

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE
Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA

**“MÉTODO PARA ABATIR LOS ACCIDENTES
FERROVIARIOS Y SU APLICACIÓN A LA RED
DEL ESTADO DE QUERÉTARO”**

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

Ing. Alfonso Herrera García

QUERÉTARO, QRO.

AGOSTO DE 1998

No. Adq. H58971
No. Título IS
Clas. 363.122
H565m



**“MÉTODO PARA ABATIR LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS
Y SU APLICACIÓN A LA RED DEL ESTADO DE QUERÉTARO”**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta:

Alfonso Herrera García

Dirigido por:

Dr. Alberto Mendoza Díaz

SINODALES

Dr. Alberto Mendoza Díaz
Presidente

Firma

Dr. Eduardo Betanzo Quezada
Secretario

Firma

M.I. Roberto Aguerrebere Salido
Vocal

Firma

Dra. Margarita Camarena Luhrs
Suplente

Firma

M.C. Tristán Ruiz Lang
Suplente

Firma

M.I. J. Jesús Hernández Espino
Director de la Facultad de Ingeniería

Dra. Guadalupe Bernal Santos
Directora de Posgrado e Investigación

DEDICATORIA

A mi esposa Yesica y a mi hija Itzel con amor.

A mis padres y hermanos con gran afecto y gratitud.

A mis maestros y a mis amigos por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Para realizar este trabajo me he valido, con pleno conocimiento, de muchas personas y, sin saberlo, sin duda de muchas otras. A todas las instituciones, bibliotecas y particulares que me ayudaron y me facilitaron materiales va aquí mi agradecimiento. Puesto que sería demasiado largo mencionar a todos, pues fueron muchos, destacan los siguientes: el Instituto Mexicano del Transporte, en esta institución realicé la mayor parte de este trabajo, inicialmente como tesista y posteriormente laborando en él, mucho del material bibliográfico fue obtenido de su Centro de Información y Documentación; la Universidad Autónoma de Querétaro que contribuyó a mi formación y además me brindó su apoyo con material de su biblioteca y hemeroteca, y a su Programa de Estímulos a la Investigación; al CONACYT por haberme apoyado como becario durante mis estudios de posgrado; al Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro, en particular a los ingenieros Vicente Pérez Arzate y Gerardo Ávila Arreguín y al Sr. Antonio Velázquez López, gran parte de la información estadística ferroviaria del estado de Querétaro, incluyendo material fotográfico y valiosos comentarios fueron proporcionados gentilmente por ellos; a la Unidad Estatal de Protección Civil del Estado de Querétaro, particularmente al licenciado Francisco García Muñoz, por su apoyo con información estadística de accidentes ferroviarios del Estado de Querétaro; al Encargado de la Gerencia de Prevención de Accidentes de Ferrocarriles Nacionales de México, Sr. Juan Julio Uribe Escalante, por la información proporcionada en relación con los datos de accidentes ferroviarios en el ámbito nacional; a los sinodales Dra. Margarita Camarena L., Dr. Eduardo Betanzo Q., M. en I. Roberto Aguerrebere S. y al M. en C. Tristán Ruíz L. que aportaron valiosos comentarios y sugerencias que dieron mejor forma y más fuerza a este trabajo, y desde luego al Dr. Alberto Mendoza D., que contribuyó de manera fundamental para la realización de este trabajo, agradezco mucho su paciencia y sus sugerencias constructivas y creativas durante la revisión de los numerosos borradores, y sus aportaciones que influyeron de muchas maneras en el contenido de esta tesis; del mismo modo debo mencionar a Rodolfo Téllez G., Miguel Ángel Backhoff P., Jesús Chavarría V., Claudia Z. Gil A., Eric Moreno Q., J. Carlos Vázquez P., María Reyes O. y a Fernando Buelna S. quienes de alguna manera contribuyeron para la realización de este trabajo. A todos ellos estoy profundamente agradecido. De ninguna manera tienen culpa alguna por lo que haya de erróneo o impreciso en este trabajo, aunque sin su ayuda poco de lo bueno se encontraría en él.

Alfonso Herrera G.

Santiago de Querétaro, Querétaro, 30 de abril de 1998

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

METODOLOGÍA Y OBJETIVOS xv

1. INTRODUCCIÓN 1

- 1.1. Definiciones 1
- 1.2. Lesiones y defunciones originadas por los accidentes ferroviarios 3
- 1.3. Tamaño y naturaleza del problema 7
- 1.4. Experiencias de los países más industrializados 8
- 1.5. Interrelaciones entre uso del suelo, transporte y seguridad en las redes de transporte ferroviario 9
- 1.6. Acuerdos institucionales 9
- 1.7. Áreas de influencia de ingenieros y proyectistas 11
- 1.8. El proceso de planeación, diseño y operación segura de la red de transporte ferroviario 12
- 1.9. El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y los accidentes ferroviarios 13
- 1.10. Los accidentes ferroviarios en México 15
- 1.11. Los seguros y la seguridad ferroviaria 22

2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS 25

- 2.1. Datos estadísticos de los accidentes y sus limitaciones 25
- 2.2. Identificación de los tramos negros 27
- 2.3. Análisis de accidentes 28

3. MÉTODO DE PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS 34

- 3.1. La Medicina Preventiva en el Transporte, como medio de prevención de accidentes en el transporte ferroviario 34
- 3.2. Los lugares peligrosos en el transporte ferroviario 37
- 3.3. Desarrollo de tácticas 38
 - 3.3.1. Arrollamiento de peatones 40
 - 3.3.2. Choques 41
 - 3.3.2.1. Choques de ferrocarril contra vehículos automotores 41
 - 3.3.2.2. Choques entre equipo ferroviario 51
 - 3.3.3. Descarrilamientos 59

- 3.3.4. Incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga 68
- 3.3.5. Rozamiento de trenes 71
- 3.3.6. Volcamientos 72
- 3.3.7. Resumen de las medidas de mitigación de accidentes ferroviarios 73
- 3.4. Monitoreo y evaluación 75

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO A LA RED FERROVIARIA DEL ESTADO DE QUERÉTARO 78

- 4.1. Análisis de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro durante el período 1992-1996 78
 - 4.1.1. Información de la red ferroviaria 78
 - 4.1.2. Información de los accidentes ferroviarios 84
 - 4.1.3. Análisis de la información 87
 - 4.1.4. Investigaciones de campo 105
- 4.2. Prevención de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro 125
 - 4.2.1. Medidas recomendadas 126

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 131

REFERENCIAS 137

ANEXO A Costos de algunos elementos de los tratamientos para abatir los accidentes ferroviarios 141

ANEXO B Díptico de seguridad en cruceros de vía de FNM 143

ANEXO C Hoja de emergencia en transportación para el azufre crudo 146

ANEXO D Informe de accidente 148

ANEXO E Accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro durante los años 1992-1996 150

ANEXO F Resumen de tipos de accidentes y sus principales factores cooperantes en el estado de Querétaro durante los años 1992-1996 187

ANEXO G Forma CTC-2 189

ANEXO H Volúmenes de carga ferroviaria en el estado de Querétaro (toneladas/semana) 191

ÍNDICE ANALÍTICO 193

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Tabla 1.1. Información estadística de accidentes de los Ferrocarriles Nacionales de México (años 1970-1986)	16
Tabla 1.2. Información estadística de Ferrocarriles Nacionales de México (años 1970-1996)	18
Tabla 1.3. Datos de accidentes ferroviarios en los E.U.A.	20
Tabla 1.4. Número de accidentes ferroviarios y carreteros (años 1990-1996)	21
Tabla 3.1. Tratamientos en los cruces de ferrocarril	49
Tabla 3.2. Tipo de servicio de trenes y velocidad máxima alcanzada	59
Tabla 3.3. Medidas de mitigación para los accidentes por descarrilamiento y su efectividad	61
Tabla 3.4. Clase de vía asignada en el sistema ferroviario nacional de acuerdo con el rango del índice de importancia	62
Tabla 3.5. Clasificación de las sustancias peligrosas	69
Tabla 3.6. Medidas para evitar el arrollamiento de peatones	73
Tabla 3.7. Medidas para evitar los choques	73
Tabla 3.8. Medidas para evitar los descarrilamientos	74
Tabla 3.9. Medidas para evitar los incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga	74
Tabla 3.10. Medidas para evitar el rozamiento de trenes	74
Tabla 3.11. Medidas para evitar los volcamientos	74
Tabla 4.1. Características de la red ferroviaria del estado de Querétaro	79
Tabla 4.2. Parámetros relacionados con la seguridad de la red ferroviaria del estado de Querétaro	84
Tabla 4.3. Localización de los accidentes ferroviarios en las distintas líneas de la red ferroviaria del estado de Querétaro (años 1992-1996)	88
Tabla 4.4. Frecuencias de los distintos tipos de accidentes y sus principales factores cooperantes	94
Tabla 4.5. Evolución de los accidentes ferroviarios predominantes (años 1992-1996)	95

ÍNDICE DE TABLAS (CONTINUACIÓN)

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Tabla 4.6. Localización de los accidentes ferroviarios por descarrilamiento en las distintas líneas de la red ferroviaria del estado de Querétaro (años 1992-1996)	96
Tabla 4.7. Localización de los accidentes por colisión en las distintas líneas ferroviarias del estado de Querétaro y sus principales factores cooperantes (años 1992-1996)	102
Tabla 4.8. Accidentes ferroviarios fatales en la red del estado de Querétaro (años 1992-1996)	104
Tabla 4.9. Estimación de los índices de accidentes en el estado de Querétaro	105
Tabla A. Costos de algunos elementos de los tratamientos para abatir los accidentes ferroviarios	142
Tabla E. Accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro durante los años 1992 a 1996	151
Tabla F. Tipos de accidentes ferroviarios y sus principales factores cooperantes por número consecutivo de ocurrencia en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	188

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Figura 1.1. Choque frontal de trenes	1
Figura 1.2. Porcentaje de participación de los distintos tipos de accidentes ferroviarios en México	17
Figura 1.3. Accidentes ferroviarios en México (años 1970-1996)	18
Figura 1.4. Toneladas-kilómetro vs. índice de accidentes por tonelada-kilómetro (años 1983-1996)	19
Figura 1.5. Pasajeros-kilómetro vs. índice de accidentes por pasajero-kilómetro (años 1983-1996)	19
Figura 1.6. Índice de accidentes por tonelada-kilómetro vs. año	20
Figura 1.7. Extrapolación del índice de accidentes por tonelada-kilómetro vs. año	21
Figura 2.1. Método de análisis de los accidentes ferroviarios	25
Figura 3.1. Método de prevención de los accidentes ferroviarios	34
Figura 3.2. Disposición de los semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes	44
Figura 3.3. Pérdida de volumen para los ocupantes del tren para distintas velocidades de colisión	57
Figura 3.4. Movimientos de un ocupante sentado en el interior de un tren que choca	58
Figura 4.1. Método para abatir los accidentes ferroviarios	78
Figura 4.2. Esquema de la red ferroviaria del estado de Querétaro	80
Figura 4.3. Grúa W-250 para despejar las vías	85
Figura 4.4. Calzadora y niveladora de vía	86
Figura 4.5. Grúa W-250 en operación	86
Figura 4.6. Accidentes ferroviarios en las distintas líneas del estado de Querétaro (años 1992-1996)	87
Figura 4.7. Tramos negros de la línea ferroviaria -A- en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	88

ÍNDICE DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Figura 4.8. Tramos negros de la línea ferroviaria -Juárez (AQ)- en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	89
Figura 4.9. Tramos negros de la línea ferroviaria -B- en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	89
Figura 4.10. Tramos negros de la línea ferroviaria -BC- en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	90
Figura 4.11. Tramos negros de la línea ferroviaria -Morelos (BQ)- en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	90
Figura 4.12. Accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro vs. hora del día (años 1992-1996)	92
Figura 4.13. Accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro vs. día de la semana (años 1992-1996)	92
Figura 4.14. Accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro vs. mes (años 1992-1996)	93
Figura 4.15. Accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro vs. bimestre (años 1992-1996)	93
Figura 4.16. Participación de los distintos tipos de accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro (años 1992-1996)	94
Figura 4.17. Evolución de los accidentes ferroviarios predominantes (años 1992-1996)	95
Figura 4.18. Factores cooperantes de los accidentes ferroviarios por descarrilamiento (años 1992-1996)	96
Figura 4.19. Accidentes por descarrilamiento en la línea ferroviaria -A- del estado de Querétaro (años 1992-1996)	97
Figura 4.20. Accidentes por descarrilamiento en la línea ferroviaria -B- del estado de Querétaro (años 1992-1996)	97
Figura 4.21. Accidentes por descarrilamiento en la línea ferroviaria -Morelos (BQ)- del estado de Querétaro (años 1992-1996)	98
Figura 4.22. Factores cooperantes de los accidentes ferroviarios por colisión (años 1992-1996)	98
Figura 4.23. Accidentes por choque en la línea ferroviaria -B- del estado de Querétaro (años 1992-1996)	102

ÍNDICE DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Figura 4.24. Accidentes por choque en la línea ferroviaria -Morelos (BQ)- del estado de Querétaro (años 1992-1996)	103
Figura 4.25. Distribución de fallecimientos por tipo de accidente ferroviario (años 1992-1996)	104
Figura 4.26. Vías en tangente, en el cruce ferroviario de la calle Invierno	107
Figura 4.27. Curva vertical en cresta del camino asfaltado, en el cruce de la calle Invierno	107
Figura 4.28. Condición del cruce ferroviario de la calle Invierno	108
Figura 4.29. Paso de peatones y vehículos por el cruce	108
Figura 4.30. Algunas señales verticales del cruce en la calle Invierno	109
Figura 4.31. Aspecto general del señalamiento vertical del cruce	109
Figura 4.32. Zona adyacente al cruce de la calle Invierno	110
Figura 4.33. Área adyacente al cruce de la calle Invierno	111
Figura 4.34. Visibilidad reducida para los autotransportistas en el cruce de la calle Invierno	111
Figura 4.35. Lugar donde el conductor aprecia si se aproxima algún tren al cruce	112
Figura 4.36. Visibilidad de un tren aproximándose al cruce de la calle Invierno	112
Figura 4.37. Vía en tangente en el cruce ferroviario del Acceso IV	114
Figura 4.38. Aproximación al cruce ferroviario con dirección E-W	114
Figura 4.39. Aproximación al cruce ferroviario con dirección W-E	115
Figura 4.40. Señalamiento vertical obstruido parcialmente	115
Figura 4.41. Otras señales del cruce ferroviario obstruidas parcialmente	116
Figura 4.42. Cruce ferroviario en el kilómetro 7.5 de la carretera a Tlacote	117
Figura 4.43. Curva peligrosa en la carretera al aproximarse al cruce ferroviario	118
Figura 4.44. Aproximación final al cruce ferroviario, por carretera	118

ÍNDICE DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Figura 4.45. Deterioro del asfalto en el área del cruce ferroviario	119
Figura 4.46. Aspecto general del cruce ferroviario	119
Figura 4.47. Aspecto general de los elementos de la vía en el cruce ferroviario	120
Figura 4.48. Señales observadas al aproximarse al cruce ferroviario	120
Figura 4.49. Otras señales observadas al aproximarse al cruce ferroviario	121
Figura 4.50. Señales cercanas al cruce ferroviario	121
Figura 4.51. Señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35) dañada	122
Figura 4.52. Aspecto general y arreglo de las señales en el cruce ferroviario	122
Figura 4.53. Unidades de arrastre almacenadas en el ladero adyacente al cruce ferroviario	123
Figura 4.54. Grava y durmientes abandonados en el área adyacente al cruce ferroviario	124
Figura 4.55. Obstáculos en el cruce ferroviario, un peligro adicional	124
Figura 4.56. El material abandonado en el cruce ferroviario reduce la visibilidad	125
Figura 4.57. Acumulado general de accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro y extrapolación hasta el año 2001	126
Figura E.1. Camioneta dañada al chocar contra el tren Extra 6734 Sur (accidente No. 30)	159
Figura E.2. Vehículo dañado durante un choque, en cruce a nivel (accidente No. 35)	159
Figura E.3. Volcadura de la plataforma TTZX-85038 (accidente No. 44)	162
Figura E.4. Otro aspecto de la plataforma volcada	162
Figura E.5. Plataforma volcada con 40 toneladas de tablas de madera (accidente No. 44)	163
Figura E.6. Obsérvese el mensaje en la plataforma volcada (en idioma inglés), que recomienda tener precaución para evitar un accidente por volcamiento	163
Figura E.7. Rozamiento en la góndola NM-55943 (accidente No. 45)	164
Figura E.8. Otro aspecto del rozamiento en la góndola	164

ÍNDICE DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

<u>Título</u>	<u>Página</u>
Figura E.9. Choque de trenes en el kilómetro BQ-236 (accidente No. 47)	166
Figura E.10. Observe los daños en el equipo tractivo	166
Figura E.11. Equipo tractivo y de arrastre dañados durante el accidente No. 47	167
Figura E.12. Grúa W-250 removiendo el equipo dañado después del choque de trenes	167
Figura E.13. Parte del equipo de arrastre dañado por el choque de trenes (accidente No. 47)	168
Figura E.14. Derrame de la carga transportada (granos)	168
Figura E.15. Microbús dañado durante un choque en cruce ferroviario (accidente No. 58)	172
Figura E.16. Interior del microbús de pasajeros dañado	172
Figura E.17. Descarrilamiento de un tren en el kilómetro B-198 (accidente No. 61)	173
Figura E.18. Otro aspecto del descarrilamiento	173
Figura E.19. Choque de trenes en el kilómetro BQ-234 (accidente No. 72)	176
Figura E.20. Parte del equipo tractivo dañado por el choque de trenes	176
Figura E.21. El choque de trenes se presentó en una curva encañada (accidente No. 72)	177
Figura E.22. Obsérvese también , el daño en la infraestructura	177
Figura E.23. Descarrilamiento y volcamiento del tren Extra EA-031 Norte (accidente No. 78)	179
Figura E.24. Volcamiento del equipo de arrastre	179
Figura E.25. Reincorporación de la tolva volcada (accidente No. 80)	181
Figura E.26. Tolva reincorporada y maíz derramado sobre la barda de una vivienda	181
Figura E.27. Choque de tren contra camión de volteo (accidente No. 92)	185
Figura E.28. Otro aspecto de la locomotora y del camión arrollado	185

RESUMEN

Las consecuencias de los accidentes ferroviarios son lamentables no sólo desde el punto de vista humano y social, sino también porque generan grandes pérdidas materiales y económicas para nuestro país.

Para los accidentes no hay un remedio absoluto, son una consecuencia inevitable de la movilidad. Podemos tomar ciertas medidas para minimizar sus consecuencias o para reducir la probabilidad de que un tren se encuentre en una situación peligrosa, pero mientras haya movilidad es casi imposible erradicarlos en su totalidad. Así, un objetivo realista no es eliminarlos por completo, pero sí reducirlos a niveles aceptables y manejables.

El método propuesto aquí, para abatir el problema de los accidentes ferroviarios fue dividido en dos etapas: la primera -su análisis- tiene como objetivo identificar las características comunes y los factores cooperantes de los accidentes; y la segunda -su prevención- toma como base el análisis anterior para establecer las medidas adecuadas con el propósito de evitar y reducir los accidentes y sus consecuencias. Finalmente, como ejemplo de su utilidad el método obtenido se aplica a un caso específico, la red ferroviaria del estado de Querétaro.

ABSTRACT

The consequences of the railroad accidents are pitiful from the human and social viewpoint, but also because they produce huge material and economic losses for our country.

There is no absolute cure for the accidents issue, it is an inevitable consequence of mobility. We can certainly take steps to minimize their consequences, or the probability of a train being involved in a hazardous situation, but while there is mobility it is almost impossible to eradicate accidents absolutely. Although it is possible to reduce them to acceptable and manageable proportions.

The method proposed here, in order to tackle the railroad accident issue, it was divided in two steps: the first -their analysis- has the objective of identify the contributing factors of accidents; and the second -their prevention- takes the prior analysis to establish the right countermeasures in order to avoid and reduce the accidents and their consequences. Finally, as an example of their utility the method obtained is applied to a specific case, the railroad network of the state of Querétaro.

METODOLOGÍA Y OBJETIVOS

Inicialmente se procedió a la formulación de hipótesis conceptuales que contribuyeron a estructurar el método propuesto. Estas hipótesis se tomaron con base en la investigación documental y la observación. Posteriormente, se aplicó el método analítico¹, con el fin de distinguir los distintos tipos y causas de los accidentes ferroviarios para después proceder a la revisión ordenada de cada uno de ellos por separado. A continuación y con el soporte de la investigación documental se establecieron las medidas específicas para la prevención de cada uno de los distintos tipos de accidentes. Como paso siguiente, se aplicó el método sintético para conjuntar todas las medidas y poder así finalmente establecer el método propuesto. Posteriormente, se probaron las hipótesis conceptuales al aplicar el método propuesto a un caso real, el caso de la red ferroviaria del estado de Querétaro. Toda esta metodología lleva implícita búsqueda, obtención y clasificación de información tanto de ficheros bibliográficos, libros, publicaciones, documentos, anuarios, memorias, reportes, periódicos, revistas y mapas, así como de búsquedas en internet, entrevistas e investigaciones de campo.

El objetivo de este trabajo es obtener un método sistemático que finalmente reduzca los accidentes ferroviarios y la severidad de sus consecuencias, mediante el manejo de información de la red ferroviaria y de los accidentes. Los tratamientos que se apliquen estarán en función de las características comunes y de los factores cooperantes de los accidentes ferroviarios, de tal forma que las rupturas en la continuidad de la gestión de materias primas y en la distribución física de bienes, ocasionadas por los accidentes ferroviarios, no sean significativas.

¹ Para más detalles del método analítico y del método sintético ver: Münch Galindo Lourdes, Métodos y técnicas de investigación para administración e ingeniería, México, 1995, Editorial Trillas, pp. 16 y 17.

