

ferrocarriles



francisco m. toño

REPRESENTACIONES Y SERVICIOS
DE INGENIERÍA S.A. • MÉXICO

ferrocarriles

francisco m. togno



REPRESENTACIONES Y SERVICIOS
DE INGENIERIA, S.A. • MEXICO

DISTRIBUYE EN CHILE

Librería Especializada Olejn

Merced 820, Local 17 1 Oriente 1069, Lo.
Fono: 440.10.51 Fono/Fax: (7 1) 23.7
Fax: 632.09.81 - Santiago 1

Merced 820 - Local 18 - Santiago
Fonos: 638.7363 - 638.7364 - Fax: 632.09

Contenido

Prólogo

iii

I. Economía de la transportación

1

Generalidades. Conclusiones. Costos relativos de la transportación en general. Tráfico por regiones y países y su distribución. Cifras índice del tráfico. Transportadores de banda, cables, vía y ductos. Los ferrocarriles y el transporte en general. Antecedentes históricos de las vías terrestres. Sinopsis histórica del ferrocarril. Antecedentes históricos en México. Diferentes porteadores, tarifas y costos directos y nacionales, balanceo de tráfico. Costos unitarios. Costo directo y costo nacional. Factores de carga y balanceo de tráfico. Clasificación de carga. Regiones con clasificación característica. Unidades de tráfico. Ecuación del transporte comercial. Equipos. Zonas de influencia. Productividad territorial. Valuación del tráfico probable. Estudio de zona de influencia de una vía en proyecto, mediante el análisis simplificado del flujo de una red. Productividad de vehículos. Recorrido anual. Caminos de peaje. Inversiones nacionales en carreteras. Densidad ferroviaria. Relación: kilometraje/población. Densidad de caminos. Transbordos y coordinación de transportes. Remolques sobre plataformas (R.S.P.). "Seatrains and containers". Terminales de transbordo. Servicio rápido de "Containers Sea Land". Potencia de transporte. Avalúos de tráfico en función del tiempo recorrido. Método de evaluación de proyectos y desarrollo económico. Trenes rápidos en 1975 y su tendencia. Equipo de arrastre moderno y su tendencia. Ferrovías industriales y mineras. Ferrocarriles metropolitanos. Problemas de tráfico actual en países de escasos recursos. Leyes sobre asentamientos humanos. Principios básicos sobre capacidad de tráfico y soluciones planteadas en la conferencia Franco-Mexicana de julio de 1976. Capacidad. Autobuses modernos. Soluciones intermedias: metro ligero. Tranvía moderno (Sistema Matra). Intervención del ferrocarril. Límite racional de tamaño de una urbe. Elementos sobre automotores. Mecánica básica. Problema de los energéticos y su relación con los transportes. Problemas de la American Trucking Assn. (ATA) expuestos en la reunión de Ingenieros sobre energéticos en San Antonio, Texas, en 1974. Situación energética en México valorizada a través de la Comisión Federal de Electricidad. Consumos comparativos de combustible en México. Diversas fuentes de energía. Energía nuclear. Mancejo automático total de los trenes y la conducción mixta: automática y manual. Trenes de pasajeros para gran velocidad.

2. Diseño geométrico

52

Curvas circulares. Grado de curva. Sobre-elevación de las curvas. Método Italiano. Método Americano. Cálculos de la sobre-elevación de equilibrio. Sobre-elevación confort. Tramo de transición. Curvas espirales prácticas. Remates para sobre-elevación. Cálculos sobre-elevación curvas para trenes rápidos. Solución analítica del Weeb. Curvas espirales prácticas simplificadas. Diversas espirales a las curvas simples. Método de flechas para resolver curvatura y sobre-elevación. Relación de escalas entre la flecha y sobre-elevación. Problemas prácticos de las flechas. Curvas espirales parabólicas. Curvas compuestas con espirales. Curvas inversas y de igual sentido con tangentes mínimas intermedias. Curvas verticales. Variación parabólica vertical. Método tradicional de cálculo de parábolas. Confort comparativo vertical y transversal. Conservación de la vía. Especificaciones variables con el tipo de vía. Especificaciones derivadas de lo permisible por tolerancia mecánica del equipo. Método de trazo de curva por desvíos. Cálculo de Volúmenes de terracerías. Distancias entre secciones. Corrección por curvatura. Métodos de cálculo de áreas extremas. Método analítico de cálculo de áreas. Cálculo de volúmenes. Colocación de estacas laterales. Curva de masas. Coeficientes de abundamiento. Sobrearrosos. Sobrearrosamiento económico y costo del préstamo. Centros de gravedad de masas. Ejemplo de cálculo expeditivo de los volúmenes de un perfil. Cálculo electrónico de curva de masa. Movimiento económico de terracerías. Control técnico administrativo de la construcción.

