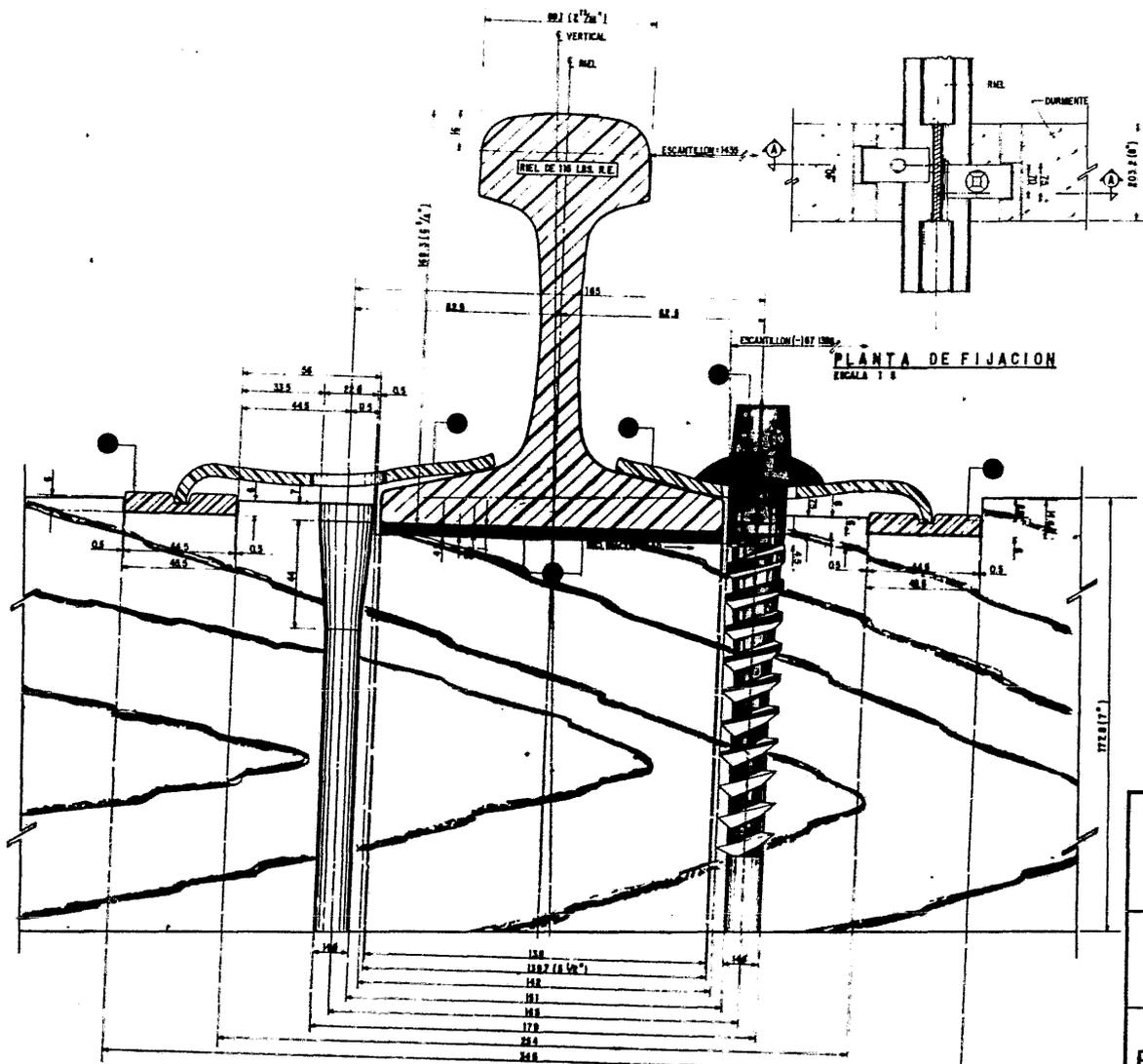
plados con una posibilidad de ocupación de los nuevos técnicos y profesionales de la Ingeniería Civil, Geología e Ingeniería de Sistemas, principalmente, en la medida que se logre interesar y motivar a los elementos jóvenes, será más factible la realización de los programas descritos.

GOLFO DE MEXICO



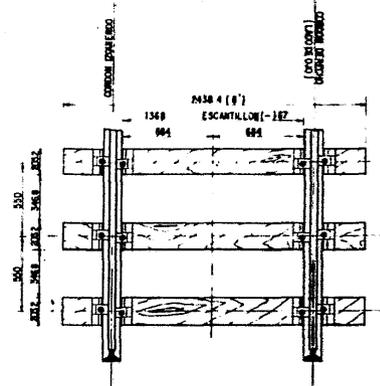
U N A M FACULTAD DE INGENIERIA FERROCARRIL A DOS BOCAS PLANO GENERAL	
TESIS PROFESIONAL	MARIO SOLANO RODRIGUEZ
PLANO No. 1	MEXICO S.F. 1983





CORTE A-A
ESCALA 1/1

PLANTA DE FIJACION
ESCALA 1/8



PLANTA DE COLOCACION
ESCALA 1/20

MATERIAL PARA UN DURMIENTE			
No.	CANT.	DESCRIPCION	BIJUDO DC
1	4	Tirafondo A48 22 x 150	NY-AV 150
2	4	Grapple RYR 20	NY-AV 150
3	4	Placa de Acero	NY-AV 150
4	2	Placa de Madera 150 x 80	EP-01-0064

NOTAS

- En el presente plano las cotecciones están dadas en milímetros, excepto aquellas especificamente identificadas con otras unidades.
- El corte A-A muestra en forma detallada y en todos sus elementos componentes, la fijación del riel correspondiente a la estructura base de un durmiente, en la longitud de que se indica del corte que se debe utilizar en planta y en alzado, de manera que el montaje sea el más adecuado y resistente según especifica de los planos, deberá ser el especificado para vía común en ancho igual a 1430 milímetros.

U . N . A . M
FACULTAD DE INGENIERIA

FERROCARRIL A DOS BOCAS
FIJACION DOBLEMENTE ELASTICA EN TANGENTE
CON DURMIENTE DE MADERA
Y RIEL DE 115 LIBRAS R.E.

TESIS PROFESIONAL	MARIO SOLANO RODRIGUEZ
PLANO No 3	MEXICO DF 1983