1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo inicial se hace una introducción al tema a tratar, mediante algunas definiciones y conceptos básicos. También se hace mención de los efectos directos que los accidentes ferroviarios producen sobre los seres humanos. Además, se indica como ha sido el desempeño de los países industrializados para abatir este tipo de accidentes, y el enfoque actual de nuestro gobierno en relación con ellos, el cual otorga máxima prioridad a la mejora de la seguridad del sistema de transporte nacional. Casi al final de este capítulo se hace una estimación de los índices de accidentes ferroviarios en México durante los últimos años y también de sus tendencias esperadas para el corto y mediano plazo.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura 1.1. Choque frontal de trenes. Kilómetro 236 de la línea -Morelos- en el estado de Querétaro.

1.1. Definiciones.

La palabra accidente proviene del latín *accidentem*, de *accidere*, caer encima². En forma general un accidente es un hecho fortuito que ocasiona daño. La noción de accidente en su expresión más amplia es tan antigua como el hombre. La vida humana en cualquier circunstancia lleva implícita una serie de riesgos en potencia que nos acompañan desde la cuna hasta la tumba. El concepto de accidente, ha adquirido nuevos matices y derivaciones con el advenimiento de la revolución industrial y como consecuencia de las poderosas fuerzas liberadas por ella: el motor de explosión y

² Gran Enciclopedia Larousse, Tomo 1, Editorial Planeta, Tercera edición, España, diciembre de 1990, p. 71.

el maquinismo. Figura así entre los subproductos no deseados pero inevitables de nuestra moderna civilización técnica.

Algunos autores clasifican a los accidentes en dos grandes grupos³:

- 1) los derivados de prestaciones laborales y
- 2) los debidos a negligencia, caso fortuito o fuerza mayor.

En esta segunda categoría destacan los accidentes del transporte y dentro de estos se encuentran los accidentes ferroviarios, que son el tema que nos ocupa.

De acuerdo con la Policía Federal de Caminos, un accidente es un suceso o acontecimiento inesperado e impremeditado que tiene un elemento de azar o probabilidad y cuyos resultados son indeseables o infortunados⁴.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a los accidentes como “los hechos súbitos o de presentación rápida o instantánea, imprevisibles e inevitables en el momento en que ocurren, seguidos de lesiones o daños materiales”⁵.

Estos sucesos eventuales han ido en aumento⁶ por: la multiplicación de la población, su concentración en las ciudades y por la ampliación de las zonas industriales; la expansión de las vías de comunicación y de los medios de transporte; la adopción creciente de artefactos eléctricos en el hogar y el empleo de nuevos materiales y soluciones arquitectónicas en las viviendas. Los accidentes constituyen un grave problema de salud pública⁶. En 1995 los accidentes ocuparon el tercer lugar como causa de mortalidad general, sólo fueron superados por las enfermedades del corazón y los tumores malignos.

Para los accidentes no hay remedio absoluto, pues son una consecuencia inevitable de la movilidad⁷. Podemos tomar ciertas medidas para minimizar sus consecuencias, pero mientras haya movilidad, es poco menos que imposible erradicarlos por completo.

Dentro de la clasificación de los desastres, los accidentes quedan comprendidos como riesgos de origen humano y en particular, encuadrados como fenómenos socio-organizativos⁸. En este grupo de fenómenos destructivos se encuentran aquellas manifestaciones del quehacer humano asociadas directamente con procesos del desarrollo económico, político, social y cultural de la sociedad, que se presentan como subproducto de la utilización de la energía dentro de la población durante la realización de sus diversas actividades cotidianas. Bajo este punto de vista, los accidentes son eventos no premeditados, que se presentan en forma súbita, alteran el curso regular de los acontecimientos, lesionan o causan la muerte a las personas y ocasionan daños a sus bienes y su

³ Gran Enciclopedia del Mundo, Tomo I, Editorial Marín, S.A., España, 1972, p. 1-110.

⁴ Dirección General de la Policía Federal de Caminos, Curso de Accidentes y Peritajes, México, 1995, p. 1.

⁵ Enciclopedia de México, Tomo I, Editorial Rand McNally, Estados Unidos de América, octubre de 1993, p. 60.

⁶ Ibid., p. 61.

⁷ K.W. Ogden, Safer Roads: a Guide to Road Safety Engineering, University Press, Cambridge, Inglaterra, 1996, p. 12.

⁸ Delgadillo Macías Javier, Desastres Naturales. Aspectos Sociales para su Prevención y Tratamiento en México, Ediciones Delegraf S.A. de C.V., México, 1996, p. 31.

entorno. Son originados por fallas humanas y técnicas en los sistemas operativos de los modos de transporte. Los accidentes terrestres se originan por causas atribuibles a los siguientes elementos: humanos (descuido, negligencia, imprudencia o ignorancia); mecánicos (defectos o desperfectos); y de las vías de comunicación (falta de señalamientos, objetos en el camino y mal estado o inadecuado diseño geométrico de las vías, entre otras causas)⁹.

Los impactos de los accidentes en el transporte se manifiestan y derivan principalmente en:

- a) Lesiones físicas y en ocasiones hasta la muerte de las personas.
- b) Destrucción o pérdida total de los bienes.
- c) Lesiones de tipo psicológico y afectación social de los involucrados.
- d) Pérdidas económicas y materiales.
- e) Retraso en el tránsito de personas y en el transporte o en el suministro de bienes y servicios.
- f) Destrucción o daños en las vías de comunicación.
- g) Encadenamiento de otras calamidades como incendios, explosiones, fugas tóxicas, etcétera.
- h) Daños ecológicos al lugar.
- i) Desquiciamiento y problemas sociales en el tránsito local.

Los accidentes terrestres no son predecibles. Esto significa que se desconoce el lugar y la hora en que pueden suceder, aunque, por eventos ya registrados en ciertos lugares y épocas del año, es posible determinar zonas de atención prioritaria. Las ciudades más densamente pobladas en el país, como el Distrito Federal, Guadalajara, Nezahualcóyotl, Monterrey y Puebla, y las que están en proceso de expansión económica, industrial y urbana, como es el caso de Santiago de Querétaro, se encuentran potencialmente expuestas a este tipo de problemas¹⁰.

1.2. Lesiones y defunciones originadas por los accidentes ferroviarios.

En forma genérica las dos fuerzas que intervienen durante los accidentes ferroviarios por choque son de dos tipos¹¹: las originadas por la desaceleración brutal por percusión contra un obstáculo y las originadas por la aceleración por eyección de un vehículo a gran velocidad.

Las fuerzas anteriores pueden originar tres tipos de lesiones:

1. Lesiones por colisión directa, con fracturas y hundimientos a nivel de los puntos de impacto.
2. Lesiones al forzar las curvaturas raquídeas, en la unión de las vértebras cervicales y dorsales, o a nivel del raquis lumbar¹².
3. Lesiones por conmoción o desprendimiento de las vísceras de sus cavidades.

Sin embargo, en la práctica, estas tres clases de lesiones van asociadas, y por lo general los heridos son politraumatizados, por lo que los lesionados pueden clasificarse como:

⁹ Delgadillo Macías Javier, *op. cit.*, p. 48.

¹⁰ *Ibid.*, p. 49, con modificaciones propias.

¹¹ Gran Enciclopedia Larousse, *op. cit.*, p. 72.

¹² Son lesiones de la columna vertebral; recordemos que las (7) vértebras cervicales se sitúan en la parte superior de la columna, abajo de éstas se localizan las (12) vértebras dorsales y en seguida se sitúan las (5) vértebras lumbares. En la parte inferior de la columna vertebral se localizan las (5) vértebras sacras y las (5) vértebras coccígeas. Fuente: Enciclopedia Autodidáctica Océano, Volumen 6, México, 1987, p. 1497.

- Heridos gravísimos, en estado de muerte inminente, con alteración profunda de las funciones vitales, que precisan de una reanimación de extrema urgencia.
- Heridos graves, que a pesar de presentar un estado de *shock* agudo, conservan las funciones orgánicas equilibradas, aunque siempre cabe temer que se agraven las lesiones.
- Heridos leves, que presentan lesiones más o menos importantes, pero cuya vida no está en peligro.

Las fuerzas que se ejercen sobre los órganos humanos son variables, pero casi siempre enormes, del orden de 10 toneladas para el cráneo de un conductor de 70 kg. sometido a una desaceleración de $160 g^{13}$. Durante una colisión, las desaceleraciones pueden variar desde 50 hasta 500 g.

El peligro de los traumatismos craneales es particularmente grande, a ellos se deben el 70% de las defunciones, por lo tanto es la parte del cuerpo que mayor atención requiere. Los traumatismos por proyección de la columna vertebral son muy frecuentes. Las contusiones torácicas graves son menos frecuentes, pero algunas formas como los aplastamientos de costillas, desgarrones pulmonares o traqueobronquiales, suelen ser mortales. Las hernias diafragmáticas rara vez resultan mortales, pero con frecuencia se ignora su existencia y con el tiempo pueden acarrear complicaciones. Debido a su propia blandura, el abdomen protege de lesiones directas a los órganos que encierra, pero son frecuentes y graves las lesiones por sacudidas o al reventar los órganos densos: hígado, bazo y riñones. El astillamiento de la pelvis puede ocasionar lesiones de los órganos genitourinarios. Las heridas y fracturas de las extremidades, tanto abiertas como cerradas, son muy frecuentes. Las heridas del rostro plantean problemas difíciles de cirugía plástica, sin contar las lesiones de los ojos, frecuentes y graves, que incluso pueden ocasionar la pérdida de la visión.

Cuando un tren en movimiento choca contra algún objeto sobre la vía, como puede ser otro tren o un autotransporte, se presenta lo que se conoce como *colisión primaria* o principal entre la locomotora y sus carros contra el otro tren o vehículo. El tren en movimiento, se desacelera debido a las fuerzas del impacto. Si el objeto contra el que colisiona el tren tiene una masa significativa, los pasajeros dentro de los coches del tren en movimiento continuarán moviéndose a la velocidad de pre-impacto, hasta que finalmente colisionan contra alguna parte del mobiliario interior del carro o contra otro pasajero. Estas colisiones interiores son conocidas como *colisiones secundarias* y son la causa principal de heridas severas durante el choque de un tren.

Los factores principales que controlan la severidad de las colisiones secundarias son: la velocidad relativa entre los ocupantes y la superficie contra la que chocan, y las características de esa

¹³ Aquí "g" es la aceleración de la gravedad al nivel del mar y a una latitud de 45°; también se le conoce como gravedad estándar "g_s" y es igual a una aceleración de 9.80660472 m/s^2 . Fuente: Claudio Mataix, *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*, Editorial Harla S.A., México, 1976, p. 30. La tolerancia humana a las aceleraciones ha sido investigada extensamente, en estos estudios la "tolerancia" se refiere al tiempo requerido para que un individuo pierda el conocimiento (desvanecimiento) bajo un aceleración dada. Para la mayoría de la gente, aceleraciones prolongadas mayores a 1.5-2 g son muy desagradables. Así, se ha encontrado que la tolerancia a la aceleración depende de su magnitud y de su dirección relativa respecto a la posición del individuo. La tolerancia de un individuo a aceleraciones frontales son del siguiente orden: una aceleración de 5 g tiene una tolerancia de 5 minutos, una aceleración de 10 g tiene una tolerancia de 0.3 minutos, una aceleración de 15 g tiene una tolerancia de 0.10 minutos y una aceleración de 20 g tiene una tolerancia de 0.05 minutos. Fuente: K.D. Wood, *Aircraft Design*, Volumen I, Johnson Publishing Company, E.U.A., 1968, pp. 112 y 113.

superficie. Por ello el diseño del interior de los coches de ferrocarril y de su mobiliario es de gran importancia para prevenir y reducir los efectos de las colisiones secundarias¹⁴.

En el *Transportation Test Center* (de Pueblo Colorado, en los Estados Unidos) de la *Federal Railroad Administration* (FRA) fue implementado un programa para determinar la forma en que ocurren los daños durante los accidentes por choque en los cruceros ferroviarios. Para ello, fueron utilizados vehículos automotrices y muñecos de prueba, adaptados con instrumentos especiales para medir las intensidades de las fuerzas que se crean, establecer las relaciones que existen entre los factores del impacto y los límites de tolerancia del cuerpo humano¹⁵. Este programa consideró los factores dinámicos referentes a las locomotoras y a los vehículos automotores, su interacción y sus probables movimientos internos. El programa consistió de cuatro pruebas con vehículos automotores idénticos, estas pruebas tenían como propósito obtener fotografías que cubrieran por completo el accidente, realizar estudios de las lesiones antropomórficas y además medir los parámetros cinemáticos tanto del tren como del automóvil. En las dos primeras pruebas el automóvil se encontraría colocado de tal forma que el tren lo golpearía en su parte central; en las dos últimas, el automóvil sería golpeado por la locomotora en la defensa izquierda. De esta forma se producirían dos diferentes tipos de choques: el primero, donde las probabilidades de que el vehículo girara eran mínimas y el segundo donde el vehículo al ser golpeado podría ser desviado y probablemente sería proyectado con gran fuerza por la locomotora fuera de la vía. Se efectuaron diversas modificaciones en la locomotora para manejarla a control remoto, y se logró un control muy preciso de su velocidad, usando las ocho posiciones normales del regulador y las cinco posiciones de los frenos.

En la primera prueba, sin instrumentos, el choque se produjo a 85 kilómetros por hora. El peso de la locomotora era de 130 toneladas, el peso del automóvil un poco más de dos toneladas, es decir aproximadamente el 1.5% del peso de la locomotora. En esta prueba el automóvil quedó pegado a la locomotora. Con las cámaras de alta velocidad se pudo observar que el acoplador de la locomotora se encajó casi por completo en el automóvil, antes de que ocurrieran movimientos importantes en éste. La parte delantera del automóvil quedó prácticamente desprendida, sostenida únicamente por la lámina de la defensa delantera, la parte frontal de la locomotora también quedó bastante deformada.

La segunda prueba, con la instrumentación completa, en condiciones idénticas para el choque, produjo resultados similares a los de la prueba anterior, el esparcimiento de las partes fue igual, incluso la forma en que se desprendió la parte delantera del auto fue muy similar, aunque el automóvil no quedó totalmente pegado a la locomotora. Las lesiones que podría recibir el ocupante del vehículo automotriz fueron evaluadas a través de los instrumentos colocados en el muñeco de prueba y en el propio automóvil. La gran deformación que sufrió el vehículo demostró que en ningún momento actuó como un cuerpo rígido. Las aceleraciones máximas se midieron en gravedades (g) y fueron registradas en diferentes partes del automóvil, se usó un cronómetro colocado en la esquina inferior del bastidor para registrar el tiempo en milisegundos. El patrón observado de las aceleraciones es una indicación gráfica de lo complicado de los choques y de las deformaciones estructurales. Dentro de la cabeza del muñeco se registraron aceleraciones de hasta 227 g, las cuales son definitivamente mortales.

¹⁴ Subhasish Chatterjee y Jhon F. Carney III, Passenger Train Crashworthiness-Primary Collisions, Transport Research Record No. 1531, National Academy Press, E.U.A., 1996, p. 1.

¹⁵ Carrasco Carmona Matias y Ramírez Ortiz Ismael, La Seguridad de los Cruceros a Nivel de los Ferrocarriles Nacionales de México, Temas Ferroviarios, Edición Especial II, México, 1991, pp. 14 a 20.

En la tercera prueba, como se mencionó antes, se hicieron los arreglos para que el impacto se realizara en la salpicadera delantera del automóvil, lo cual produciría fuerzas que lo harían girar, en lugar de pegarlo contra la locomotora. En la prueba, tal como se había previsto, el automóvil giró después de recibir el impacto, dejó huellas de pintura sobre el cilindro del freno de la locomotora y causó daños menores en la tapa del conjunto de cojinetes. Con la película de alta velocidad se pudo apreciar la secuencia del impacto, el automóvil salió disparado hacia la derecha, dio vueltas y quedó detenido sobre el costado derecho, aproximadamente a 28 metros del lugar del choque.

La cuarta y última prueba, fue similar a la anterior, pero con toda la instrumentación sobre la locomotora y el automóvil, los resultados fueron muy similares, aunque en este caso el automóvil se detuvo a 55 metros del lugar del impacto inicial. Las aceleraciones registradas en la cabeza del muñeco de prueba, excedieron con mucho los límites de tolerancia, aunque la relación aceleración-tiempo fue tan sólo la mitad que la presentada en el impacto sobre el centro del automóvil, tal como se realizó durante la primera prueba. El registro detallado de las aceleraciones mostró que éstas sobrepasaron las 60 g durante seis milisegundos, que es el doble del límite de sobrevivencia de los seres humanos.

Los resultados de estas pruebas han sido dados a conocer por la FRA, por otro lado diversos organismos han iniciado programas de investigación sobre la forma de disipar la energía en los impactos de trenes contra vehículos automotrices, pero aún no se alcanzan avances importantes a este respecto.

Las muertes originadas en los accidentes por choque en el autotransporte y en los ferrocarriles, comúnmente ocurren en tres períodos distintos¹⁶:

- Durante la colisión o pocos minutos después de ella. En este caso la muerte es comúnmente el resultado de daños severos en el cerebro, sistema nervioso central, corazón o en las arterias principales. Aproximadamente, el 50% de las muertes ocurren en este período. Sin embargo, esto ocurre en tan sólo alrededor del 5% de los accidentes. Hay muy poco que la ciencia médica puede hacer por este grupo.
- Durante el período de 1 a 2 horas después del accidente. En esta etapa las muertes resultan debidas a daños graves en cabeza, pecho o abdomen o por pérdida abundante de sangre. Alrededor del 35% de las muertes ocurren aquí, pero esto sólo se presenta en aproximadamente 15% de los accidentes. Los índices de incremento en la sobrevivencia son comúnmente el resultado de esfuerzos médicos tempranos y apropiados.
- Durante los primeros 30 días desde su ingreso al hospital. Las principales causas de defunciones son por: muerte cerebral, falla de órganos e infecciones. Aproximadamente, 15% de las muertes ocurren en esta última etapa. Hay poco que la ciencia médica pueda hacer para reducirlas en países desarrollados, pero se puede hacer una reducción significativa en los países en desarrollo.

En consecuencia el mayor impacto en defunciones, ocurre dentro de las dos primeras horas inmediatas después del accidente. Por lo que los programas de ayuda deben considerar este hecho. Las estrategias deben entonces incluir: entrenamiento de personal de hospitales en tratamiento de

¹⁶ K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 24 a 26.

pacientes traumatizados por accidente; comunicación efectiva para la notificación de accidentes, localización e identificación de su naturaleza; sistemas que aseguren una rápida respuesta de los servicios paramédicos; transporte eficiente de la víctima al hospital; y establecimiento de unidades especializadas en traumatismos y rehabilitación de los pacientes en los principales hospitales.

Este apartado ha mostrado algunos de los efectos de los accidentes en el transporte, las lesiones y defunciones originadas por ellos. Sirve para resaltar que se trata de un tópico complejo, importante y de un contexto muy amplio, en el cual profesionales de distintas disciplinas tienen una responsabilidad compartida.

1.3. Tamaño y naturaleza del problema.

El transporte es una actividad de riesgo inherente¹⁷ debido a que el movimiento crea energía cinética y en el caso de una colisión, el intercambio de energía puede dañar tanto a los humanos como a su medio¹⁸. El transporte, en particular el terrestre, es una de las actividades más riesgosas que el mundo actual enfrenta. Se ha estimado que en el ámbito mundial, más de 500 mil personas mueren y alrededor de 15 millones son heridas cada año como consecuencia de accidentes en el transporte terrestre¹⁹. En México las consecuencias de estos accidentes, producen anualmente más de 15 mil muertes y alrededor de 120 mil heridos²⁰. En nuestro país, de acuerdo a los datos oficiales²¹, el número de muertos como consecuencia de los accidentes ferroviarios es de aproximadamente un 4% del total de los accidentes terrestres. Por otro lado, análisis detallados de accidentes a nivel global indican que los índices de accidentes en países en desarrollo son mucho más altos que en los países industrializados. Además, mientras la situación en la mayoría de los países industrializados está mejorando en términos de la disminución del número de muertos así como del índice de accidentes, en muchos países en desarrollo, en años recientes, la situación ha venido empeorando²². También hay que señalar que los accidentes ferroviarios, en ocasiones, implican pérdidas económicas significativas debido a los elevados costos de los equipos tractivos y de la infraestructura que resultan dañados.

La importancia del ferrocarril dentro de la economía nacional reside en su gran potencial de generación de economías de escala en el transporte de grandes volúmenes de mercancías. Tiene además la característica de poder adaptarse a cualquier tipo de carga. Adicionalmente, tiene la ventaja de contar con un mejor rendimiento de combustible por tonelada-kilómetro de carga transportada en relación con otros modos de transporte. Así, por ejemplo, en 1993 el autotransporte empleó 15 veces más energía que el ferrocarril por tonelada-kilómetro transportada.

¹⁷ K.W. Ogden, *op. cit.*, p. 1.

¹⁸ La energía producida por el movimiento de un cuerpo está en función de su masa y del cuadrado de la velocidad a la que se desplaza (Energía cinética = $\frac{1}{2} \times \text{Masa} \times \text{Velocidad}^2$), es decir, es una función exponencial de su velocidad.

¹⁹ Ross Silcock Partnership, *Towards Safer Roads in Developing Countries*, Transport and Road Research Laboratory (TRRL) y Overseas Development Administration (ODA), primera edición, Inglaterra, 1991, pp. 2 y 3.

²⁰ Manuel Rodríguez Morales (Subsecretario de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes), periódico Noticias de Querétaro, del día 12 de septiembre de 1996, p. 1-A.

²¹ Sólo disponibles hasta mediados de los años ochentas, véase Tabla 1.1.

²² K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 5 a 9.

Además, el ferrocarril ha contribuido históricamente en el proceso de expansión industrial y comercial, en la integración territorial, y en la comunicación y urbanización del país²³.