3. Costos de operación

105

Generalidades. Costos de operación. Datos básicos para cálculo del costo directo de un tren de carga. Análisis de costo aproximado. Costos relacionados con vías, estructuras, comunicaciones y señales. Diversos factores del costo y tarifas. Factor distancia. Costos de operación en los ferrocarriles franceses. Índice de los resultados característicos, en parte ajenos a la eficiencia operacional. Coeficientes técnicos para la evaluación de costos totales comparativos. Reflexiones sobre los análisis de costos. Efecto de la pendiente en el costo. Locomotoras de ayuda. Pendiente virtuales. Pendientes máximas. Costo de operar distancia. Costo de la curvatura. Datos AREA. Costo del ascenso-descenso. Costo de conservar vías. Efecto de la velocidad en los costos.

4. Dinámica de trenes

131

Principios básicos. Potencia motriz y fuerza tractiva. Horarios. Fuerza tractiva y resistencias. Fuerza tractiva límite. Fuerza tractiva en las diesels. Aceleración. Tiempo. Velocidad media. Resistencias al rodamiento. Resistencias a la pendiente. Resistencias por curvatura. Holgura en las curvas y base rígida máxima. Fuerzas, distancias y tiempos para acelerar o frenar. Frenaje mecánico. Ecuación de equilibrio. Diagramas distancia velocidad. Operación de locomotoras. Método del perfil virtual. Principios básicos. Longitud del tren. Pendientes de aceleración. Tonelaje ecuacionado unitario (TEU). Pendientes descendiendo. Perfil virtual en bajadas. Frenos. Aparejos de frenos.

Frenos de aire comprimido, Freno dinámico, Frenaje continuado, Análisis mecánico de frenado, Frenos modernos para altas velocidades, Frenos de fricción de plástico, Problema del carro cargado y carro vacío, Resistencia de los acopladores, limitando la fuerza tractiva en las curvas, Normas de operación dinámica, Principios básicos, Operación de trenes largos, Operación elemental con ayudadores, Problemas, Experiencia en México, Teoría elemental y experiencias sobre ventilación de túneles, Resistencia a los trenes por variación del escantillón de la vía.

5. Localización económica

176

Localización de ferrocarriles, Especificaciones, Tipos de ruta ferroviaria, Terminología de localización, Anteproyectos, Reconocimiento del terreno, Topografía expeditiva terrestre, Aparatos empleados, Telurómetros, Telurómetros y geodimetro, Fotogrametría terrestre y aérea, Intersecciones fotográficas, Reconocimiento aéreo preliminar, Limitaciones instrumentales, Determinación de la distancia local, Determinación de dirección o eje de una fotografía, Planimetría aerofoto, Mosaico aéreo, Control terrestre, Principios aerofotogramétricos, Aparatos usados en el proceso de control y de restitución del vuelo, Principio estereoscópico, Cámaras aerofotográficas, Interpretación aerofotográfica complementaria, Proyectos ferroviarios realizados sobre los planos detallados y las rutas analizadas sobre los mapas, Trazos preliminares y proyectos, Trazo, Nivelación del eje del trazo preliminar, Topografía, Trazo de preliminares con telurómetro, Levantamientos Topográficos y trazo preliminar de ferrocarril con plancheta, Dibujo de los planos de la línea preliminar, Elementos de topogeología, Preparación del proyecto, Señalamiento de la rasante, Primer ensayo del proyecto, Rasantes características, Aplicación de la curvatura al proyectar, Curvatura en la gobernadora, Diagrama distancia-velocidad, Recomendaciones diversas, Comparación entre localizaciones alternas, Perfiles deducidos y valuación aproximada de las cantidades de obra, Trazo de la localización definitiva, Revisión final del proyecto, Método de proyecto usando la medición de flechas, Proyecto de ferrocarril usando computadoras electrónicas y equipos aerofotogramétricos, Aspectos económicos, Curvas de la demanda, Investigaciones de mercado, Curvas de oferta, Efecto de la competencia en las curvas de oferta y demanda, Importancia de la transportación económica, Aceptación económica del "tamaño", Tamaño óptimo al año con capital y demanda, Fórmulas de financiamientos, Cálculo de rentabilidad, Estimación cibernética de tráfico, Métodos "origen-destino" para carreteras, Nociones elementales de álgebra de matrices y programación lineal, Focos de exportación-importación, Tráfico típico Triangular, Rutas alternas complementarias.