El crecimiento urbano y del número de vehículos en muchos países en desarrollo ha conducido a incrementar los congestionamientos de tránsito en centros urbanos y ha aumentado los accidentes de tránsito en las redes de transporte terrestre, las cuales nunca fueron diseñadas para los volúmenes y tipos de tránsito que ahora están soportando. Además, el crecimiento urbano no planeado ha conducido a usos del suelo incompatibles con altos niveles de conflicto asentamientos humanos/derecho de vía. La corriente de movimiento de las áreas rurales a los centros urbanos a menudo resulta en un gran número de nuevos residentes urbanos, no acostumbrados a tan altos niveles de tránsito. Como resultado, ha habido un deterioro severo de las condiciones para la circulación de vehículos y un incremento significativo en los riesgos de esta actividad²⁴. En adición, los peligros inherentes han empeorado por un pobre mantenimiento de las vías férreas, intersecciones diseñadas inadecuadamente y por poca consideración para los peatones. Todo esto ha contribuido para que se presenten serios problemas de seguridad en las vías férreas.

1.4. Experiencias de los países más industrializados.

Los países industrializados han alcanzado un éxito considerable en acometer sus problemas de seguridad en el transporte terrestre en los últimos 30 años²⁵. Aunque las mejoras fueron alcanzadas a través de la aplicación de medidas para los accidentes en varios sectores, uno de los más consistentes éxitos se ha dado en el campo de la planeación de vías y carreteras y en la ingeniería de tránsito. Una gradual eliminación de los lugares más peligrosos en la red de transporte y la adopción de una conciencia de seguridad en el diseño y planeación de nuevas redes de transporte terrestre han contribuido grandemente a una mejora de la seguridad de tránsito. Aún cuando las soluciones eventuales pueden diferir, las aproximaciones y los métodos sistemáticos usados en países industrializados son fácilmente adaptables a los países en desarrollo.

En algunos aspectos los países en desarrollo son afortunados dado que sus redes de transporte están comúnmente en una primera etapa de desarrollo. También tienen la ventaja adicional de ser capaces de obtener la experiencia de los países desarrollados que ya han pasado a través de una etapa similar. La adopción de estrategias probadas por los países industrializados, tales como la eliminación de *tramos negros* y un diseño y planeación de mayor conciencia en seguridad de la red de transporte terrestre, ofrecen oportunidades sin paralelo para hacer mejoras significativas y duraderas. Desafortunadamente, muchos países en desarrollo continúan repitiendo los errores iniciales de los países industrializados.

Un factor que todos los países industrializados han encontrado de crucial importancia en sus esfuerzos para aumentar la seguridad, es la disponibilidad de datos estadísticos de accidentes, precisos y claros, de tal forma que el problema pueda ser adecuadamente definido y las medidas correctivas apropiadas puedan ser implementadas. Consecuentemente, antes de que los países en desarrollo puedan emular a los países industrializados es esencial que sean establecidos sistemas eficientes de adquisición de datos de accidentes.

²³ Jiménez Sánchez José E. y Mendoza Díaz Alberto, Evaluación Económica de Mejoras a la Infraestructura del Sistema Nacional Ferroviario, Publicación Técnica No. 82, IMT, México, 1996, p. 14.

²⁴ Ross Silcock Partnership, op.cit., p. 4, con modificaciones propias.

²⁵ Ibid., p. 5.

Para maximizar los resultados que la ingeniería puede tener sobre los problemas de seguridad es necesario aplicar medidas en varias etapas en el desarrollo de las redes de transporte. Mediante la incorporación de buenos principios de diseño desde el inicio, es posible evitar muchos problemas posteriores. Aún, cuando esto no se haya hecho inicialmente, podría hacerse (aunque a un costo mayor) mejorando las vías férreas existentes con la subsecuente introducción de medidas de seguridad.

También, es posible identificar secciones peligrosas en la red de transporte, de tal forma que las medidas correctivas adecuadas puedan ser emprendidas para reducir la probabilidad y severidad de los accidentes en aquellas localizaciones. Esto ha probado ser una de las formas más efectivas para mejorar la seguridad en países industrializados.

1.5. Interrelaciones entre el uso del suelo, transporte y seguridad en las redes de transporte ferroviario.

El uso del suelo y la planeación del transporte pueden tener efectos importantes sobre la seguridad de las redes de transporte ferroviario tanto en el corto como en el largo plazo. Estos factores no sólo crean las condiciones y el medio para el tránsito de hoy sino también imponen el marco dentro del cual el tránsito futuro, el cual puede ser mucho mayor, tendrá que operar. Es por lo tanto, esencial asegurar que todos los involucrados estén conscientes de las consecuencias de la seguridad en la red y de las implicaciones de sus propuestas, para así evitar que una planeación insensible origine problemas adicionales o riesgos a futuro²⁶. En muchos países en desarrollo, los profesionistas de diferentes dependencias gubernamentales a menudo trabajan independientemente unos de otros, a pesar del hecho de que sus respectivos trabajos inciden con otras actividades. Las responsabilidades en algunas áreas pueden traslaparse o duplicarse mientras que en otras instancias podría no existir responsable alguno. Es decir hay una falta de coordinación entre distintas dependencias de gobierno.

Es esencial que los encargados de la planeación del uso del suelo comprendan el tránsito y las implicaciones de seguridad en las propuestas, antes de que los esquemas se pongan en práctica. Esto debería ser hecho mediante la divulgación de sus planes y al comentarlos con sus colegas profesionales, responsables del tránsito y seguridad de las redes de transporte. Los planeadores deberían también usar listas de verificación, para asegurarse de que ningún aspecto importante que afecte la seguridad haya sido omitido inadvertidamente durante las etapas de planeación.

1.6. Acuerdos institucionales.

Para que los asuntos de seguridad en el transporte terrestre sean tratados con eficiencia y efectividad, es necesario contar con los fondos adecuados y con la capacidad de organización para coordinar y llevar a cabo las actividades de tal forma que el impacto de los esfuerzos individuales se maximice. Por consiguiente, la seguridad en el transporte terrestre debería, cuando sea factible, tener su propio presupuesto. Esto aseguraría que no hubiese demoras o interferencias en la implementación de mejoras urgentes en la seguridad y permitiría el establecimiento de procedimientos para consulta y verificación de esquemas propuestos²⁷.

²⁶ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, p. 6.

²⁷ *Ibid.*, p. 8.

Cabe señalar aquí que el Programa de Trabajo 1997 del Sector Comunicaciones y Transportes²⁸ asignó en su presupuesto de inversión pública para ese año un monto de 12,627.5 millones de pesos, de los cuales 8,804.7 millones de pesos (el 70% del presupuesto total) corresponden al subsector carretero y 1,294.7 millones de pesos (el 10% del presupuesto total) al subsector ferroviario. Estos dos montos representan el 80% de la inversión total, quedando los otros cuatro subsectores (aéreo, marítimo-portuario, comunicaciones y adquisiciones) con tan sólo el 20%. Esto señala la importancia actual, tanto política como económica de estos dos subsectores. Este mismo programa de trabajo señala las principales acciones a desarrollar en cuanto a seguridad en el transporte, destacando lógicamente las de los subsectores carretero y ferroviario. Algunas de estas acciones son:

- Mejorar la infraestructura mediante la atención de 774 puntos carreteros con alto índice de accidentes, en los cuales se rectificarán curvas y pendientes peligrosas, se mejorará la señalización en cruces carreteros y ferroviarios y se construirán pasos a desnivel en los tramos de mayor flujo vehicular.
- Continuar el fortalecimiento de los programas de capacitación y adiestramiento del personal técnico ferroviario y verificar rigurosamente el cumplimiento de los requisitos para la obtención de la licencia federal ferroviaria y de la certificación técnica.
- Vigilar el cumplimiento de los estándares de calidad del servicio ferroviario a través de programas de señalización, telecomunicaciones y modernización de la infraestructura que permitan que los niveles de seguridad y operación del servicio correspondan a los establecidos en los títulos de concesión.

Algunas áreas donde la seguridad del transporte ferroviario podría requerir mejoras en los países en desarrollo son²⁹:

- Análisis y recolección de datos de accidentes.
- Mejoras de ingeniería en vías férreas en tramos negros.
- Inspección y prueba de los equipos de arrastre, trabajo y tractivo.
- Entrenamiento y exámenes para los maquinistas.
- Educación vial para los niños.
- Publicidad y propaganda.
- Coacción de la Policía de Tránsito y de la Federal de Caminos.
- Investigación en seguridad del transporte ferroviario.
- Patrones de diseño de vías férreas y de tránsito.
- Servicios médicos de emergencia.
- Legislación de la seguridad del transporte ferroviario.

En años recientes el Banco Mundial y otras agencias de ayuda, han reconocido la importancia de tales actividades y ahora están más dispuestos a financiar estas mejoras y a asistir a los gobiernos en su lucha contra los problemas de seguridad en el transporte terrestre.

²⁸ Ver este Programa de Trabajo en el periódico "El Financiero", del día 22 de enero de 1997, pp. 32 y 33.

²⁹ Ross Silcock Partnership, op. cit., p. 8, con modificaciones propias.

La administración de la seguridad en el transporte terrestre es un gran reto. Los países han respondido a este reto en distintas formas. En años recientes algunos países como Inglaterra, los Países Bajos, Dinamarca, Australia y Nueva Zelanda han desarrollado estrategias coordinadas de seguridad nacional en el transporte, dirigidas a alcanzar objetivos específicos en la reducción de los accidentes y sus costos³⁰. Es claro que la resolución de tomar o no objetivos específicos en cada país es una cuestión de política interna, pero es importante apuntar que los más recientes y espectaculares resultados positivos en seguridad del transporte terrestre han ocurrido precisamente en aquellos países que han establecido objetivos específicos en la reducción de accidentes³¹.

Aquí cabe preguntarnos ¿sería recomendable para México instaurar como estrategia el establecimiento de objetivos específicos para la reducción de accidentes?

Como comentario adicional hay que mencionar que los Estados Unidos sorprendentemente no han adoptado el establecimiento de este tipo de objetivos específicos para el abatimiento de accidentes³².

1.7. Áreas de influencia de ingenieros y proyectistas.

El sistema de tránsito de los ferrocarriles, se puede considerar formado por tres elementos: el humano, el tren o cualquier vehículo sobre rieles y la vía férrea³³. Este sistema es inherentemente inestable y es mantenido en equilibrio sólo por la frecuente intervención del hombre, usualmente el maquinista de una locomotora, pero también puede ser un conductor de autotransporte o incluso un peatón. El conocimiento de las capacidades humanas y sus características de comportamiento son de vital importancia para las tareas de ingeniería de tránsito y son un requisito previo para comprender cómo el comportamiento humano puede ser inducido hacia pautas de mayor eficiencia y seguridad.

El ingeniero de tránsito tiene un papel vital para auxiliar a los usuarios de la red de transporte a que tomen las decisiones correctas al conducirse en ella. Por ello su función es la de ayudar a los usuarios a viajar con seguridad. Sin embargo, los usuarios de las redes de transporte ferroviario no tienen características homogéneas, por lo tanto se debe ser consciente de las necesidades de diseño para un rango de características y una distribución de respuestas³⁴. Aunque muchas organizaciones pueden tener influencia en la seguridad del transporte ferroviario, los ingenieros y proyectistas tiene un papel particularmente importante. Ellos crean la red de transporte y condicionan su medio circundante. Por lo tanto, ellos tienen una influencia fundamental sobre el comportamiento de los

³⁰ Un ejemplo de objetivo específico es el reducir en un 50% el número de muertes, como consecuencia de los accidentes ferroviarios para el año 2001 en relación con el año 1991. Todos los objetivos específicos están establecidos con base en investigaciones previas, que consideran de antemano el crecimiento del tránsito, y normalmente implican la aplicación de medidas de prevención de accidentes ya existentes y la introducción de otras nuevas. Comúnmente, los objetivos específicos están incluidos dentro de estrategias coordinadas de seguridad nacional en el transporte, las cuales a su vez se llevan a la práctica mediante planes de seguridad que involucran iniciativas específicas. K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 26, 27, 28 y 44, con modificaciones propias.

³¹ *Ibid.*, p. 30.

³² *Ibid.*, p. 26.

³³ *Ibid.*, p. 46.

³⁴ *Ibid.*, pp. 45 a 69.

conductores. Siempre que se confronta un sistema de tránsito, hay dos problemas básicos que un ingeniero o proyectista tienen que resolver, estos son³⁵:

- a) Adaptar las características humanas con el diseño del sistema. Los conductores tienden a sobrestimar sus propias habilidades y la capacidad de sus vehículos para reaccionar con suficiente tiempo para evitar problemas. Esta sobrestimación ha conducido a numerosos accidentes en cruces ferroviarios, normalmente fatales, debido a que los conductores de autotransporte muchas veces creen que pueden ganarle el paso a un tren que se aproxima al cruce.
- b) Ordenar tránsitos heterogéneos. Cualquier medida que simplifique la situación del tránsito mejorará su seguridad. Consecuentemente, será benéfica la segregación de los usuarios más vulnerables.

Para acometer los problemas de seguridad en forma efectiva por medio de la ingeniería, es necesario aplicar medidas en distintas etapas del desarrollo de la red de transporte. Las oportunidades de intervención de ingenieros y proyectistas en la seguridad de vías férreas puede resumirse como sigue³⁶:

- Planeación con principios de seguridad de las nuevas redes de transporte y de los nuevos desarrollos.
- Incorporación de las características de seguridad en la construcción de las nuevas vías.
- Mejora de los aspectos de seguridad de las vías existentes para evitar problemas futuros.
- Mejora en el conocimiento de localizaciones riesgosas en la red de transporte.

En cualquier red debido al desarrollo histórico de los sistemas de vías, los cuatro factores anteriores están necesariamente en uso al mismo tiempo. Estos, necesitarán ser aplicados continuamente debido al constante desarrollo de nuevas soluciones y aproximaciones y por el hecho de que las redes de transporte ferroviario y el tránsito están en una constante evolución. Este proceso puede ser denominado como “el proceso de planeación, diseño y operación segura de la red de transporte ferroviario”.

1.8. El proceso de planeación, diseño y operación segura de la red de transporte ferroviario.

El proceso de planeación, diseño y operación segura de la red de transporte ferroviario, es un proceso de exploración para prevenir los accidentes en las vías ferroviarias, las características clave de cada una de sus etapas son³⁷:

Planeación.

Tiene un profundo efecto sobre el nivel de seguridad y puede tener un mayor impacto en forma particular sobre los accidentes en peatones.

³⁵ Ross Silcock Partnership, op. cit., pp. 9 y 10, con modificaciones propias.

³⁶ Ibid., p. 10, con modificaciones propias.

³⁷ Ibid., p. 11.

Diseño geométrico.

Normalmente explora, dentro de las restricciones económicas, las posibilidades para asegurar uniformidad de alineamiento y niveles máximos de seguridad y comodidad para los usuarios de la vía. Los acuerdos y convenios son inevitables para alcanzar una solución aceptable en la que no todos los objetivos pueden ser cubiertos totalmente. Sin embargo, a menudo es posible mejorar marcadamente las características de seguridad con muy poco o nada de dinero extra, estipulando desde la etapa de diseño las características de seguridad de la vía.

Administración del tránsito.

La administración del tránsito ha sido desarrollada en los países industrializados para acometer los problemas de seguridad y de congestión en redes de transporte ya existentes. Aunque muchas de estas medidas de administración son orientadas principalmente a reducir los problemas de congestión o a mejorar la circulación del tránsito, hay algunos beneficios asociados en términos generales, con la seguridad en el tránsito.

Identificación sistemática y tratamiento de lugares peligrosos.

Esto ha probado ser exitoso en muchos países. Aunque las medidas usadas podrían ser diferentes para reflejar las diferentes circunstancias sociales, culturales y económicas del país afectado, los métodos sistemáticos y técnicas para identificar los puntos negros y analizar el problema son directamente transferibles a los países en desarrollo.

Desafortunadamente, en el pasado, en los países en desarrollo las vías fueron a menudo construidas con muy poca o ninguna consideración de las soluciones alternativas de seguridad de tránsito. Por ello, los ingenieros y proyectistas, en esos países, ahora tienen oportunidades considerables para intervenir en mejorar la seguridad en el transporte ferroviario.

1.9. El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y los accidentes ferroviarios.

En el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 se hace referencia al Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, del cual a continuación se mencionan puntos de interés en relación con los accidentes ferroviarios en México³⁸.

Los accidentes registrados en los diferentes modos de transporte representan la tercera causa de mortandad general. Por ello dentro de los objetivos del Sector Comunicaciones y Transportes se persigue contar con la infraestructura y los servicios de transporte y comunicaciones, con niveles de seguridad suficientes que permitan el tránsito de personas y bienes, a través de las vías generales de comunicación, con tranquilidad y confianza. En los albores del nuevo milenio, la eficiencia en el transporte estará condicionada a la existencia de niveles de seguridad que disminuyan sustancialmente los accidentes en sus distintas manifestaciones.

Los servicios de transporte, en sus diferentes modos, constituyen un elemento fundamental para promover el proceso de desarrollo económico y social. Ello sólo puede concretarse plenamente en la medida en que los niveles de seguridad permitan salvaguardar la vida humana y preservar el valor de los equipos y bienes transportados. En este orden de ideas, la responsabilidad del Sector Comunicaciones y Transportes en materia de prevención de accidentes se vincula con el

³⁸ Poder Ejecutivo Federal, Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, 1995-2000, México, 1996, pp. xi, xii, xiii, xv, xix, 72 a 80 y 83 a 86.

establecimiento de normas que garanticen el adecuado diseño de construcción, mantenimiento y señalización de la infraestructura, y la eficiente prestación de los servicios. Destaca también la realización de acciones de supervisión y vigilancia para su mejor uso, y la imposición de sanciones por las conductas que resulten violatorias de las normas correspondientes. Las consecuencias de los accidentes son lamentables, no sólo desde el punto de vista humano y social, sino también porque los daños generan grandes pérdidas materiales y económicas. Estos daños inciden en elevados costos de distribución y en el pago creciente de las primas de los seguros de transporte. De acuerdo con diversos estudios, el valor de las pérdidas por accidentes, asciende al uno por ciento del producto interno bruto. En los países de mayor desarrollo relativo, se han venido aplicando, desde hace muchos años y en forma sistemática, programas integrales de seguridad en el transporte que han permitido reducir considerablemente el número y la gravedad de los accidentes.

En México, la necesidad de mejorar la seguridad del sistema de transporte para que disminuyan los accidentes adquiere máxima prioridad. Sin embargo, persisten varios obstáculos que dificultan el logro de dicho propósito. Si bien se han realizado múltiples esfuerzos, las normas y acciones en materia de seguridad no responden todavía a una política integral que oriente el coordinado ejercicio de las funciones de las dependencias federales competentes ni han favorecido el establecimiento de mecanismos de apoyo a los gobiernos estatales y municipales para estos fines. Cabe señalar que parte de la infraestructura del transporte, sobre todo en materia de carreteras y vías férreas, no ha podido ser modernizada y presenta rezagos en su conservación y mantenimiento, así como en la señalización necesaria para incrementar los índices de seguridad. Tampoco se han tomado medidas adecuadas para investigar suficientemente las causas de los accidentes y su erradicación. Por otra parte, no ha habido continuidad en las campañas de seguridad ni en los programas de capacitación que se han emprendido y por ello no se ha creado una cultura de seguridad entre los conductores de vehículos.

Frente a la situación descrita y para lograr una mayor seguridad en el transporte se establecieron los siguientes objetivos:

- Contar con la infraestructura del transporte cuyas características favorezcan la integridad física tanto de las personas como de los bienes y vehículos.
- Mejorar las condiciones de seguridad de los servicios de transporte, para la prevención de accidentes.

Estos objetivos se lograrán mediante la aplicación de las siguientes estrategias:

- Actualizar el marco regulatorio y las normas técnicas con el fin de que la infraestructura y los servicios de transporte, en el contexto de un programa integral, brinden mayores niveles de seguridad.
- Promover el mejoramiento de la infraestructura, la capacitación de los operadores, la investigación de las causas de los accidentes y la emisión de recomendaciones para la prevención de los mismos.
- Establecer programas y campañas permanentes de carácter preventivo con la participación de los usuarios de los servicios que presta el Sector para propiciar mejores condiciones de seguridad en el sistema de transporte.

Las líneas de acción que se proponen a continuación, comprenden los aspectos relativos a la reducción de accidentes en materia de transporte ferroviario:

- Fortalecer programas de capacitación y adiestramiento al personal técnico ferroviario, en concordancia con los requisitos para la obtención de la licencia federal ferroviaria y a través de la certificación técnica correspondiente.
- Intensificar la inspección y vigilancia médica preventiva en el transporte ferroviario.
- Vigilar e inspeccionar que se cumpla con las disposiciones de seguridad del equipo tractivo y de arrastre de acuerdo a lo establecido en el reglamento y normas respectivas.
- Establecer en los títulos de concesión respectivos, estándares mínimos de calidad del servicio ferroviario a través de programas de señalización, telecomunicaciones y modernización de la infraestructura que incidan de manera directa en los niveles de seguridad en la operación del servicio.
- Vigilar estrictamente el cumplimiento de las disposiciones legales sobre la contratación y vigencia de los seguros correspondientes para cubrir los daños a los usuarios y sus bienes, así como a terceros.
- Establecer programas permanentes de vigilancia para preservar la seguridad de la vía general de comunicación, el servicio de transporte ferroviario, los pasajeros, la carga, las instalaciones y el equipo ferroviario, así como programas de emergencia para hacer frente a contingencias o siniestros.
- Fortalecer la reglamentación en materia de derecho de vía, que permita una operación eficiente y preserve la seguridad del servicio.
- Instrumentar programas que refuercen la seguridad operacional del transporte ferroviario, como lo son la colocación de barreras y semáforos en cruces a nivel.

1.10. Los accidentes ferroviarios en México.

Durante casi 18 años continuos, Ferrocarriles Nacionales de México hizo del conocimiento público las estadísticas relativas a los accidentes ferroviarios de toda la red nacional³⁹. Sin embargo, a partir de 1988 dejó de publicar este tipo de información.

En la Tabla 1.1. se muestran datos históricos de los ferrocarriles mexicanos en relación con los accidentes ferroviarios. En particular, se indica el total de accidentes por año y su distribución para cada uno de los tipos principales de accidentes, además se indican las consecuencias de los accidentes en términos de heridos y pérdidas humanas para el período 1970-1986. Es importante señalar que de los tres tipos de accidentes ferroviarios registrados en la Tabla 1.1., el predominante corresponde a los descarrilamientos, con una participación mayor al 60% (véase Figura 1.2.), le

³⁹ Los datos estadísticos de accidentes ferroviarios de toda la red nacional, para los años 1970 a 1986, y parcialmente para el año 1987, se pueden consultar en: Estadística Ferroviaria Nacional 1974, 1979, 1982 y 1987, S.C.T., Subsecretaría de Operación, Dirección General de Ferrocarriles, México 1976, 1980, 1984 y 1989 respectivamente.

siguen las colisiones con una participación de aproximadamente 27% y finalmente, para otros tipos de accidentes, se tiene una participación menor al 10%.

Tabla 1.1.

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO (AÑOS 1970-1986)						
AÑO	TIPOS DE ACCIDENTES			ACCIDENTES TOTALES	CONSECUENCIAS	
	COLISIONES	DESCARRILAMIENTOS	OTROS		MUERTOS	HERIDOS
1970	140	335	74	549	185	5421
1971	132	374	31	537	183	5203
1972	155	378	36	569	408	7448
1973	189	434	37	660	189	6533
1974	192	396	65	653	137	5512
1975	172	505	51	728	158	6117
1976	160	419	23	602	148	5915
1977	155	258	32	445	195	5037
1978	159	344	119	622	200	6511
1979	136	264	101	501	171	5177
1980	191	512	103	806	170	6873
1982	153	421	54	628	173	3484
1983	822	1953	48	2823	210	2940
1984	868	2173	22	3063	126	584
1985	772	1994	26	2792	144	1064
1986	807	2107	56	2970	212	557

Fuente: elaboración propia con base en Estadística Ferroviaria Nacional 1974, 1979 y 1982, S.C.T., Subsecretaría de Operación, Dirección General de Ferrocarriles, México 1976, 1980 y 1984 respectivamente.

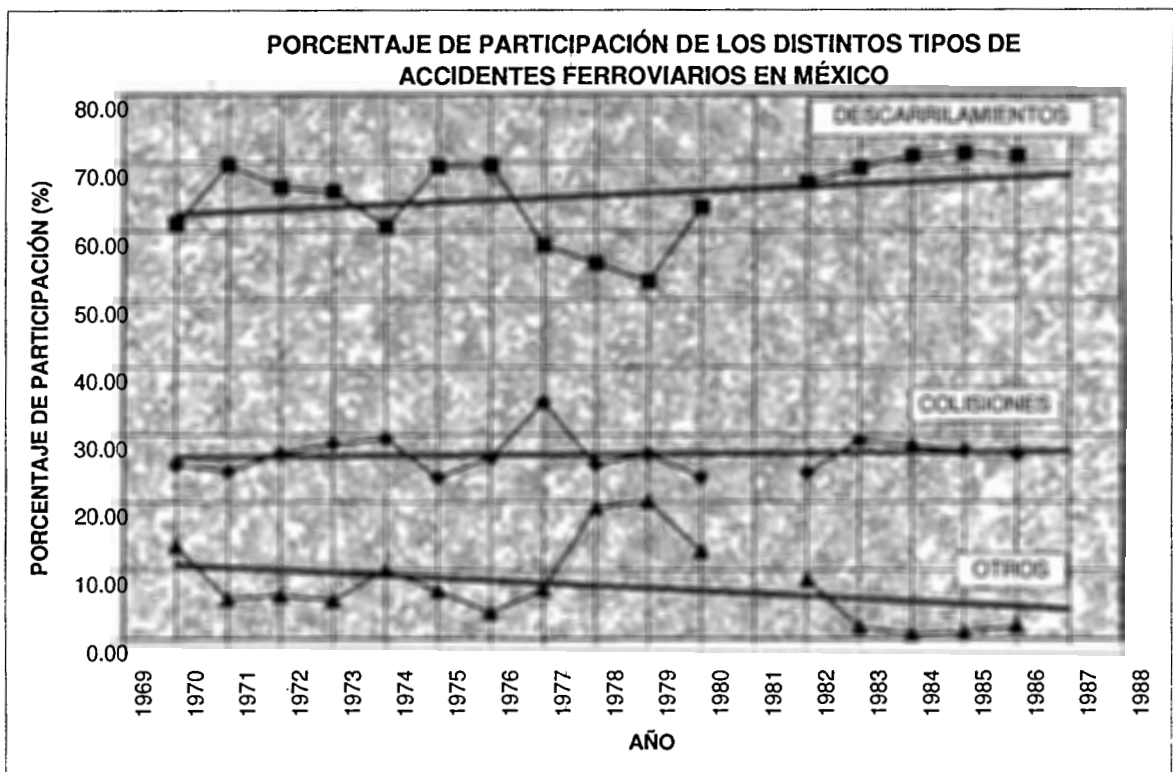
En la Tabla 1.2. se muestra el volumen de carga transportada por los ferrocarriles nacionales, el número de toneladas-kilómetro remolcadas, el número de pasajeros-kilómetro transportados por los trenes mexicanos, y el número total de accidentes ferroviarios por año en la red nacional, durante el período 1970-1996. Además, con base en esta información, en las tres últimas columnas de esta tabla se han calculado tres índices, el primero relaciona al número de accidentes con el número de toneladas-kilómetro remolcadas, el segundo relaciona al número de accidentes con el número de pasajeros-kilómetro transportados y el tercero relaciona al número de accidentes con el número de trenes-kilómetro⁴⁰. El primero de estos tres indicadores, como se verá adelante, es uno de los más significativos, los otros dos son indicadores complementarios.

Como se aprecia, el valor de las toneladas-kilómetro transportadas desde 1970 y hasta el año 1985 tuvo una tendencia a crecer (con excepción del año 1982), a partir de 1986 y hasta 1991 su tendencia fue a disminuir, pero a partir de 1992 ha tenido un crecimiento sostenido.

⁴⁰ Obsérvese en la última columna de la Tabla 1.2., cómo para el año 1993, el sistema ferroviario nacional presentó un índice de 92.14 accidentes/millón de trenes-kilómetro, el cual es un valor significativamente mayor al índice correspondiente para el autotransporte. Para el año 1993 éste tuvo un valor de 1.05 accidentes/millón de vehículos-kilómetro. Fuente: Chavarría Vega Jesús, Mendoza Díaz Alberto y Mayoral Grajeda Emilio, Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales, Publicación Técnica No. 89, Instituto Mexicano del Transporte, México, 1996, p. 25.

En relación con los pasajeros-kilómetro transportados en la red ferroviaria nacional desde el año 1970 y hasta 1990, este rubro ha tenido un valor más o menos uniforme con un promedio anual de 5,131 millones de pasajeros-kilómetro, pero a partir de 1991 este parámetro ha tendido a disminuir.

Por otro lado, en relación con el número de accidentes ferroviarios, se observa en la Tabla 1.2. que desde el año 1970 y hasta el año 1982 el número de accidentes ocurridos anualmente fue más o menos uniforme, con un promedio de 608 accidentes por año, sin embargo, a partir de 1983 y hasta 1996 el número de accidentes anuales se incrementó a un promedio de 2,759 accidentes por año. Este crecimiento repentino se hace evidente en la Figura 1.3., lo cual indica una importante discontinuidad de la tendencia del número de accidentes a través del tiempo⁴¹. Esta discontinuidad también se ve reflejada en los dos índices de accidentes que se muestran en las dos últimas columnas de la Tabla 1.2., por ello, el análisis siguiente sólo considera al periodo más reciente 1983-1996.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 1.1.

Figura 1.2.

En las Figuras 1.4. y 1.5. se muestran las correlaciones entre los dos índices de accidentes obtenidos en la Tabla 1.2. en relación con las toneladas-kilómetro remolcadas y los pasajeros-kilómetro transportados, para el periodo 1983-1996. En ambos casos, además se indican las curvas de tendencia que mejor se ajustan a los datos reales, obsérvese cómo en el caso de la Figura 1.5. se

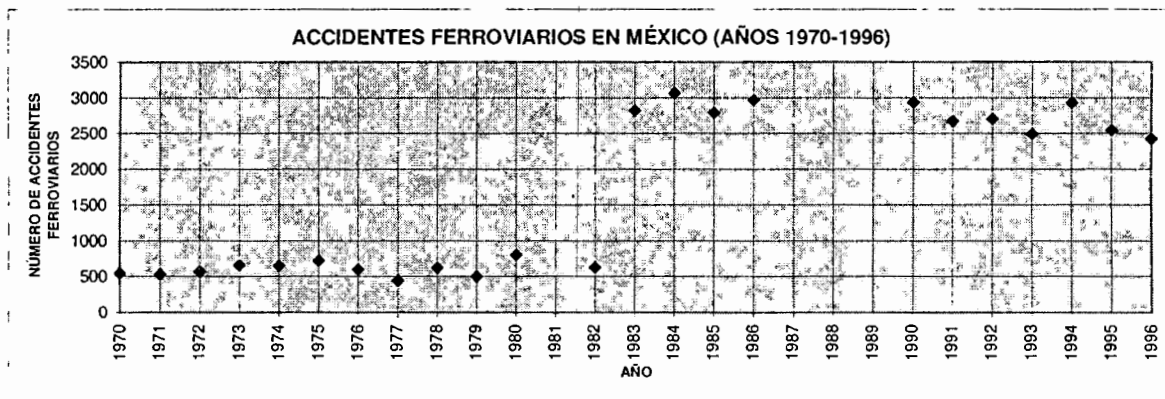
⁴¹ Este cambio abrupto en la tendencia del comportamiento del número de accidentes, aparentemente se debe a cambios en la definición de criterios para registrar los accidentes, más que a variaciones reales en el número de accidentes o a imprecisiones de los datos.

tiene un alto coeficiente de correlación. Para las dos correlaciones obtenidas, mientras mayor es el número de toneladas-kilómetro remolcadas o de pasajeros-kilómetro transportados, el índice de accidentes respectivo tiende a disminuir.

Tabla 1.2.

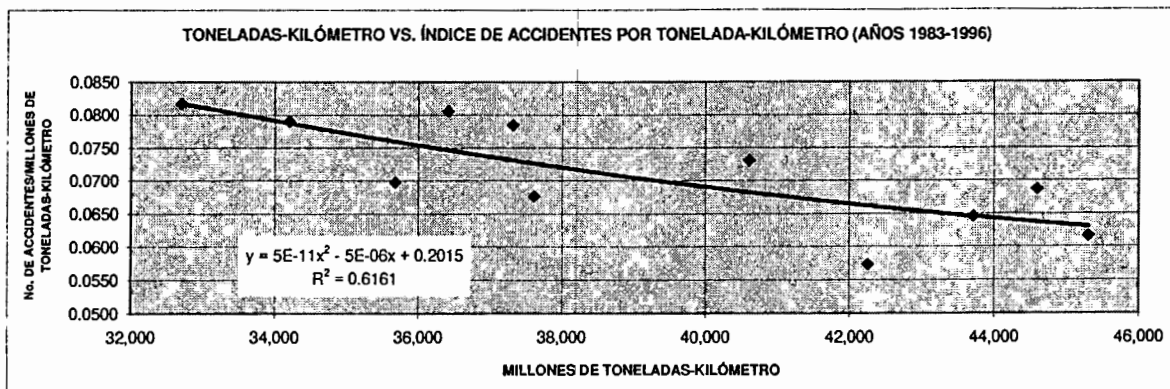
INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO (AÑOS 1970-1996)							
AÑO	TONELADAS DE CARGA REMOLCADAS POR LOS TRENES (MILES DE TONELADAS)	TONELADAS-KILÓMETRO REMOLCADO POR LOS TRENES (MILLONES DE TON.-KM.)	PASAJEROS- KILÓMETRO (MILLONES)	ACCIDENTES			
				TOTALES	ÍNDICE DE ACCIDENTES POR:		
					TONELADAS-KILÓMETRO (ACC./MILL.TON.-KM.)	PASAJEROS-KILÓMETRO (ACC./MILL.PAS.-KM.)	TRENES-KILÓMETRO (ACC./MILL.TRENES-KM.)
1970	41,379	22,595	4,529	549	0.0243	0.1212	32.07
1971	42,394	22,581	4,361	537	0.0238	0.1231	31.39
1972	44,830	23,821	4,484	569	0.0239	0.1269	31.53
1973	47,704	26,396	4,057	660	0.0250	0.1627	33.01
1974	55,469	31,318	4,116	653	0.0209	0.1586	27.52
1975	56,435	33,327	4,114	728	0.0218	0.1770	28.83
1976	55,228	33,549	4,058	602	0.0179	0.1483	23.69
1977	59,869	36,159	5,017	445	0.0123	0.0887	16.24
1978	60,679	36,413	5,327	622	0.0171	0.1168	22.55
1979	59,334	36,734	5,451	501	0.0136	0.0919	18.00
1980	60,592	41,330	5,295	806	0.0195	0.1522	25.74
1982	57,650	39,490	5,613	628	0.0159	0.1119	20.99
1983	62,570	43,718	5,997	2823	0.0646	0.4707	85.24
1984	64,119	44,592	5,951	3063	0.0687	0.5147	90.67
1985	63,721	45,307	6,015	2792	0.0616	0.4642	81.34
1986	57,216	40,605	5,870	2970	0.0731	0.5060	96.55
1990	50,960	36,417	5,336	2936	0.0806	0.5502	106.42
1991	46,405	32,698	4,686	2673	0.0817	0.5704	107.91
1992	48,705	34,197	4,794	2704	0.0791	0.5640	104.37
1993	50,377	35,672	3,219	2490	0.0698	0.7735	92.14
1994	52,052	37,314	1,855	2930	0.0785	1.5795	103.65
1995	52,480	37,613	1,899	2545	0.0677	1.3402	89.31
1996	58,800	42,262	1,799	2424	0.0574	1.3474	75.71

Fuente: elaboración propia con base en Estadística Ferroviaria Nacional 1974, 1979 y 1982, S.C.T., Subsecretaría de Operación, Dirección General de Ferrocarriles, México, 1976, 1980 y 1984 respectivamente; Ferrocarriles Nacionales de México, *Serie Estadísticas 1995*, México, 1996, pp. 23 y 55; Miranda Hernández Juan C., *Situación Actual de los Ferrocarriles Mexicanos*, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, pp. 10 y 12; y Uribe Escalante Juan J., Gerencia de Prevención de Accidentes, Ferrocarriles Nacionales de México, México, 1997. Para el índice de accidentes por tren-kilómetro, se consideró una carga promedio por tren de 1,320 toneladas, de acuerdo con Jiménez Sánchez J.E., et. al., *op. cit.*, p. 62.



Fuente: elaboración propia con base en Tabla 1.2.

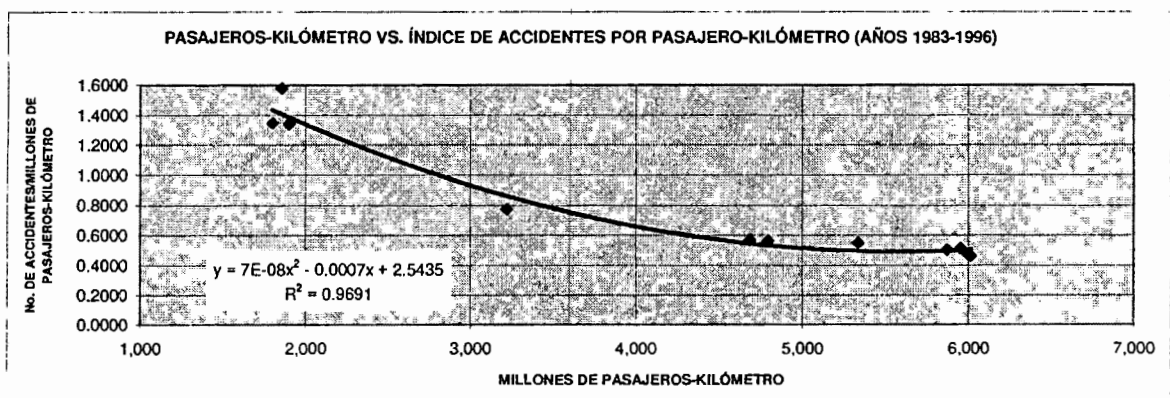
Figura 1.3.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 1.2.

Figura 1.4.

Obsérvese en la Tabla 1.2., cómo ha sido el comportamiento de estos dos índices durante el período 1983-1996. El índice de accidentes por tonelada-kilómetro desde el año 1983 y hasta el año 1991 tuvo una tendencia a aumentar, pero a partir de 1992 y hasta 1996 su tendencia ha sido a disminuir. En contraparte, el índice de accidentes por pasajero-kilómetro transportado ha tenido una tendencia general a aumentar, sobre todo a partir del año 1991. En este último caso, la tendencia a crecer se ha debido más que a un incremento del número de accidentes por año, a la tendencia a disminuir del número de pasajeros-kilómetro durante los últimos años.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 1.2.

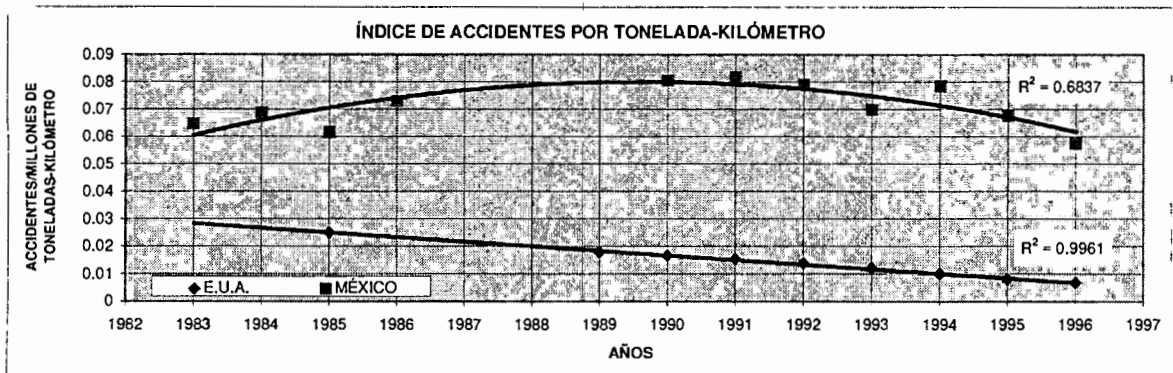
Figura 1.5.

Como marco de referencia del nivel de seguridad ferroviaria en nuestro país, resulta conveniente comparar el índice de accidentes por tonelada-kilómetro de nuestra red nacional con el mismo índice de un país altamente desarrollado tecnológicamente. Para ello, en la Tabla 1.3. se muestran con fines comparativos los datos de accidentes ferroviarios de los Estados Unidos. Con base en las Tablas 1.2. y 1.3. se elaboró la Figura 1.6., la cual muestra la tendencia de este índice durante los últimos años, tanto para México como para los Estados Unidos.

Tabla 1.3.

DATOS DE ACCIDENTES FERROVIARIOS EN LOS E.U.A.			
AÑO	No. TOTAL DE ACCIDENTES	TONELADAS-KILÓMETRO REMOLCADAS POR LOS TRENES (MILLONES DE TON.-KM.)	ÍNDICE DE ACCIDENTES POR TONELADA-KILÓMETRO (ACCIDENTES/MILL. DE TON.-KM.)
1980	63,663	1,478,860	0.04305
1985	35,340	1,411,320	0.02504
1989	29,269	1,631,500	0.01794
1990	27,707	1,664,010	0.01665
1991	25,911	1,671,900	0.01550
1992	23,849	1,716,800	0.01389
1993	21,730	1,785,190	0.01217
1994	19,455	1,932,280	0.01007
1995	16,779	2,101,260	0.00799
1996	15,074	2,182,210	0.00691

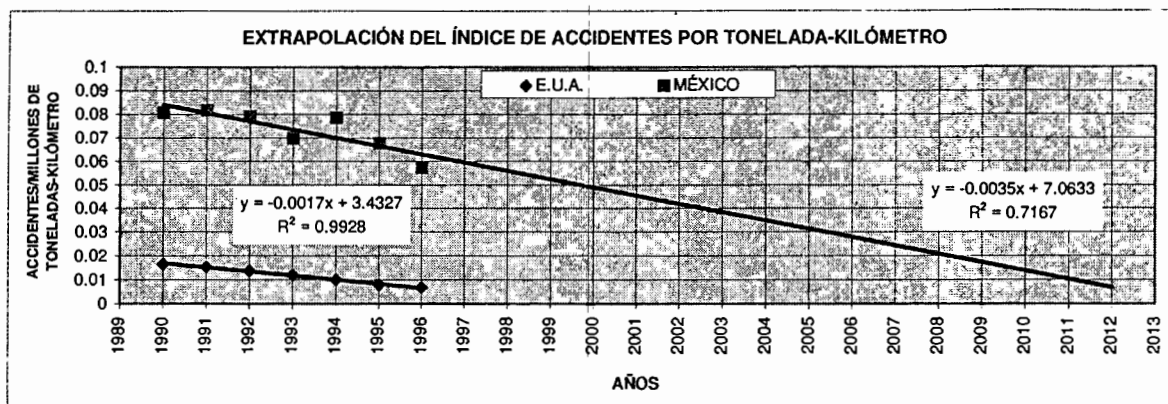
Fuente: elaboración propia con base en International Monetary Fund, *International Financial Statistics*, E.U.A., 1996, Railroads Summary, p. 649; y home page de la *Federal Railroad Administration Office of Safety*, E.U.A., 1998.