6. Construcción

218

Elementos de Geotecnia, Igneas intrusivas, Plegamiento de la corteza, Fallas, Mapas geológicos, Cortes geológicos, Información completa, Métodos geosísmicos de refracción, Elementos de mecánica de suelos, Espesor del balasto, Suelos cohesivos, Identificación expeditiva de suelos, Densidad y humedad del suelo, Secciones tipo, Carta de plasticidad, Nomenclatura de los finos,

Método simplificado del original "Índice de Grupo" del cuerpo de Ingenieros de E.U.A. Espesor teórico del balasto. Hipótesis teóricas. Cálculo aproximado del espesor. Metodología que en general conviene aplicarse. Estabilidad de taludes de cortes y terraplenes. Coeficientes de seguridad del talud. Bolsarcas. Mezclas de suelos. Preparación de subrasante y balasto. Capa subrasante. Sub-balasto. Balasto. Barrenación-explosivo. Terracerías, excavaciones en roca y explosivos. Experiencias sobre barrenación. Densidades. Mezclas. Barrenos de montera. Barrenos inclinados y horizontales. Coyoterías. "Muertos, monas y culebras". Barrenación en ferrocarriles. Compresores. Problemas de estratificación. Echados favorables y desfavorables. Juntas típicas. "Bufamientos de las rocas". Elección de ladera para el trazo de la vía. Precorte. Erosión y estratigrafía. Túneles. Acción de arco. Esfuerzos simétricos en los túneles. Túneles en roca con estratos inclinados. Métodos para perforar túneles. Ciclos de excavación Barras o banderillas de anclaje. Revestimiento. Drenaje. Revestimiento estructural. Construcción del revestimiento. Obras complementarias. Túneles de lámina ARMCO. Ciclo de barrenación. Ventilación. Equipo eléctrico. Costos unitarios. Técnica y práctica de proyecto. Nuevas técnicas para construir túneles. Asuntos diversos en la construcción de túneles. Empleo del concreto como material de ademe. Excavaciones por el método "Milán". Excavaciones de túneles mediante congelantes. Muros de sostenimiento y túneles falsos. Pernos de anclaje cónicos. Revestimiento de viejos túneles. Excavaciones en laderas erosionables. Equipos para construcción mecanizada de terracerías. Palas mecánicas y dragas. Nuevas técnicas para equipos de construcción. Escrepas y tomápolis. Motoconformadoras. Trascabos y rezagadores EIMCO. Compactadoras. Aplanadoras de rodillo. Aplanadoras vibradoras. "Rippers" arados desgarradores. Utilización de mano de obra. Utilización de equipos mecánicos y mano de obra combinados para la construcción de vías férreas. Caminos de servicio. Hidrología, drenaje y alcantarillado. Cunetas para ferrocarriles. Alcantarillas. Obras de arte provisionales. Drenaje superficial. Esfuerzos en las alcantarillas. Principios básicos sobre hidrología. Tiempo de concentración. Permeabilidad. Método de sección y pendiente. Ecurrimiento en las alcantarillas. Sobre-elevación del tirante. Ecurrimiento crítico. Pendientes de los tubos. Método de cálculo considerando anillos de compresión. Experiencias en construcción de túneles doble vía. Generalidades sobre puentes. Selección del tipo de puente. Estudios y proyectos. Ingeniería de taludes de roca. Estabilización.

7. Vía y estructuras

315

Superestructura de la vía férrea. Economía del conjunto. Seguridad. Vida útil del riel. Esfuerzos del riel y base durmiente. Estabilidad de la vía. Inestabilidad de las vías. Cualidades del riel. Enfriamiento controlado. Endurecimiento de extremos. Secciones tipo del riel. Vibraciones. Impacto de una rueda. Dilataciones de los rieles. Medición del ΔT . Aparatos de dilatación. Temperatura de liberación. Defectos de los rieles. Fisuras de los rieles (invisibles). Defectos visibles. Límite del desgaste de los rieles. Accesorios de los rieles. Placas de unión o planchuelas. Accesorios de fijación. Resistencia a las cargas repetidas de magnitud variable. Taquetes de madera o plástico, empleo de tornillos y tuercas. Fijación del riel. Placas de apoyo. Placas de hule. Distribución de las cargas. Esfuerzos de tracción en tirafondos y clavos.

Vía clavada. Fuerza de extracción. Soldadura de rieles. Diferencia de costos. Soldadura presión-eléctrica. Soldadura aluminio-térmica. Soldadura de planchas móviles-sistema Matisa. Durmientes de madera. Esfuerzos y fallas. Impregnación de durmientes. Preservativos. Capacidad instalada. Vías que precisan durmientes de madera. Fuerzas transversales desplazando la vía. Fuerza explosiva del desplazamiento lateral. Supresiones. Durmientes de acero. Vida media máxima y demanda anual de durmientes, de concreto preesforzado. Durmiente dividag (B-55). Durmientes recomendables para vías de tráfico liviano. Programa tentativo integral. Vía sin balasto. Durmientes para vías de 1ª clase. Accesorios de fijación. Mercado internacional. Costos de las vías. Vida útil. Tendido de vía. Alinear y nivelar. Ensanchamiento de vías angostas. Métodos modernos de tendido. Método de pórtico y trineo. Método de los FF. CC. Nacionales de México. Método de plataforma-trabe en cantiliver. Método de máquina colocadora y espaciadora de durmientes. Comparación de métodos. Conservación de vías y estructuras. Endurecimiento del hongo del riel. Accidentes de trenes y montaje de estructuras. Herramientas y materiales. Gatos (15 a 100 ton.). Grúas. Sustitución de armaduras de puentes, sin interrumpir el tráfico. Puentes provisionales. Reconstrucción por deslaves. Conservación y rehabilitación de vías. Soufflage mesure. Cambios de riel.