Fuente: elaboración propia con base en las Tablas 1.2. y 1.3.

Figura 1.6.

En relación con la Figura 1.6. destaca en primer lugar el comportamiento lineal descendente de la tendencia de este índice para los ferrocarriles de los Estados Unidos y el elevado coeficiente de correlación de la línea de tendencia obtenida. En cambio, la tendencia de este índice para los ferrocarriles mexicanos durante el periodo 1983-1996 ha sido a aumentar inicialmente (1983-1991) y posteriormente a disminuir (1991-1996), obsérvese además cómo el coeficiente de correlación de la línea de tendencia, en este caso, no es tan alto como el de la línea de tendencia de los Estados Unidos. En el año 1996 el índice de accidentes por tonelada-kilómetro para los ferrocarriles nacionales era 8.3 veces superior que el índice de los Estados Unidos. Una extrapolación de la tendencia de los índices anteriores indica que de seguirse presentando en el futuro las mismas condiciones de los años noventa, el nivel de seguridad de los ferrocarriles mexicanos reflejado por este índice, será muy semejante al que tenía Estados Unidos en el año 1996, hasta el año 2012 (véase Figura 1.7.). Sin embargo, si se implementan métodos sistemáticos para el abatimiento de los accidentes ferroviarios, se podrían alcanzar esos niveles de seguridad en un periodo más corto.



Fuente: elaboración propia con base en las Tablas 1.2. y 1.3.

Figura 1.7.

En la Tabla 1.4. se muestra el número de accidentes ferroviarios en la red nacional y el número de accidentes en el autotransporte en carreteras de jurisdicción federal durante el período 1990-1996. En la última columna de esta tabla se ha obtenido la relación entre el número de accidentes carreteros y el número de accidentes ferroviarios (N_{AC}/N_{AF}).

A diferencia de los accidentes carreteros los accidentes ferroviarios son menos frecuentes. En el ámbito nacional los accidentes ferroviarios son 23.8 veces menos frecuentes que los accidentes carreteros y también tienen menos efectos en cuanto a pérdidas humanas, en contraparte los accidentes ferroviarios implican elevados costos por daños materiales, debido a los elevados costos de los equipos tractivos que resultan dañados como consecuencia de los accidentes.

Aunque en el transporte ferroviario los accidentes son menos frecuentes que en relación con el autotransporte, esto no quiere decir necesariamente que en cuanto a seguridad el transporte por ferrocarril sea mejor que el autotransporte. Un parámetro que sirva para comparar distintos modos de transporte en relación con la seguridad, no debe considerar solamente el número de accidentes, sino más bien el costo de los mismos, además de la cantidad de carga transportada y la distancia recorrida por ésta. Esta reflexión nos lleva a proponer la obtención de un índice que resulte del cociente del costo anual de accidentes para cierto modo de transporte, entre las toneladas-kilómetro movidas anualmente por dicho modo.

Tabla 1.4.

AÑO	N_{AF} Número de accidentes ferroviarios	N_{AC} Número de accidentes carreteros	N_{AC}/N_{AF}
1990	2,936	65,001	22.14
1991	2,673	68,078	25.47
1992	2,704	66,728	24.68
1993	2,490	63,974	25.70
1994	2,930	65,064	22.20
1995	2,545	57,481	22.59
1996	2,424	58,156	23.99

Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 1.2. y S.C.T., Subsecretaría de Transporte, Accidentes y Asaltos en Caminos y Puentes Federales 1996, México, 1997, p. 11.

La obtención de este índice, permitiría obtener un panorama relativo más adecuado para la comparación de la seguridad de distintos modos de transporte. Para ejemplificar lo anterior consideremos al año 1995. De acuerdo con las cifras de la Tabla 1.4. en ese año se presentaron 57,481 accidentes en la red federal de carreteras de México; algunos estudios señalan que en el 46.5 % de los accidentes en carreteras federales se ven involucrados vehículos de transporte de carga⁴² (camiones sencillos y articulados), es decir, para el año 1995 se tuvieron cerca de 27,000 accidentes que involucraron vehículos de carga. Si esta cifra se divide entre las cerca de 257,000 millones de toneladas-kilómetro movidas por el autotransporte⁴³ en ese mismo año, se obtiene un índice de 0.1050 accidentes/millón de toneladas-kilómetro para este modo de transporte. Este mismo índice es de 0.0677 para el ferrocarril (véase Tabla 1.2.). La comparación de los índices anteriores indica que el autotransporte es 55% más peligroso que el ferrocarril. Sin embargo, si los índices anteriores se multiplican por el costo unitario respectivo de los accidentes para cada modo de transporte (14,000 dólares/accidente para el autotransporte⁴⁴ y 300,000 dólares/accidente para el ferrocarril⁴⁵), el índice del costo de accidentes por tonelada-kilómetro para el ferrocarril resulta de 20,310 dólares/millón de tonelada-kilómetro y de 1,470 dólares/millón de toneladas-kilómetro para el autotransporte, es decir, el índice del costo de accidentes por tonelada-kilómetro para el ferrocarril es aproximadamente 14 veces mayor que el del autotransporte.

1.11. Los seguros y la seguridad ferroviaria.

El traslado de la carga por ferrocarril, o por cualquier otro modo de transporte, supone un cierto número de riesgos de distinto tipo: mecánicos, climáticos, por manipuleo o almacenamiento, hurto, vandalismo, incendio, contaminación, etcétera. Además la carga puede verse afectada también por huelgas, manifestaciones, guerra civil, etcétera. De forma similar el equipo ferroviario y su infraestructura están expuestos a riesgos.

Para protegerse de estos riesgos son usados los seguros. El aseguramiento significa transferir por parte del *asegurado*, los riesgos a que están expuestos sus bienes a una compañía de seguros, la cual se compromete a pagar, en caso de siniestro, el monto de la pérdida y como contrapartida el asegurado pagará una suma de dinero llamada *prima*⁴⁶. La relación legal entre el asegurado y el asegurador está regida por las condiciones que estipula el contrato de seguro⁴⁷.

Los riesgos pueden deberse a *causas fortuitas* (por ejemplo obstáculos en las vías, ignición espontánea de la carga, falla de materiales, etcétera) o *previsibles* (son riesgos que se pueden evitar generalmente, mediante la adopción de prácticas adecuadas en el manejo de la carga, especialmente cuando se utilizan contenedores, y mediante medidas de protección del medio)⁴⁸.

⁴² Chavarría Vega Jesús, et. al., *op. cit.*, pp. 29 y 31.

⁴³ Gil Anaya Claudia Z., *Modelación de los Flujos Ferroviarios Nacionales de Carga*, México, 1997, Tabla 3.13., p. 117.

⁴⁴ Chavarría Vega Jesús, et. al., *op. cit.*, p. 153.

⁴⁵ Valor estimado con base en los datos disponibles.

⁴⁶ López Zavala Jesús, *Medios de Transporte Internacional*, BANCOMEXT, México, 1995, pp. 42 y 43.

⁴⁷ Ruibal Handabaka Alberto, *Gestión Logística de la Distribución Física Internacional*, Grupo Editorial Norma, Colombia, 1994, p. 293.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 294.

El rubro asegurado puede ser la carga transportada y/o los vehículos de transporte. En cuanto a la cobertura, ésta puede ser contra todo riesgo (cubre daños y pérdidas incluyendo el robo) o contra accidentes predeterminados (por ejemplo contra incendios, colisiones, volcamientos, etcétera)⁴⁹.

El costo de la póliza lo determina la compañía aseguradora, apoyándose en los datos proporcionados por el cliente y en su experiencia en el ramo⁵⁰. Cabe destacar que el costo de aseguramiento de la carga para el modo ferroviario es el más barato de los distintos modos de transporte⁵¹. Aunque el riesgo y la cobertura constituyen los elementos que más inciden sobre la determinación del costo de la prima del seguro de la carga, también depende de los siguientes factores: tipo y naturaleza de la carga (fragilidad, peligrosidad, carga suelta o unitarizada, etcétera), preparación de la carga (embalaje, marcado, etcétera), manipuleo y estiba (tipo de equipo usado para el embarque y estiba de la carga), ruta y transbordos (regiones, condiciones climáticas, etcétera) e historial de siniestralidad del cliente (desempeño y experiencia)⁵².

Los riesgos de guerra, huelga y otros similares son objeto de acuerdos especiales, adicionales a la póliza principal⁵³.

En México de acuerdo a la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario⁵⁴, los concesionarios del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros, deben adoptar medidas suficientes para garantizar la seguridad e integridad de los pasajeros durante el trayecto de su viaje, desde que aborden hasta que descendan del tren; y además deben responder a los usuarios por los daños que sufran en su persona o equipaje en la prestación del servicio. Para ello, los concesionarios deben proporcionar a los pasajeros un seguro que ampare los daños que se les pudiera ocasionar (artículo 50). El Reglamento del Servicio Ferroviario⁵⁵ (artículos 176 y 178), establece que los riesgos mínimos que debe cubrir este seguro son: muerte, gastos funerarios, atención médica a los lesionados (asistencia médica y quirúrgica, rehabilitación, hospitalización, medicamentos y material de curación, y aparatos de prótesis y ortopedia), incapacidades (temporal o permanente parcial o total), y pérdida, robo o avería del equipaje (registrado y de mano).

Por otro lado, los concesionarios del servicio público de transporte ferroviario de carga son responsables de las pérdidas y daños que sufran los bienes o productos que transportan, desde el momento en que reciban la carga hasta que la entreguen a su destinatario⁵⁶. Cuando el usuario del

⁴⁹ Ruibal Handabaka Alberto, *op.cit.*, pp. 296, 297 y 301.

⁵⁰ En el comercio internacional se ha establecido comúnmente que el costo del seguro sea de 8 al millar (0.8%) del valor de la carga asegurada. En cuanto a sus límites superior e inferior, es poco frecuente que una prima de seguros esté por debajo del 2 al millar (0.2%) y también es muy raro que una prima de seguro sobrepase el 2%. Referencia: Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, *Manual de Distribución Física de las Mercancías para la Exportación*, Suiza, 1988, p. 106.

⁵¹ López Zavala J., *op. cit.*, p. 44.

⁵² Ruibal Handabaka Alberto, *op. cit.*, p. 308 a 311.

⁵³ Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, *op. cit.*, p. 117.

⁵⁴ Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 12 de mayo de 1995.

⁵⁵ Publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 30 de septiembre de 1996.

⁵⁶ Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, *op. cit.*, artículo 51.

servicio no declare el valor de la mercancía, la responsabilidad quedará limitada a la cantidad equivalente a 15 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal por tonelada de carga transportada o la parte proporcional⁵⁷. En caso de que el usuario pretenda que la indemnización cubra el importe total del valor de la carga (cuando se trate de pérdida o daño total), deberá manifestar al concesionario en el momento de contratar el servicio dicho importe y cubrir el cargo adicional que corresponda al costo del seguro respectivo⁵⁸.

La Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario (artículo 53) también establece que es obligación de los concesionarios del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros o de carga, garantizar el pago de indemnizaciones por los daños que pudieran ocasionarse a terceros en sus personas y en sus bienes, a las vías generales de comunicación y cualquier otro daño que pudiera generarse por el equipo o por la carga, mediante la contratación de seguros que cubran íntegramente los riesgos antes señalados⁵⁹.

Por su parte el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos⁶⁰ establece que los transportistas ferroviarios de materiales o residuos peligrosos, deberán contratar un seguro que ampare los daños que puedan ocasionarse a terceros en sus bienes y personas, ambiente, vías generales de comunicación y cualquier otro daño que pudiera generarse por la carga en caso de accidente. El seguro deberá amparar el traslado de la carga desde el momento en que se salga de las instalaciones del expedidor o generador hasta que se reciba en las instalaciones señaladas como destino final. El pago de la prima de este seguro será por cuenta del usuario, salvo pacto en contrario⁶¹.

Finalmente, en relación con los seguros de los vehículos de transporte, cabe señalar que Ferrocarriles Nacionales de México tiene aseguradas sus locomotoras contra accidentes, con una cobertura completa⁶².

⁵⁷ Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, op. cit., artículo 52.

⁵⁸ Reglamento del Servicio Ferroviario, op. cit., artículo 183.

⁵⁹ Ibid., artículo 188.

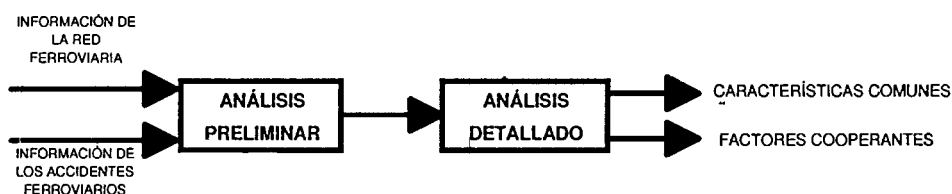
⁶⁰ Publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 7 de abril de 1993, artículos 109 y 110.

⁶¹ Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, op. cit., artículo 53.

⁶² De acuerdo a declaraciones del Director General de FNM, Luis Antonio De Pablo Serna. Referencia: periódico Diario de Querétaro del día 12 de agosto de 1995, p. 4-G.

2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS.

En este capítulo, se establece el método de análisis propuesto para los accidentes ferroviarios. Como se verá, éste consiste de dos etapas; la primera es un análisis preliminar y la segunda, un análisis detallado. Los insumos requeridos para iniciar el análisis son la información de la red y de los accidentes ferroviarios. Como resultado de este análisis se obtienen las características comunes y los factores cooperantes de los accidentes. En la figura siguiente se esquematiza el método propuesto de análisis de accidentes.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.1. Método de análisis de los accidentes ferroviarios.

2.1. Datos estadísticos de los accidentes y sus limitaciones.

Para aquéllos que lleven a cabo investigaciones y diseños de medidas de seguridad ferroviaria, son esenciales los datos estadísticos de los accidentes ferroviarios. Además, para que tengan valor los reportes de accidentes, es esencial que incluyan la localización geográfica precisa del accidente, información básica que lo describa, datos de las víctimas, circunstancias que lo ocasionaron, y un resumen informativo en relación con la vía donde se presentó el accidente.

El rápido desarrollo de las microcomputadoras en años recientes y la disminución de sus costos, las hace atractivas para usarlas en el almacenamiento y análisis de datos de accidentes⁶³. La interpretación de los datos estadísticos de accidentes puede conducir a una mejor comprensión de los problemas operacionales, por ello su interpretación es un requisito previo para el diagnóstico preciso de problemas de accidentes que sirva de ayuda en el desarrollo de medidas correctivas y permita evaluar la efectividad de los programas de seguridad⁶⁴.

Los métodos tradicionales de recolección de datos involucran que, por ejemplo, el encargado del informe de accidentes ferroviarios llene una forma estándar. Sin embargo, un nuevo conjunto de tecnologías para la captura de datos están en proceso de ser desarrollados y es probable que se incremente su uso en el futuro cercano. Este conjunto de tecnologías incluye⁶⁵:

⁶³ El Laboratorio inglés de Investigación de Caminos y del Transporte (TRRL), ha desarrollado un paquete de análisis de accidentes para microcomputadoras (MAAP, por sus siglas *Microcomputer Accident Analysis Package*) especialmente para ser usado en países en desarrollo. Este paquete está disponible en versiones en inglés, francés, español, árabe, chino y otros más. Está diseñado principalmente para su uso a nivel local o regional, con personal que tenga muy poca o ninguna experiencia previa en computadoras. Actualmente, este sistema es usado en muchos países. Es particularmente útil en el proceso de identificación de tramos negros y en el análisis de accidentes. Para más detalles ver Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, pp. 203 a 205.

⁶⁴ K.W. Ogden, *op. cit.*, p. 69.

⁶⁵ *Ibid.*, pp. 76 y 77.

- Uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) o de sistemas de navegación satelital, para la determinación y reporte preciso de la localización de los accidentes.
- Uso de sistemas de información geográfica (SIG) para registrar la localización de accidentes⁶⁶.
- Uso de formas de reportes de accidentes de barrido (*scannable*) para minimizar los costos y errores de captura.
- Uso de computadoras *laptop*, con programas diseñados especialmente para la captura de los datos de accidentes.

Un ejemplo concreto de la aplicación de los SIG para el análisis de seguridad en el transporte ferroviario es el “Sistema de Información Geográfica para Análisis de Seguridad en Cruceros a Nivel de Ferrocarril”, el cual fue desarrollado en años recientes en los Estados Unidos⁶⁷. Su objetivo principal fue el desarrollar un sistema integrado que finalmente obtuviera una reducción de los accidentes ferroviarios en los cruceros a nivel, mediante un mejor acceso y manejo de la información de datos asociados con la seguridad de los cruceros ferroviarios. Esto involucró el desarrollo de un SIG para la visualización y el análisis espacial de los datos de seguridad y de las medidas correctivas; la incorporación de un programa para obtener un indicador de los accidentes potenciales, usando para ello un modelo de predicción; y por último el desarrollo de un sistema experto, que soportado con los conocimientos de especialistas en este tipo de accidentes, serviría para modificar y dar jerarquía al indicador de los accidentes potenciales y así poder sugerir las medidas a tomar en cada crucero en particular, con el objeto de mejorar su seguridad. Los beneficios de este trabajo son la automatización y el manejo eficiente de grandes cantidades de datos, lo cual se encuentra comúnmente en los programas de administración de cruceros en entidades extensas de los Estados Unidos. Los beneficios globales de este sistema, no son solamente el resultado de un mejor análisis y capacidad de visualización debidos al SIG, sino también de la incorporación de un mecanismo de soporte de decisiones dentro del propio sistema.

Limitaciones de los datos estadísticos.

Las limitaciones que se pueden tener en cuanto a los datos de accidentes son⁶⁸:

- Reportes incompletos. Esto se presenta cuando no son registrados todos los accidentes o algunos de sus factores, lo cual distorsiona la situación real de los accidentes, no sólo numéricamente sino también en relación con su naturaleza y por lo tanto en la asignación de recursos para su solución. Esta situación significa que los datos están truncados y que el analista puede llegar a una conclusión engañosa. Desafortunadamente, esta situación es común en lo que respecta al registro de información relativa a factores humanos, por ejemplo, la presencia de alcohol o drogas en los conductores y también de factores de características de la vía.

⁶⁶ En México y en particular en el Instituto Mexicano del Transporte, ya se tiene identificada como propuesta de aplicación de los SIG al transporte su uso para el análisis de accidentes y estudios de prevención. Ver Backhoff Pohls M.A. y García Ortega G., Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte, Publicación Técnica No. 32, IMT, México, 1992, pp. 35 y 39.

⁶⁷ Sriram Panchanathan y Ardeshir Faghri, Knowledge-Based Geographic Information System for Safety Analysis at Rail-Highway Grade Crossings, Transportation Research Record No. 1497, Estados Unidos, 1995, pp. 91 a 100.

⁶⁸ K.W. Ogden, op. cit., pp. 93 a 95, con modificaciones propias.

- Errores de codificación. Estos pueden ocurrir durante el proceso de captura del formato del reporte a la base de datos de la computadora terminal. Este tipo de errores son difíciles de estimar pero se considera que generalmente están presentes en alrededor del 5% de los archivos y no son identificados a menos que se detecten cuando los datos son usados para investigaciones detalladas de accidentes en sitios específicos.
- Errores de localización. La localización de un accidente puede fácilmente ser incorrecta o imprecisa en la forma del reporte original, por lo que así quedará registrada en la base de datos, resultando en inconsistencias o imprecisiones del historial de accidentes de un lugar específico.
- Discontinuidades. Las definiciones e interpretaciones de los datos pueden cambiar con el tiempo para los responsables de codificar y registrar. Por lo que los datos entre estos dos períodos no deben ser comparados, sin embargo, algunos analistas pueden desatender la presencia de la discontinuidad y obtener conclusiones incorrectas. De hecho los analistas deben tener especial cuidado de indagar cuando observen tales discontinuidades. Un cambio abrupto en las características de los accidentes en un lugar, debe conducir a los analistas a indagar en relación con discontinuidades u otras imprecisiones de los datos.
- Demoras. Las agencias responsables del procesamiento de los datos pueden no tener los suficientes recursos y como resultado podrían requerir varios meses para que el informe esté disponible para su análisis. Esto significa que las medidas desarrolladas estarán respondiendo a tendencias de accidentes que pueden no coincidir con las actuales.
- Problemas ocultos. La implicación asumida, de que la base de datos de los accidentes es un buen indicador de los problemas de seguridad en la vía es generalmente verdadera. Sin embargo, pueden estar ocultándose algunos problemas, por ejemplo, si los peatones y los conductores del autotransporte evitan pasar por un cruce ferroviario debido a que lo perciben como riesgoso, en este caso, el resultado de la inseguridad ha resultado en la falta de datos de la ocurrencia de accidentes en ese lugar, y por ello dicha localización no será detectada como peligrosa mediante los datos estadísticos, por lo que tampoco recibirá ninguna atención para tratar de corregir el problema.

2.2. Identificación de los tramos negros.

Los ingenieros del transporte terrestre generalmente saben que hay una tendencia de los accidentes a agruparse en ciertas localizaciones⁶⁹ y en determinadas temporadas. Comúnmente a estos lugares se les llama “puntos negros”, sin embargo debido a que realmente esta agrupación no es puntual sino que abarca cierta longitud aquí les llamaremos “tramos negros”. El proceso directo de representar los accidentes en mapas o en gráficas los hace evidentes, por ello este método permanece como un importante medio de identificar los tramos negros de accidentes en muchos países. Para esto, son esenciales tanto una precisión razonable de la localización de los accidentes como unos registros completos de ellos.

Las investigaciones han demostrado que el número de accidentes en un sitio en particular variará considerablemente de un año a otro, aunque no haya cambios en el tránsito o en el diseño de la vía. El análisis de accidentes de un conjunto de tramos ferroviarios debe ser hecho con respecto a un período de tiempo fijo, comúnmente de un año. Aún así, los datos de un sólo año estarán sujetos a

⁶⁹ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, pp. 136 y 137.

considerables variaciones estadísticas. Idealmente, son requeridos datos de varios años. Tres años es considerado generalmente como un período práctico mínimo, para una análisis de razonable confiabilidad.

La severidad de los accidentes debe también ser tomada en cuenta, ya que por ejemplo los accidentes con muertos y heridos graves son más costosos, en términos tanto sociales como económicos. Si una investigación minuciosa ha sido conducida para identificar los costos de los accidentes de diferentes tipos y con distintas severidades, entonces sus costos pueden ser ponderados en forma relativa. De este modo, si por ejemplo un accidente mortal tiene un costo para la sociedad 20 veces mayor que uno con heridos, entonces éste puede ser contabilizado como un accidente con 20 unidades. El usar este tipo de ponderación, tiene sin embargo la desventaja de que unos cuantos accidentes fatales aleatorios, pueden algunas veces dominar todo el análisis de un gran tramo ferroviario. En forma alternativa, si tal información de costos no es disponible, una ponderación cualitativa puede ser aplicada. Por ejemplo, en Corea del Sur y en Trinidad y Tobago, para esta ponderación cualitativa, son usados lo que se conoce como los Números de Accidente Equivalente (NAE). Para propósitos de rango inicial se les asigna un valor, que es del siguiente orden: doce para accidentes fatales, tres para accidentes con heridos y uno para accidentes con sólo daños materiales. Una calificación de NAE puede ser así adjudicada para cada sitio, basándose en la suma de los valores de los NAE. Esto permite hacer comparaciones entre los distintos sitios. Se debe tener cuidado al elegir los sitios donde las acciones correctivas serán más efectivas. Por ejemplo, el tratamiento de un sitio que tenga tres accidentes con heridos ($NAE = 3 \times 3 = 9$) y tres accidentes con sólo daños materiales ($NAE = 3 \times 1 = 3$), originados por causas similares (lo cual produce un $NAE = 9 + 3 = 12$), es muy probable que sea más exitoso en su tratamiento que un sólo lugar con el mismo NAE, que consista de un único accidente fatal ($NAE = 12$).

Cuando sea posible, los efectos del volumen de tránsito también deben ser considerados. Generalmente, un mayor tránsito produce un mayor número de accidentes. Si los valores de las toneladas-kilómetro que circulan por las vías férreas están disponibles, se puede obtener un indicador relativo importante, el índice de accidentes por tonelada-kilómetro transportada. Este índice puede servir para comparar distintos tramos ferroviarios, en términos de los accidentes que se producen en relación con la carga transportada y la distancia recorrida por ella. Los datos del flujo de tránsito son raramente disponibles en suficiente cantidad o precisión. Por ello, es recomendable que el esfuerzo sea concentrado en la recolección de datos de accidentes precisos e inteligibles, y que los tramos negros sean identificados inicialmente con base en los accidentes totales anuales de un período de tres años cuando menos.

2.3. Análisis de accidentes.

Una vez identificados los tramos negros o los lugares con problemas a lo largo de una ruta, el siguiente paso es establecer la naturaleza de los problemas⁷⁰. Es raro que haya una sola "causa" para que se presente un accidente. Desde luego que este término debe ser evitado y debe pensarse en términos de "factores cooperantes" del accidente. Los accidentes son eventos complejos, por lo que comúnmente muchos factores deben combinarse para que ocurran. Si esto no fuera así, habría muchos más accidentes cotidianamente. Los accidentes son eventos raros: un proporción muy alta de trenes pasan a través de los distintos tramos ferroviarios, durante un año en forma segura⁷¹. Pero

⁷⁰ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, pp. 138 y 139.

⁷¹ En algunos tramos de la red ferroviaria nacional, circulan cerca de 10 mil trenes por año. Los siguientes datos son para el año 1994: tramo México-Huehuetoca con 9,324 trenes/año y el tramo Ahorcado-Querétaro con 9,792 trenes/año. Para

ocasionalmente, cuando un conjunto particular de factores cooperantes se combinan, ocurre un accidente. El análisis de accidentes tiene como objetivo principal, identificar las características comunes y los factores cooperantes, especializándose en las características reportadas objetivamente, tales como maniobras de los trenes, hora del día, condición de la vía, etcétera.

Es conveniente planear el análisis en dos etapas. La primera es un análisis preliminar llevado a cabo para identificar las características comunes entre los accidentes y sus tipos predominantes. Esto es seguido, por un análisis detallado donde los factores cooperantes para los tipos predominantes de accidentes son identificados, permitiendo posteriormente, asignar las medidas correctivas para contrarrestarlos.

El análisis preliminar debe ser cuantitativo. Éste debe incluir la preparación de tablas-resumen que desagreguen el número total de accidentes, con sus características o datos como: severidad, tipo de tren, hora del día, día de la semana, condiciones climáticas, etcétera.

El análisis de accidentes requiere de un proceso sistemático para ser llevado a cabo con el objeto de identificar los tipos de accidentes predominantes que pueden ser tratados. Una tabla en donde se representan las características de los accidentes es una forma directa de hacer esto. Este tipo de tabla debe resumir, para cada accidente, sus características relevantes.

Los análisis detallados dependerán de la cantidad de información disponible. Si los reportes originales están disponibles, estos deben ser estudiados. Los croquis e informes podrían contener claves vitales. Una visita de campo es esencial en aquellos lugares donde los accidentes ocurren más frecuentemente. Estos sitios deben ser examinados desde el punto de vista de los maquinistas, conductores, peatones y de aquellos usuarios de la vía más frecuentemente involucrados en los accidentes. Una visita de campo de una o dos horas puede revelar a menudo mucho acerca de la forma en la cual los maquinistas y conductores se aproximan o pasan por un sitio. Vidrios rotos, pedazos de metal, marcas en las vías y daños en la vía férrea pueden también ayudar a identificar problemas, especialmente en cruces y curvas. Éste es un trabajo de detectives, recolectar información de muchas fuentes y usarla para reconstruir una imagen del evento y de los factores cooperantes del accidente, para identificar las medidas correctivas posibles.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el propósito de la investigación de accidentes es determinar los factores involucrados para que las medidas preventivas y correctivas puedan ser tomadas⁷². En algunos países la actividad emprendida por los ferrocarriles en cuanto a los accidentes está dirigida a determinar las faltas o culpas, en el sentido legal, de tal forma que se puedan levantar cargos contra el culpable. Desafortunadamente, el sentido e intenciones de los ingenieros en seguridad del transporte ferroviario no son los mismos y a menudo están en conflicto con los anteriores.

Los ingenieros en seguridad ferroviaria deben estar interesados principalmente en establecer las características y procesos que conducen a los accidentes, reconociendo que hay muchos factores involucrados y no sólo aquellos que se relacionan con las acciones de un individuo. Algunas veces durante la investigación de accidentes, si se concluye que no hay cargos a ser asignados, por

más detalles ver: Martínez Alejos Ramiro y Segura Mellado C. Julia, Manual Estadístico del Sector Transporte 1994, IMT, México, 1996, pp. 104 y 105.

⁷² K.W. Ogden, op. cit., pp. 36 a 38.

ejemplo, si el presunto culpable resultó muerto, entonces a menudo ocurre que haya escasez de datos reportados en relación con el accidente.

El análisis de accidentes puede ser conducido en tres niveles. El primer nivel, es el nivel rutinario de la investigación, involucra el análisis de los datos en masa de los accidentes. Mediante el examen de estos datos, los lugares problemáticos sobre la red de transporte pueden ser identificados, y la extensión de las características de los problemas en cualquier sitio o conjunto de sitios pueden ser establecidos.

El segundo nivel de análisis, involucra la recolección y análisis de datos suplementarios, como por ejemplo datos que no son rutinariamente registrados. La información suplementaria puede ser dirigida para obtener una mejor comprensión de un tipo de accidente en particular, por ejemplo, de colisiones o descarrilamientos; de un tipo particular de trenes, por ejemplo, de pasajeros o de carga; o de un tipo de carro de ferrocarril en especial, por ejemplo de carros caja o góndolas.

El tercer nivel, involucra una investigación profunda y multidisciplinaria, requiriendo un análisis detallado de los datos obtenidos en el lugar del accidente y el subsecuente análisis por equipos multidisciplinarios. El objetivo de este nivel es obtener un entendimiento profundo de los factores y mecanismos involucrados en las situaciones de pre-colisión, colisión y post-colisión. Los equipos de análisis pueden abarcar especialistas de disciplinas como: medicina, ingeniería de vehículos e ingeniería de tránsito entre otras.

La mínima información que se sugiere para el análisis de los accidentes ferroviarios debe contener lo siguiente:

1.) Información de la red ferroviaria donde se analizan los accidentes, para el período de estudio.

- Mapa o esquema de la red ferroviaria con sus estaciones y principales asentamientos urbanos.
- Crecimiento de la red ferroviaria (kilómetros de vía principal, secundaria y patios).
- Obras importantes realizadas en la red ferroviaria, como por ejemplo: pasos a desnivel, electrificación de la vía, cambio del calibre del riel, etcétera.
- Recomendaciones hechas y deficiencias encontradas por el Departamento de Transporte Ferroviario de la SCT, en relación con elementos de seguridad.
- Evaluación actual y potencial del movimiento de carga.
- Establecimiento y registro de aquellos parámetros de operación, mantenimiento, inspección, administrativos y otros, que pudieran estar relacionados con la seguridad ferroviaria, como por ejemplo: toneladas de carga movida; número de boletos vendidos; kilómetros de vía inspeccionada; trenes, locomotoras y unidades de arrastre inspeccionadas; número de trenes de carga corridos y número de licencias federales expedidas, entre otros.

La información anterior servirá para conocer los elementos de seguridad vulnerables en la red, para ubicarla dentro del contexto nacional, para conocer su evolución y posible desempeño futuro y para vislumbrar su importancia.

2.) Información de los accidentes.

- Número cronológico de referencia que identifica a cada accidente.
- Fecha, día y hora en que se presentó el accidente.
- Localización del accidente.
- Tren involucrado en el accidente.
- Breve descripción del accidente.
- Clasificación del accidente.
- Factores cooperantes.
- Comentarios y detalles adicionales en relación con el accidente, como por ejemplo, número de muertos y heridos, pérdidas materiales, fotografías del accidente, etcétera.
- Complementación de los datos, con investigaciones detalladas de campo (*in situ*).

Con la información anterior es posible realizar el análisis siguiente de los accidentes en la red, para el período bajo estudio.

- A) Revisión detallada de todos los datos.
- B) Estudio detallado de los reportes de accidentes.
- C) Para cada línea férrea de la red, tabular y graficar todos los accidentes reportados, con el propósito de detectar las líneas con mayor accidentabilidad, observando además detalles tales como el agrupamiento de accidentes en tramos específicos (tramos negros) y su relación con asentamientos urbanos.
- D) Graficar la frecuencia de los accidentes ferroviarios en relación con la hora, día y mes de ocurrencia; con el objeto de observar si hay algún patrón o tendencia de acumulación de accidentes en las distintas escalas de tiempo usadas.
- E) Agrupar los distintos accidentes de acuerdo a su tipo y considerando además sus principales factores cooperantes. Tabular y graficar las frecuencias de los distintos tipos de accidentes para determinar cuales son los predominantes.
- F) Graficar la evolución (número de incidencias) de los principales tipos de accidentes encontrados, observando las tendencias a través del tiempo, en períodos de años.
- G) Efectuar un análisis por separado de cada uno de los distintos tipos de accidentes que presentan las mayores incidencias; auxiliándose para ello con tablas y gráficas, remarcando cuando aplique, el número de pérdidas humanas y heridos, y de ser posible el monto de los daños materiales. Además, indicar aquellos elementos relevantes que se detecten tales como, la

relación de la localización de los accidentes con los asentamientos humanos. También, mencionar si los involucrados en el accidente violaron algún tipo de normatividad o en todo caso si hay falta de ésta.

H) Tabular y graficar la incidencia de muertos para los distintos tipos de accidentes detectados, subrayando los tipos de accidentes con los valores más altos, pero también indicando aquellos tipos de accidentes con las incidencias más bajas.

Dada la importancia del análisis de campo de los accidentes, a continuación se proporciona una lista ilustrativa de características a verificar durante la inspección de los sitios conflictivos⁷³.

Vía: escantillón, calibre de riel, condición del balasto, durmientes y accesorios (clavos, grapas, planchuelas).

Diseño geométrico: curvas, pendientes, peralte o sobreelevación.

Intersecciones: tipo, número de vías, barreras.

Señalización y marcas: inventario de señales, legibilidad, notoriedad, comprensibilidad, credibilidad, señales para peatones, tipo de control.

Peatones: número y características de instalaciones para su cruce, barreras y refugios para peatones.

Alumbrado: tipo, altura, intensidad, obstrucciones.

Velocidad: límite de velocidad y velocidad real de los trenes y auto-armones; velocidad del autotransporte en los cruceros ferroviarios a nivel.

Medio circundante: uso del suelo, escuelas de niños, ruido, problemas de acceso, tipos de vehículos automotores en los cruceros a nivel, en particular, presencia de autobuses de escolares y de autotransporte de materiales peligrosos.

Zona adyacente a la vía: postes, arboles, rocas y otros peligros, barreras de seguridad, taludes laterales, contigüedad de puentes, cruces inferiores de drenaje.

Visibilidad: de aproximación a intersecciones de carreteras y vías laterales; de dispositivos de control de tránsito, de peatones y de vehículos estacionados; y de la delineación de la vía.

Evidencias de problemas: vidrios rotos, fragmentos metálicos, marcas en los rieles, daños a elementos de la vía.

Con base en la información contenida en los reportes de accidentes, visitas de campo y usando información suplementaria, la naturaleza de los accidentes en un lugar puede ser adecuadamente investigada.

⁷³ K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 128 y 129, con modificaciones propias.

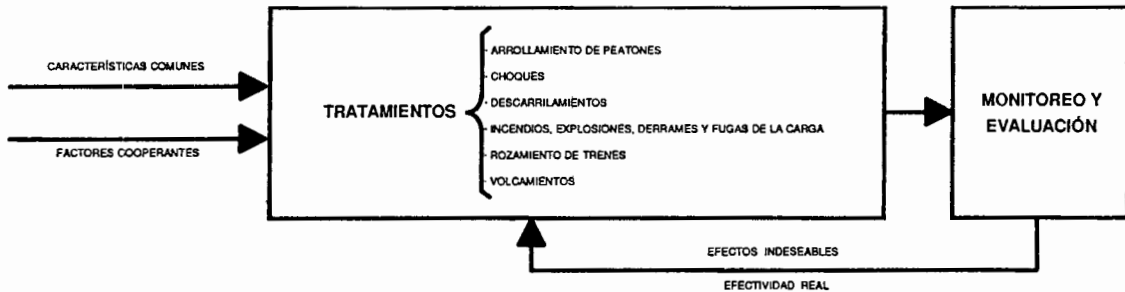
Las respuestas a las siguientes preguntas son de gran ayuda⁷⁴:

- ◆ ¿Están los accidentes asociados con alguna condición física del camino y puede esta situación ser eliminada o corregida?
- ◆ ¿Es adecuada la visibilidad?, ¿puede ser corregida?, o si no lo es ¿hay señalamiento de precaución adecuado?
- ◆ ¿Están cumpliendo los actuales señalamientos la función para la cual fueron diseñados?, ¿es necesario reemplazarlos?
- ◆ ¿Está el tránsito adecuadamente canalizado para minimizar la ocurrencia de conflictos?
- ◆ ¿Podrían ser prevenidos los accidentes mediante una prohibición de movimiento específica?, por ejemplo, de circulación exclusivamente en un sólo sentido en vías dobles. Es decir, sólo permitir la circulación de trenes por la derecha en vías dobles.
- ◆ ¿Puede una parte del tránsito ser desviado a otras rutas donde los riesgos potenciales no sean tan grandes?
- ◆ ¿Los accidentes nocturnos son más frecuentes que los accidentes diurnos?, ¿esto indica la necesidad de una mayor protección nocturna?, con por ejemplo más o mejor alumbrado, delineación, etcétera.
- ◆ ¿Los factores cooperantes de los accidentes indican la necesidad de establecer una coacción adicional para cumplir con las leyes de tránsito?

⁷⁴ K.W. Ogden, op. cit., p. 130, con modificaciones propias.

3. MÉTODO DE PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS.

En este capítulo, se establece el método de prevención de los accidentes ferroviarios. Se definen los tratamientos específicos y los criterios de selección. Para ello se utiliza como insumo, la información obtenida previamente del método de análisis. Esta fase del abatimiento de los accidentes ferroviarios, incluye el monitoreo y evaluación de los tratamientos, para detectar efectos indeseables y para mejorar la precisión y confiabilidad de las predicciones en la efectividad de los tratamientos para sus futuras aplicaciones. El diagrama siguiente esquematiza el método propuesto de prevención de accidentes.



Fuente: elaboración propia

Figura 3.1. Método de prevención de los accidentes ferroviarios.

3.1. La Medicina Preventiva en el Transporte, como medio de prevención de accidentes en el transporte ferroviario.

Un requisito previo al establecimiento de medidas para reducir los accidentes ferroviarios es el garantizar que el personal técnico ferroviario posea las habilidades necesarias, además de la experiencia y conocimientos técnicos para el desempeño de sus actividades.

En este sentido los diagnósticos y dictámenes de la aptitud o no aptitud psicofísica que elabora la Dirección General de Medicina Preventiva en el Transporte⁷⁵ (DGMPT) inciden en la prevención de accidentes de este modo de transporte, al evaluar a uno de los principales factores cooperantes, el *factor humano*.

Por ello, como primer inciso de este capítulo, se indica brevemente cómo interviene la DGMPT para prevenir los accidentes ferroviarios.

La DGMPT ha identificado al factor humano como el principal responsable de los accidentes de tránsito, por ello se ha fijado como objetivo fundamental⁷⁶: preservar la salud y la fuente de trabajo del personal del transporte público federal y servicios conexos, así como prevenir sus riesgos laborales y enfermedades predisponentes a estos, para elevar paralelamente su seguridad y la de los usuarios de las vías generales de comunicación y de los bienes transportados e incidir en la conservación de la infraestructura correspondiente.

⁷⁵ De la Subsecretaría del Transporte, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

⁷⁶ Toro Guardado Giovanni, Curso Internacional Sobre Seguridad en Carreteras, Ponencia "Políticas de Medicina Preventiva" del día 11 de junio de 1997, impartido en Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.

Para cumplir con este objetivo, ha establecido las siguientes actividades sustantivas⁷⁷:

- Selección psicofísica del personal del transporte público federal, detección de padecimientos, exámenes psicofísicos integrales.
- Detección oportuna de desviaciones en el estado de salud del personal del transporte público federal, exámenes médicos en operación.
- Exámenes especializados para la detección de consumo de alcohol y de drogas de abuso.
- Fortalecimiento de la campaña permanente de prevención de accidentes de tránsito y de promoción de educación para la salud.
- Supervisión al transporte.

Esta institución practica además exámenes psicofísicos a los aspirantes a ingresar tanto a las Escuelas Técnicas dependientes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes así como a la misma Secretaría.

Dado que el hombre es y será el elemento más importante en la operación de los diversos modos de transporte, habrá que darle la prioridad que le corresponde. Por ello la DGMPT se ha responsabilizado del control de los *factores humanos*, de todos los aspectos médicos del personal técnico ferroviario en México, considerando las necesidades que se exigen para cada puesto, además del análisis de la legislación respectiva de nuestro país. El hombre no es perfecto y en condiciones desfavorables puede fallar; la falla humana puede estar presente en el diseño, la producción, el mantenimiento y la operación de las máquinas e infraestructura. El término *factores humanos* se refiere al estudio de las variables psicofisiológicas del personal que participa en la operación del transporte ferroviario, con especial atención a las acciones que condicionan o pueden condicionar situaciones de riesgo y por tanto, estar relacionadas con la génesis de un accidente. Es importante enfatizar que los accidentes son causados generalmente por situaciones en las que por diversas circunstancias la capacidad del individuo es insuficiente o a éste le resulte imposible controlar una condición imprevista y adversa. Por lo tanto, al considerar la actitud de la persona en un accidente, deben evaluarse las decisiones tomadas, teniendo en cuenta la actuación que podría esperarse de otra persona con conocimientos, calificaciones y experiencia equivalentes y con buena capacidad psicofísica⁷⁸.

Para lograr avances significativos en la seguridad del transporte ferroviario, es necesario tomar medidas apropiadas y oportunas en el estudio de los factores humanos involucrados en los accidentes. La DGMPT realiza acciones tendientes a coadyuvar en la prevención de accidentes ferroviarios como lo es la supervisión de la aptitud psicofísica del personal que interviene en la operación, conducción o auxilio del transporte ferroviario. Para dictaminar sobre la aptitud psicofísica es indispensable establecer una adecuada correlación entre el perfil del hombre y el

⁷⁷ Toro Guardado Giovanni, op.cit.

⁷⁸ Sánchez Sánchez Antonio y García Hernández Julio, La Medicina Preventiva en el Transporte, un medio insustituible de prevención de accidentes en el transporte ferroviario, Temas Ferroviarios, Edición Especial I, México, 1994, pp. 118 a 121.

perfil del puesto, tomando en cuenta los factores presentes en el ámbito laboral. En México, la DGMPT elaboró los perfiles del personal técnico ferroviario⁷⁹ con la participación de trabajadores y representantes de Ferrocarriles Nacionales de México, así como de las autoridades encargadas de la normatividad; Dirección General de Transporte Terrestre y Dirección de Transporte Ferroviario⁸⁰.

Durante el desarrollo de las labores cotidianas del personal ferroviario, algunos de los factores ambientales son variables. Tal es el caso de la temperatura, la luminosidad, el nivel acústico, la humedad, los horarios de trabajo y el estrés laboral entre otros; por lo que en los exámenes psicofísicos deben valorarse oportuna y cuidadosamente todos aquellos estados físicos y psicológicos que se agraven o puedan agravarse durante el viaje e interferir con la seguridad del mismo.