8. Locomotoras

401

Locomotoras de vapor. Modernas locomotoras de vapor. Locomotoras diesel mecánicas. Locomotoras diesel eléctricas. Principios eléctricos de las locomotoras diesel (eléctricas). Locomotoras diesel Hidráulicas. Freno hidro-dinámico. Locomotoras turbina de gas. Electrificación de ferrocarriles. Generalidades sobre locomotoras eléctricas. Experiencia extranjera. Vías donde se justifica electrificar. Autovías y trenes de pasajeros. Trenes de pasajeros "TALGO".

9. Operación

427

Generalidades. Formación del tren. Operación de trenes. Elementos sobre operación en vía simple. Ordenes de tren y señales. Bloqueo primitivo. Cálculo del número de trenes. Capacidad de tráfico. Método racional de cálculos. Métodos prácticos. Experiencias sobre trenes largos y cortos. Definición. Causas de demoras. Descarrilamientos. Confiabilidad del horario. Velocidad económica. Potencia asignada. Mayor velocidad con inversión mínima. Resistencia en los puentes. Equipo basculante.

10. Estaciones, patios, terminales y talleres

447

Especificaciones y tamaño para las estaciones y patios. Estaciones, patios y terminales. Principios básicos en patios de joroba. Localización de patios. Operación dinámica. Proyecto patios de clasificación. Tiempos. Frecuencia de goteo. Teoría de colas. Especificaciones generales. Resultados económicos. Diseño geométrico y su perfil virtual. Anteproyecto y operación de patios de joroba. Perfil en patios planos. Patios de gravedad. Rodamientos de carros.

Perfil del patio de gravedad. Problema práctico básico. Joroba y maniobras del goteo de carros. Tamaño económico de patios terminales y libramientos. Sistemas auxiliares para abreviar trabajo al patio. Talleres de locomotoras en patios terminales. Metodología de ferronales para calcular el tamaño del taller de carros. Capacidad del taller "Spot System". Personal clasificado necesario para la conservación de locomotoras DE. Talleres para locomotoras diesel. Equipo y facilidades correlativas. Talleres para coches de pasajeros. Talleres de reparación de carros.

11. Comunicaciones

476

Sistemas de telecomunicaciones. Comunicación telefónica automática de discado directo. Comunicación telefónica selectiva. Comunicación de radio móvil. Comunicación telegráfica y de teleimpresión. Comunicación de radio móvil en terminales y para servicios auxiliares. Comunicación para manejo de datos. Sistema de señalización automática. Sistemas de señalización de blocks (APB). Sistemas de control de tráfico centralizado (CTC). Supervisión automática de trenes. Operación automática de trenes (ATO). Control automático de patios de clasificación. Protección automática de crueros.

12. Planeación y control

485

Administración ferroviaria. Organización. Operación. Tráfico. Planeación y programa. Planeación de inversiones. Cuantía de subsidio probable. Cálculo de rentabilidad de inversiones. Año óptimo para realizar una inversión. Dispersión de esfuerzos. Planes a corto plazo. Planes a largo plazo. Continuidad de obras y financiamiento. Estadísticas ferroviarias. Estadísticas básicas. Estadísticas de transportes en general. Administración por objetivos. "Abecedario" sobre toma de decisiones. Terminología. Ramales ferroviarios deficitarios. Teoría de decisiones. Programación de obras por "Ruta crítica". Duración de actividades (tiempos). Tablas de secuencias. Diagrama de barras.

Apéndice: Planeación "a la medida"

503

Bibliografía

505

EL AUTOR:

Francisco M. Tognó

Asesor Técnico en los Ferrocarriles Nacionales de México.
Ex director de Construcción de Ferrocarriles, S.C.O.P.
Ex profesor de Vías Terrestres en la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de México.

D. R. © 1982, por Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.,
Apartado Postal 61-195, 06600 México, D.F.

Miembro de la Cámara Nacional
de la Industria Editorial, registro
número 663

Segunda Edición, 1982

ISBN 968-6062-66-1

Impreso en México