En el caso de México, la metodología utilizada por la DGMPT para la práctica de exámenes psicofísicos integrales es la siguiente⁸¹:

- ◆ Historia clínica completa con énfasis en antecedentes laborales.
- ◆ Examen oftalmológico encauzado a evaluar la agudeza visual lejana, sentido de profundidad, estudio de fondo de ojo, discriminación a los colores y tonometría.
- ◆ Examen otorrinolaringológico que comprende valoración clínica de la audiometría tonal.
- ◆ Examen cardiológico. Estudio clínico de la especialidad y electrocardiograma. En su caso ecocardiografía y prueba de esfuerzo.
- ◆ Examen neumológico. Estudio clínico especializado, catastro torácico o telerradiografía de tórax y si se requieren pruebas funcionales respiratorias.
- ◆ Examen odontológico. Estudio clínico especializado tendiente a conocer los índices de piezas cariadas, perdidas y obturadas, complementando con exámenes radiológicos.
- ◆ Exámenes de laboratorio. Biometría hemática completa, química sanguínea, examen general de orina y serología para diagnóstico de sífilis.
- ◆ Examen de gabinete. Estudios radiográficos simples o con medio de contraste que no requiera hospitalización, así como ultrasonográficos.
- ◆ Examen psicológico con el fin de detectar trastornos de la personalidad y organicidad cerebral y evaluar coeficiente intelectual.

⁷⁹ Hasta el día 30 de septiembre de 1996 existían 17 categorías de licencias ferroviarias, sin embargo en el Reglamento del Servicio Ferroviario (*op. cit.*, pp. 14 a 44) se estableció el requerimiento de licencia federal ferroviaria al personal técnico que realice las funciones de despachador y maquinista (ver artículo 144 de dicho reglamento), es decir actualmente sólo se establecen dos tipos de licencias ferroviarias. Desde luego, uno de los requisitos para obtener la licencia es aprobar los exámenes médicos psicofísicos que señala la SCT y presentar el certificado correspondiente (ver artículo 146, inciso III).

⁸⁰ Sánchez Sánchez Antonio, et. al., *op. cit.*, pp. 121 y 122.

⁸¹ *Ibid.*, pp. 123 a 125.

Si durante la historia clínica o en los exámenes diversos se sospechan otros padecimientos, se solicitan las interconsultas especializadas que pueden ser de neurología, ortopedia, medicina interna, psicología, psiquiatría y cirugía, éstas se auxilian de los exámenes de laboratorio y gabinete necesarios.

Es importante mencionar que para otorgar la Constancia de Aptitud Psicofísica al personal técnico ferroviario, es indispensable aprobar los cursos de instrucción del Instituto de Capacitación Ferroviaria. Una vez concluidos los exámenes, se elaboran los diagnósticos y se dictamina sobre la Aptitud o No Aptitud Psicofísica, correlacionando los resultados obtenidos del *perfil del hombre* con el *perfil del puesto*, extendiendo en consecuencia la Constancia de Aptitud Psicofísica correspondiente.

Otra acción a la que la DGMPT otorga especial prioridad es la detección oportuna de desviaciones en el estado de salud del personal de transporte ferroviario, coadyuvando así a la prevención de accidentes de tránsito y a elevar la seguridad del transporte, a través de la realización de Exámenes Médicos en Operación en los módulos ubicados con tal propósito en las áreas de salida en terminales ferroviarias, así como en las vías federales de comunicación.

Los Exámenes Médicos en Operación se realizan en unos cuantos minutos y comprenden: inspección general, interrogatorio intencionado, valoración del área cardiológica, de la tensión arterial, de los reflejos oculares, del equilibrio (Romberg) así como la detección del consumo de bebidas alcohólicas. Así mismo, por muestreo y ante situaciones particulares se efectúan en el sitio mismo en que se desarrollan las actividades, estudios toxicológicos encauzados a la detección de consumo de drogas de abuso (anfetaminas, cannabis, cocaína, fenciclidina y opiáceos). Dichos exámenes toxicológicos se realizan a aquellos trabajadores que manifiestan signos o síntomas de consumo de drogas de abuso. Se apoya así el programa para la Prevención, Detección y Lucha contra las Farmacodependencias⁸².

3.2. Los lugares peligrosos en el transporte ferroviario.

La reducción potencial de accidentes a bajo costo mediante medidas de ingeniería en lugares peligrosos, es particularmente alta⁸³. Medidas simples pueden reducir significativamente los problemas en tales sitios. Sin embargo, en los países en desarrollo, debido a la falta de fondos y a la pobre capacidad de mantenimiento, los lugares peligrosos ya conocidos son a menudo dejados sin tratar por lo que los accidentes continúan.

Otra consideración importante es que, al reducir el número de decisiones que los maquinistas deben tomar al conducir, se simplifica su tarea y se les ayuda para que mejoren tanto su seguridad como su comodidad con un mínimo de conflicto con el tránsito y peatones.

Por su cobertura geográfica, hay cuatro estrategias básicas para la reducción de accidentes a través del uso de medidas, éstas son:

- Planes de un sitio particular (programas de tramos negros). Consiste en el tratamiento de un tipo específico de accidente en un sitio en particular.

⁸² Sánchez Sánchez Antonio, et. al., *op. cit.*, pp. 126 a 128.

⁸³ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, p. 134.

- Planes de acción en masa. Consiste en la aplicación de medidas en varios lugares con un problema de accidente común.
- Planes de acción en ruta. Consiste en la aplicación de soluciones conocidas a lo largo de una ruta con un alto índice de accidentes.
- Esquemas de área extensa. Consiste en la aplicación de varios tratamientos sobre un área extensa, por ejemplo un estado o región.

Aunque, la aplicación de medidas en los tramos negros es un procedimiento importante que requiere especial atención, había estado recibiendo poca prioridad en muchos países en desarrollo. Sin embargo, investigaciones en este tópico han demostrado la efectividad a bajo costo de las medidas de ingeniería para acometer los accidentes⁸⁴. En el caso de México, por primera vez en 1997, fueron aplicados 150 millones de pesos para atender los tramos negros en 774 puntos carreteros⁸⁵. Lo cual incluyó, una mejor señalización en cruces ferroviarios y la construcción de pasos a desnivel⁸⁶.

3.3. Desarrollo de tácticas.

El método de análisis de los accidentes ferroviarios del capítulo anterior ha identificado los distintos tipos de accidentes y sus características, los cuales ahora pueden recibir un tratamiento con medidas de ingeniería de seguridad. En este inciso se indican y revisan los principios de tácticas o medidas genéricas, para ser aplicadas a distintos tipos y situaciones de accidentes ferroviarios.

Antes de aplicar cualquier medida, se debe verificar que ésta no tenga consecuencias indeseables en términos de seguridad (por ejemplo, que incrementen el número o severidad de otro tipo de accidentes), eficiencia del transporte o en el medio circundante⁸⁷.

Asumiendo un éxito razonable en la identificación de características comunes y factores cooperantes de los accidentes, la atención ahora debe enfocarse al desarrollo y aplicación de medidas. Debe ser anotado que las circunstancias bajo las cuales son o no adecuadas las medidas pueden variar grandemente. A menudo habrá la posibilidad de elección entre distintas medidas, o incluso la posibilidad de que distintos tratamientos correctivos puedan ser aplicados en combinación. La clave en la selección de medidas para un sitio en particular, para una aplicación masiva o en ruta, o para un esquema de área extensa, debe basarse en el análisis de las características comunes y en la identificación de los factores cooperantes, como fue mencionado antes. Es decir, hay que concentrarse en los tipos particulares de accidentes que han sido identificados en la fase de análisis, como susceptibles de tratamiento con medidas de ingeniería de

⁸⁴ Investigaciones conducidas en: Botswana, Ghana, Egipto, Pakistán, Corea del Sur y Nueva Guinea. Ref. Ross Silcock Partnership, op.cit., p. 135.

⁸⁵ Manzo García Gustavo, Director de Vialidad y Proyectos, DGST, Ponencia "Determinación y Análisis de Puntos y Tramos Peligrosos" del Curso Internacional de Seguridad en Carreteras, del día cinco de junio de 1997 en el Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.

⁸⁶ Programa de Trabajo 1997 del Sector Comunicaciones y Transportes. Ver este Programa de Trabajo en periódico "El Financiero", del día 22 de enero de 1997, pp. 32 y 33.

⁸⁷ K.W. Ogden, op.cit., p. 131.

tránsito o de otro tipo. Cada lugar donde se presenta un accidente, tiene su propio conjunto de factores cooperantes que definen los problemas a vencer. Idealmente, es requerido algún conocimiento de la probable efectividad de las medidas en condiciones similares⁸⁸. La elección final generalmente estará basada en el juicio y experiencia de la utilización de medidas que han mostrado ser exitosas en circunstancias similares en otros lugares⁸⁹.

El criterio de selección de las medidas debe considerar lo siguiente⁹⁰:

- Factibilidad técnica: ¿pueden las medidas dar respuesta al problema de los accidentes que han sido diagnosticados? y ¿se tiene una base técnica para el éxito de su aplicación? Este criterio está relacionado con la efectividad de la medida, es decir, con su capacidad para reducir los accidentes.
- Eficiencia económica: ¿es probable que los beneficios de la medida sean mayores a los costos de su implementación⁹¹? Esto implica una evaluación económica del proyecto que implementa la medida, para obtener parámetros de evaluación como son la relación beneficio/costo, valor presente neto, período de recuperación, etcétera.
- Disponibilidad de recursos materiales: ¿puede la medida ser integrada dentro del programa presupuestal?, si no lo es, ¿debe ser aplazada? o ¿debería ser adoptada una solución provisional?
- Aceptabilidad de la comunidad: ¿la medida evidentemente soluciona el problema identificado?, ¿esto será fácilmente comprendido por la comunidad?, ¿hay posibilidades de que se presenten problemas de incumplimiento de la medida? y ¿puede la medida cumplir su función sin grandes esfuerzos de coacción?
- Aceptabilidad política e institucional: ¿es probable que la medida atraiga el soporte político? y ¿será apoyada por el órgano responsable de su puesta en marcha y control en operación?
- Legalidad: ¿cumple la medida con el marco legal?
- Compatibilidad: ¿es la medida compatible y consistente con otras estrategias de la localidad donde se pretende aplicar?

Debe observarse que la decisión de adoptar una medida en particular, involucra más que una simple confrontación de una solución para un problema. El desarrollo de las medidas requiere una comprensión palpable del marco técnico e institucional para proveer los principios guía y la motivación para actuar.

A continuación se presenta una revisión de los diferentes tipos de medidas que pueden ser aplicadas a los accidentes ferroviarios. Esta revisión resume la experiencia acumulada de

⁸⁸ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, p. 141.

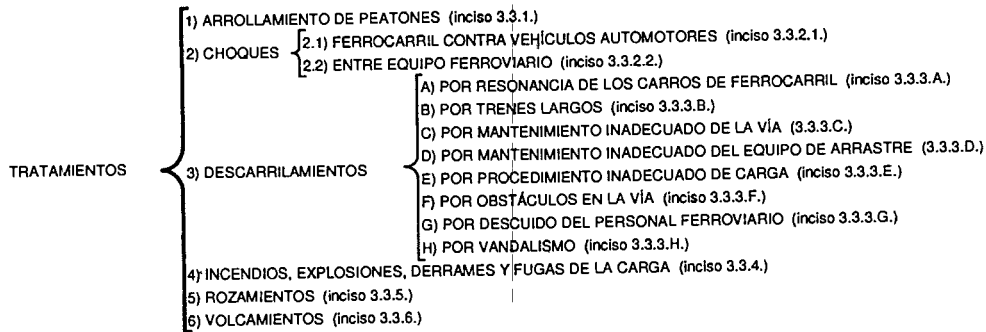
⁸⁹ K.W. Ogden, *op. cit.*, p. 135.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 137, con modificaciones propias.

⁹¹ En el anexo A se muestran los costos de algunos elementos de tratamientos de seguridad, usados para abatir los accidentes ferroviarios.

ingenieros en seguridad y de otras disciplinas, respecto a tratamientos que han probado ser efectivos para acometer los diferentes tipos y características de accidentes ferroviarios.

En forma genérica, los tratamientos que se revisan en seguida, incluyen los siguientes tipos de accidentes:



3.3.1. Arrollamiento de peatones.

Las instalaciones y dispositivos de seguridad para peatones pueden ser parte de algún tratamiento de seguridad ya establecido para el cruce de automotores (ver inciso 3.3.2.1., *Choques de ferrocarril contra vehículos automotores*). Por ejemplo, barreras para peatones activadas conjuntamente con los semáforos y barreras que sirven para indicar la aproximación de trenes al tránsito vehicular. Sin embargo, en otros casos, instalaciones especiales para peatones pueden ser las adecuadas. Esto dependerá de la necesidad de dar mayor consideración a los peatones que cruzan por las vías de ferrocarril, por lo que estudios de ingeniería de tránsito servirán como soporte para tomar las decisiones⁹².

Las medidas para evitar este tipo de accidente son⁹³:

⇒ Mayor y mejor iluminación en el área de cruce.

⇒ Cercado para controlar el paso peatonal.

⇒ Acondicionamiento del cruce peatonal. Es decir asfaltar o pavimentar el área de cruce de peatones sobre las vías con el propósito de que los peatones crucen en el menor tiempo posible las vías. Esto implica también su mantenimiento, es decir, conservar el área de cruce de peatones libre de tierra, grava, baches y todo aquello que produzca un riesgo adicional y mayor tiempo para el cruce de los peatones.

⇒ Instalación de señalización vertical para peatones, advirtiendo que observen ambos lados del cruce antes de pasar por él.

⁹² K.W. Ogden, *op. cit.*, p. 231, con modificaciones propias.

⁹³ *Ibid.*, p. 149, con modificaciones propias.

- ⇒ Establecimiento de instalaciones para separar la circulación de peatones, como por ejemplo, puentes de cruce peatonal.
- ⇒ Campañas de educación para el cruce de peatones por las vías del tren, donde se remarque la importancia de evitar que los niños jueguen sobre las vías del tren, usar los puentes peatonales en el cruce (en caso de que los haya), no tratar de ganarle el paso al tren y no realizar actividades entre los carros y coches de ferrocarril estacionados.
- ⇒ Barreras para peatones que indiquen la aproximación de trenes.

3.3.2. Choques.

Este tipo de accidente se ha clasificado aquí en dos subtipos: choques de ferrocarril contra vehículos automotores (choques en cruces a nivel, en caminos, calles y carreteras) y choques entre equipo ferroviario (básicamente se trata de choques entre trenes y choques de trenes contra automotores).

3.3.2.1. Choques de ferrocarril contra vehículos automotores.

Aunque los accidentes en cruces de ferrocarril son comúnmente tan sólo una pequeña proporción del total de accidentes ferroviarios, estos tienden a ser severos cuando un tren es involucrado, y a menudo atraen en gran medida la atención de los medios de comunicación. En México invariablemente los trenes tienen el derecho de vía, dado que normalmente no pueden realizar ninguna acción evasiva, con excepción de aplicar los frenos en el último momento, lo cual frecuentemente se hace muy tarde para que pueda ser efectivo. Por ello, la responsabilidad es siempre de los conductores de autotransporte, los cuales deben parar antes de pasar por cualquier cruce ferroviario.

La obligación de ceder el paso a los vehículos que se mueven sobre rieles se fundamenta en dos hechos. El primero es consecuencia del gran peso que representan los trenes (un convoy promedio tiene casi cuatro mil veces mayor peso que un automóvil) y de su velocidad, lo cual produce como resultado una gran inercia que dificulta su frenado rápido, por ello un tren necesita por lo menos un kilómetro y medio para frenar. Segundo, los trenes están restringidos a seguir un sólo camino, la vía, por ello les es imposible maniobrar en otra dirección para evitar una colisión.

En el Anexo B, se muestra un díptico de Ferrocarriles Nacionales de México dirigido a los conductores de vehículos automotores, dándoles consejos para evitar los accidentes en cruces a nivel. En general, este díptico indica que se debe hacer alto antes de cruzar la vía y seguir adelante sólo si no se acerca algún tren. También, indica que la mayoría de estos accidentes ocurren en cruces cercanos a la casa del automovilista o en trayectos de transportes urbanos y suburbanos con ruta fija, debido a que los conductores se vuelven descuidados al pasar por el mismo lugar todos los días a la misma hora.

En relación con este tipo de accidente, hay que indicar que el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales⁹⁴ tiene contemplado el derecho de preferencia de paso en los cruces a nivel del equipo rodante ferroviario. El artículo 111 del Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales establece que: "tienen preferencia de paso los vehículos que se desplazan sobre rieles, respecto a los demás".

⁹⁴ Publicado en el Diario Oficial del día 10 de junio de 1975.

Los accidentes en cruces de ferrocarril pueden ser de cuatro tipos⁹⁵:

- Colisiones en las cuales un tren choca contra un vehículo automotor.
- Colisiones en las cuales un vehículo automotor choca lateralmente contra un tren.
- Colisiones entre vehículos automotores, en o cerca del cruce, asociadas al hecho de que un vehículo tome acción en respuesta a un tren que se aproxima al cruce o a la activación de un sistema de advertencia de aproximación de tren.
- Accidentes que involucran a un vehículo que choca contra dispositivos de seguridad en el cruce, como por ejemplo, contra señales, semáforos, barreras, etcétera.

Las medidas a ser aplicadas en los cruces de ferrocarril pueden consistir de: dispositivos de seguridad en el tren (como luces intermitentes, faros para uso diurno y dispositivos reflejantes sobre las partes laterales de los trenes), eliminación del cruce, dispositivos de control activos, dispositivos de advertencia activos, dispositivos de advertencia pasivos, mejoras en la visibilidad, y medidas especiales dirigidas a la protección de peatones (ver inciso 3.3.1.). La aplicación y efectividad de cada una de estas medidas (con excepción de la primera) que pertenecen al ámbito de ingeniería de seguridad, son discutidas a continuación⁹⁶.

Eliminación del cruce. Los cruces a nivel pueden ser eliminados mediante la construcción de pasos superiores o inferiores. Sin embargo, algunos autores⁹⁷ han establecido que los cruces a desnivel podría no ser siempre la respuesta adecuada, particularmente cuando existen sistemas de protección automática que producen un 90% de reducción en los accidentes de este tipo. Comúnmente, los cruces a desnivel son justificados en carreteras y autopistas de gran capacidad, más que por razones de seguridad por las demoras que producirían.

Dispositivos de control activos. Estos incluyen luces (semáforos, luces destellantes, etcétera) y barreras abatibles (ver Figura 3.2.). En la mayoría de los casos son activados automáticamente por un tren que se aproxima al cruce, aunque en algunos lugares pueden encontrarse todavía barreras activadas manualmente. Comúnmente son acompañados por un dispositivo de advertencia activo de la clase que se indica más adelante. Estos dispositivos contribuyen a la seguridad en dos formas: (1) al impedir físicamente que los vehículos entren al cruce cuando un tren se aproxima y (2) por medio del movimiento de la barrera, lo cual avisa por anticipado la aproximación de un tren. Estos dispositivos proporcionan una mejora substancial de la seguridad⁹⁸, eliminando virtualmente el riesgo y el comportamiento temerario de los conductores. Son particularmente importantes en aquellos cruces de vías múltiples, en donde un segundo tren podría aproximarse inmediatamente después de que un primer tren ha pasado por el cruce, y en aquellos cruces donde circulen trenes con alta velocidad.

⁹⁵ K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 227 y 228.

⁹⁶ *Ibid.*, pp. 228 a 231, con modificaciones propias.

⁹⁷ Schoppert D.W. y Hoyt D.W., Factors influencing safety at highway-rail grade crossings, National Cooperative Highway Research Program Report 50, Transportation Research Board, E.U.A., 1968, p. 79.

⁹⁸ Heathington K.W., Fambro D.B. y Richards S.H., Field evaluation of a four-quadrant gate system for use at railroad-highway grade crossings, Transportation Research Record No. 1244, E.U.A., 1989, pp. 39 a 51.

En Australia ha sido reportado que un programa de mejoramiento urbano de cruces de ferrocarril, logró reducir el número de accidentes tren-vehículo casi a cero, mediante la instalación de luces destellantes en las barreras que indican la aproximación de trenes⁹⁹.

En un estudio de la respuesta de los conductores a diferentes dispositivos de advertencia y control, en cruces de ferrocarril, fue encontrado que aunque los conductores reducen su velocidad antes de cruzar las vías, un número significativo de vehículos pasa muy rápido por los cruces, como para poder parar si fuera necesario, a menos que el cruce esté protegido con barreras para indicar la aproximación de trenes¹⁰⁰.

En México está estipulado que los semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes, deben ser controlados de tal manera que empiecen a funcionar antes de la llegada del mismo al cruce, con un lapso razonable para dar la debida protección. Los circuitos para su operación automática se deben disponer de manera que la barrera inicie su movimiento descendente tres segundos como mínimo, después de que el semáforo empiece a funcionar. La barrera debe quedar en posición horizontal antes de la llegada del tren más rápido y debe permanecer así hasta que la parte posterior del tren haya salido del cruce.

Sus mecanismos se deben proyectar de tal manera que si la barrera, mientras se eleva o baja, golpea algún objeto, se detenga inmediatamente y al quitar la obstrucción continúe hasta la posición exigida por el mecanismo de control. Este tipo de controles generalmente actúan automáticamente, pero también pueden ser accionados manualmente en caso de que los semáforos se encuentran cercanos a la estación del ferrocarril. Por su parte, los semáforos indicadores de la aproximación de trenes deben tener dos luces rojas destellantes dispuestas horizontalmente (ver Figura 3.2.).

En cruces donde existan diferencias importantes entre las velocidades de los trenes, conviene instalar un control que permita ajustar los tiempos de los dispositivos de control activos, a las velocidades de operación de los trenes¹⁰¹. Sin embargo, el costo de tales sistemas y el hecho de que las condiciones ambientales pueden perturbar su funcionamiento han limitado su uso. Las condiciones climáticas pueden modificar la resistencia eléctrica del balasto, lo cual afecta el funcionamiento de los circuitos eléctricos en las vías y por ello en ocasiones las barreras abatibles son activadas, aunque en realidad no se aproxime al cruce ningún tren. Por ello, se llevan a cabo investigaciones para este tipo de dispositivos con otros principios de operación¹⁰².

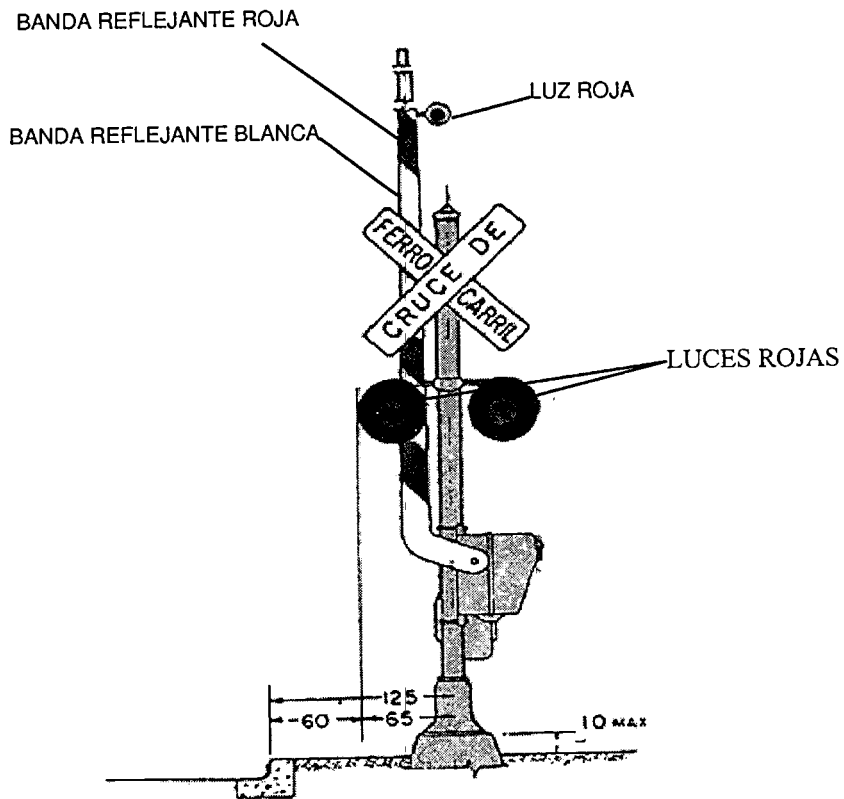
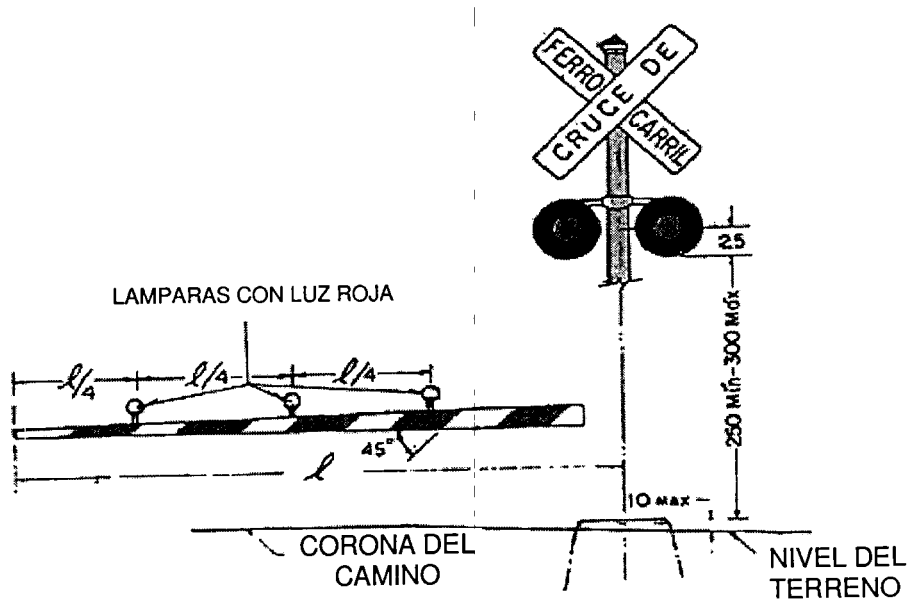
Dispositivos de advertencia activos. Estos incluyen tanto dispositivos visuales como sonoros (campanas eléctricas instaladas en los semáforos), en muchos casos los dos operan simultáneamente como parte de un sistema integrado, que es activado por un tren que se aproxima al cruce. Asumiendo que el conductor ve y escucha el aviso, y que responde a esta advertencia, la seguridad en el cruce se incrementa. En particular, es reducido significativamente el problema de las colisiones en las cuales un vehículo automotor choca lateralmente contra un tren.

⁹⁹ Bayley J.M. y Uber C.B., A comprehensive program to improve road safety at railway level crossings, Australian Road Research Board Conference, Australia, 1990, pp. 217 a 234.

¹⁰⁰ Shinar D. y Raz S., Driver response to different railroad crossing protection systems, E.U.A., 1982, pp. 801 a 808.

¹⁰¹ Para más detalles de requisitos, características, ubicación, mecanismos y funcionamiento de estos dispositivos ver: S.C.T., Subsecretaría de Infraestructura, Dirección General de Servicios Técnicos, Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, quinta edición, México, 1986, pp. 380 a 386, 403 a 404 y 409.

¹⁰² Armstrong Jhon H., The Railroad, What It Is, What It Does, Segunda edición, Estados Unidos, 1988, p. 119.



ACOTACIONES EN CENTÍMETROS

Fuente: S.C.T., D.G.S.T., Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, quinta edición, México, 1986, p. 386.

Figura 3.2. Disposición de los semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes.

Además, en condiciones nocturnas, las colisiones entre vehículos automotores en o cerca del cruce se reducen, ya que la advertencia es vista o escuchada a una distancia adecuada para prevenir este tipo de percances. Una reducción de accidentes del orden del 70 al 90% ha sido reportada después de la instalación de este tipo de dispositivos¹⁰³.

Sin embargo, en la práctica se presentan algunos problemas con los dispositivos de advertencia activos. Algunos investigadores han encontrado que las decisiones tomadas por los conductores de vehículos automotores están relacionadas con su conocimiento de la estrategia de control usada en el cruce¹⁰⁴. Por ejemplo, la ausencia de luces destellantes puede significar para algunos conductores, en cruces con semáforos, que el tren no viene, aunque suenen las campanas; o bien en cruces sin semáforos, que hay la posibilidad de que si venga¹⁰⁵. Otros investigadores indican que un semáforo que incluya una fase de luz verde para indicar que el vehículo puede continuar, comunicaría una información más adecuada a los conductores. Por otro lado, se ha encontrado que la respuesta de los conductores a las señales de tránsito en carreteras es mayor que su respuesta a las señales de luces destellantes en cruces de ferrocarril¹⁰⁶. Otros investigadores han sugerido que una fase de luz amarilla previa a la roja, en los semáforos de los cruces, sería benéfica¹⁰⁷. Otro problema con los dispositivos de advertencia activos es que generalmente estas instalaciones son costosas, dado que incorporan a la vía mecanismos y circuitos complejos. Este costo puede ser justificado en aquellos lugares donde se tengan altos flujos de trenes y de vehículos automotores, sin embargo, difícilmente pueden ser justificados en lugares apartados y con poco tránsito. Como resultado estos últimos sitios contarán generalmente con dispositivos de protección pasiva. Como medida alterna cabe señalar que pueden obtenerse dispositivos activos de bajo costo, si su activación se hace desde la cabina de la locomotora del tren, en lugar de usar circuitos automáticos en las vías, y utilizando sistemas de advertencia simples, tales como faros rotativos.

Dispositivos de advertencia pasivos. Hay un conjunto de señales preventivas en uso que informan a los conductores no sólo de la presencia del cruce, sino también en algunos casos proporcionan información adicional, como por ejemplo, del número de vías y de la geometría del cruce¹⁰⁸. Desafortunadamente en México, las señales con este tipo de información adicional no están reglamentadas, por lo que sería recomendable hacerlo, al incluirlas en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la S.C.T.

Los dispositivos de advertencia pasivos típicos son: señales de cruce de ferrocarril, señales de advertencia, señales de ALTO y marcas en el pavimento. La reglamentación actual en México

¹⁰³ Schoppert D.W. y Hoyt D.W., op. cit., p. 113.

¹⁰⁴ Sanders J.H., Driver performance in countermeasure development at railroad-highway grade crossings, Transportation Research Record No. 562, E.U.A., 1976, pp. 28 a 37.

¹⁰⁵ Wigglesworth E.C., How can safety be improved at open level crossings?, Australian Road Research No. 20, Australia, 1990, pp. 61 a 75.

¹⁰⁶ Fambro D.B., Heathington K.W. y Richards S.H., Evaluation of two active traffic control devices for use at railroad-highway grade crossings, Transportation Research Record No. 1244; E.U.A., 1989, pp. 52 a 62.

¹⁰⁷ Tenkink E.A. y Van Der Horst R., Car driver behaviour at flashing light railroad grade crossings, Accident Analysis and Prevention No. 22, 1990, pp. 229 a 239.

¹⁰⁸ Richards S.H. y Heathington K.W., Motorist understanding of railroad-highway grade crossings and associated traffic laws, Transportation Research Record No. 1160, E.U.A., 1988, pp. 52 a 59.

considera los siguientes dispositivos pasivos¹⁰⁹: señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35), señal restrictiva de ALTO (SR-6) y marcas en el pavimento que incluyen franjas paralelas a la vía antes de la barrera o semáforo en caso de existir estos y el símbolo F x C.

Para garantizar la seguridad de los usuarios, Ferrocarriles Nacionales de México ha realizado estudios para diseñar el señalamiento pasivo mínimo que debe tener cualquier intersección a nivel entre vías férreas y carreteras¹¹⁰. Estos estudios consideraron que con el propósito de que los conductores de automotores se detengan antes de cruzar las vías del ferrocarril, el conjunto de dispositivos instalados debe ser mayor y más explícito. El enfoque básico de esta adecuación fue el de proporcionar mayor información al usuario de la carretera, en relación con la distancia a la que se encuentran los cruces.

En general, el señalamiento mínimo propuesto para mejorar la seguridad fue el siguiente:

- A) Señal informativa de recomendación (SIR), instalada a 500 metros del cruce que indica la distancia a éste y que se debe reducir la velocidad; señal (SIR) a 250 ó 300 metros del cruce que indica la distancia a la que se encuentra y que se debe hacer alto al llegar ahí; y señal (SIR) a 100 ó 150 metros del cruce que indica nuevamente la distancia al cruce y que se debe hacer alto antes de cruzarlo.
- B) Una zona de vibradores de cinco metros de ancho, a la altura de la señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35). La distancia al cruce de esta señal está en función de la velocidad de operación del tramo carretero que cruza con las vías.
- C) Las marcas en el pavimento de F x C.
- D) La señal restrictiva de alto (SR-6), que deberá ser colocada exactamente en la dirección de la raya de parada, en conjunto con la señal de "CRUCE DE FERROCARRIL".
- E) En la raya de parada se deberán instalar tres líneas de vialetas con reflejante rojo.
- F) Con el objeto de reforzar el señalamiento vertical deberá pintarse sobre el pavimento la palabra "ALTO", antes de las rayas de parada.
- G) Rayas con espaciamiento logarítmico antes de la zona de vibradores¹¹¹. Este rayado sólo se usará en aquellos tramos carreteros donde la velocidad de proyecto (o de operación) sea igual o mayor a 90 km./h.

Mejoras en la visibilidad. La mayoría de los sistemas de advertencia en cruces ferroviarios basan su efectividad en algún tipo de mensaje visual. Hay un conjunto de requerimientos de visibilidad que deben tener los cruces ferroviarios. Los conductores deben ser capaces de ver el cruce, sus avisos, dispositivos de control y a cualquier tren que se aproxime al cruce, todo esto con el suficiente tiempo como para poder tomar la acción adecuada en cualquier caso. Se presentan problemas en particular durante la noche, especialmente con la baja visibilidad a los lados de un tren cuando pasa por un cruce, por ello la iluminación del cruce puede ser necesaria en caso de que haya movimientos nocturnos de trenes en un cruce con protección pasiva. Es importante también

¹⁰⁹ S.C.T., D.G.S.T., Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, op. cit., pp. 67, 81, 239 y 241.

¹¹⁰ Lozada Bautista Antonio, et. al., Seguridad en Cruceos a Nivel de Vías Férreas y Caminos, Temas Ferroviarios, Revista Técnica, México, 1989, pp. 16 a 120.

¹¹¹ Estas rayas se utilizan para producir una ilusión óptica al conductor, con objeto de que disminuya su velocidad. Para detalles de sus características ver: Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, op. cit., pp. 243, 260 y 261.

vigilar que se pade o recorte la maleza en los alrededores del cruce para mantener el triángulo de visibilidad.

En algunos casos, podría ser adecuado instalar dispositivos de advertencia suplementarios cuando la visibilidad es deficiente. Por ejemplo, se han realizado estudios de los efectos de la instalación de luces amarillas destellantes, adicionales a las señales de advertencia en los cruces ferroviarios. Estos estudios han encontrado que se producen reducciones significativas de las velocidades de aproximación al cruce de los vehículos automotores¹¹². Otros autores han descrito la utilidad de instalar señales luminosas de “MANTENER LAS VÍAS DESPEJADAS” (*KEEP TRACKS CLEAR*), que son activadas cuando se detecta que el tránsito de vehículos en la carretera está haciendo fila atrás del cruce¹¹³.

Selección y clasificación de medidas. Los distintos tipos de medidas descritos antes son adecuados para distintas situaciones. En general, los siguientes factores ayudan a la selección del dispositivo más adecuado para cada cruce en particular¹¹⁴.

- Tipo de carretera.
- Volumen de tránsito vehicular.
- Número de trenes.
- Velocidad de los trenes.
- Velocidad del tránsito vehicular.
- Número de peatones.
- Registro de accidentes en el lugar.
- Distancia de visibilidad.
- Geometría del cruce.
- Número de vías.
- Número de autobuses que pasan por el cruce.
- Uso del cruce por autotransportistas con materiales peligrosos.

Diferentes fórmulas han sido desarrolladas para evaluar el peligro relativo (índice de peligrosidad) de los cruces ferroviarios, las cuales involucran a los factores arriba mencionados, sin embargo ninguna de estas fórmulas ha tenido una aceptación universal¹¹⁵. Cada fórmula tiene sus propias razones para establecer el índice, así que cuando es usada con un sólido juicio de ingeniería, establece la base para la selección adecuada del tipo de dispositivo de advertencia que debe ser instalado en cada cruce de ferrocarril.

En nuestro país, Ferrocarriles Nacionales de México desarrolló un estudio en el que se utilizó un modelo matemático para determinar el índice de peligrosidad de los cruces ferroviarios, particularmente en zonas urbanas¹¹⁶. En este modelo, el índice de peligrosidad es determinado

¹¹² Bowman B.L., Analysis of railroad-highway crossing active advance warning devices, Transportation Research Record No. 1114, E.U.A., 1987, pp. 141 a 151.

¹¹³ Bayley J.M. y Uber C.B., op. cit., pp. 217 a 234.

¹¹⁴ K.W. Ogden, op. cit., pp. 232 y 233.

¹¹⁵ Zegeer C.V., Methods for identifying hazardous highway elements, National Cooperative Highway Research Program, E.U.A., 1986, p. 12.

¹¹⁶ Carrasco Carmona Matías, et. al., op. cit., pp. 9 a 31.

mediante una ecuación exponencial, la cual genera un rango de calificación de 0 a 100 unidades. El límite inferior corresponde a aquellos cruces que de acuerdo con la ecuación de predicción, no presentarán un sólo accidente durante un período de cuatro años. Para ese estudio cuando el índice de peligrosidad de un cruce es mayor a 60 unidades, se requerirá la instalación de barreras abatibles en dicho cruce. Las variables más significativas que fueron usadas para el establecimiento de la ecuación que sirvió para obtener el índice de peligrosidad fueron: volumen de tránsito del acceso más crítico durante la hora de máxima demanda, frecuencia diaria del paso de trenes, distancia de visibilidad en el cuadrante del acceso crítico, distancia de visibilidad de frenado del acceso crítico, velocidad vehicular de aproximación del acceso crítico, y los índices de existencia de espuelas, protección activa y protección pasiva del cruce.

Diseño geométrico de los cruces a nivel de ferrocarril.

Idealmente, la carretera y las vías del tren deben tener un ángulo de cruce¹¹⁷ igual a 90°. Esto no sólo aumenta la visibilidad del cruce para los conductores y los ayuda a mirar en la dirección correcta para observar cualquier tren que se aproxima, sino que también reduce cualquier inestabilidad del vehículo al cruzar las vías. Además, idealmente los cruces de ferrocarril no deben estar localizados en curvas horizontales, ya sea de la carretera o de la vía, puesto que es una tarea difícil para el conductor tener que controlar su vehículo en una curva y al mismo tiempo estar vigilando si se aproxima un tren por la vía.

La alineación vertical en el cruce debe tener el mismo nivel tanto como sea posible, con el propósito de mantener una adecuada distancia de visibilidad y funcionalidad de los dispositivos de control. Además, de esta manera se tiene una buena respuesta de frenado y aceleración de los vehículos automotores que pasan por el cruce. Si hubiera curvas verticales en la carretera, éstas no deben impedir la visibilidad del cruce o de sus dispositivos de control. En el cruce mismo, deben ser tomadas las provisiones adecuadas para asegurar que los vehículos largos y bajos sean capaces de pasar a través de él, sin vararse o atorarse en las vías.

El ancho del carril, de los acotamientos de las carreteras y de sus divisiones centrales debe recibir el adecuado mantenimiento, para evitar atascamientos o la introducción de un riesgo adicional del camino.

La distancia de visibilidad es un factor crítico de cualquier cruce ferroviario. Si hay dispositivos de advertencia activos, estos deben ser visibles para que los conductores que se aproximan al cruce puedan frenar y detenerse en un lugar seguro, con la suficiente anticipación, cuando los dispositivos sean activados. Si existen solamente dispositivos pasivos en el cruce, se asumirá que los conductores responderán buscando la aproximación de un tren, y que si ninguno se aproxima, continuarán su viaje pasando con seguridad a través del cruce, o bien en caso contrario, haciendo alto antes de llegar al cruce para permitir que un tren pase. Hay evidencias de que en los cruces ferroviarios muchos conductores no observan si un tren se aproxima a ellos, en consecuencia la estipulación de una adecuada distancia de visibilidad, aunque es una condición necesaria, no es suficiente para brindar seguridad en los cruces a nivel con controles pasivos¹¹⁸. El tratar de

¹¹⁷ El ángulo de cruce es igual al ángulo formado por el eje del camino carretero y el eje de la vía. También, es igual al ángulo complementario al ángulo de esviaje. Por otro lado, el ángulo de esviaje es el ángulo que forman el eje del camino carretero y la normal al eje de la vía. Referencia: Lozada Bautista Antonio, et. al., *op. cit.*, p. 58.

¹¹⁸ Wigglesworth E.C., *Human factors in level crossing accidents*, Accident Analysis and Prevention No. 10, Australia, 1978, pp. 229 a 240.

determinar la velocidad y distancia de un tren que se aproxima a un cruce ferroviario puede resultar fatal. Debido a su gran longitud, los trenes parecen moverse con una velocidad menor que su velocidad real.

En la Tabla 3.1. se muestra un resumen de aquellos tratamientos que han demostrado ser efectivos en los cruces ferroviarios. Esta tabla proviene de la experiencia acumulada por ingenieros en seguridad de este tipo de accidentes. Además, son indicados los efectos potenciales de cada uno de los tratamientos, tanto positivos como negativos (estos últimos se muestran entre paréntesis).

Tabla 3.1.
Tratamientos en los cruces de ferrocarril.

Tratamiento	Tipo de accidente relacionado	Reducción (%)
Paso superior o paso inferior	Choque contra tren	100
	Choque contra dispositivos del cruce	40-60
Barreras abatibles	Choque contra tren	70-90
	Choque contra dispositivos del cruce	(-10)-(-40)
Luces destellantes	Choque contra tren	50-80
	Choque contra dispositivos del cruce	(-10)-(-40)
Mejora del alineamiento horizontal	Choque contra tren	30-40
	Choque contra dispositivos del cruce	30-40
Mejora del alineamiento vertical	Choque contra tren	40-50
	Choque contra dispositivos del cruce	30-40
Mejora de los alineamientos horizontal y vertical	Choque contra tren	50-70
	Choque contra dispositivos del cruce	60-80
Mejora de la delineación	Choque contra tren	20-30
	Choque contra dispositivos del cruce	20-30
Iluminación	Choque contra tren	10-20
	Choque contra dispositivos del cruce	20-30
Señales de advertencia	Choque contra tren	10-20
	Choque contra dispositivos del cruce	10-20

Fuente: K.W. Ogden, *op. cit.*, p. 150.

Otras medidas que han sido implementadas, pero de las cuales se desconocen cuantitativamente sus efectos potenciales son las siguientes:

- Campañas a través de los medios de comunicación masivos y mediante materiales impresos de tipos diversos (como folletos, carteles y dípticos). Estas campañas han sido orientadas para que los conductores obedezcan las señales de tránsito, con el objeto de que realicen alto antes de cruzar las vías del ferrocarril y tengan las precauciones necesarias al continuar su recorrido¹¹⁹.
- Cursos de educación vial orientados a los niños en edad escolar elemental, para que adquieran la conciencia de como utilizar adecuadamente los caminos por los que transitarán sus vehículos¹²⁰.

¹¹⁹ Lozada Bautista Antonio, et al., *op. cit.*, pp. 121 y 122

¹²⁰ *Ibid.*, p. 124.

- Sistema de advertencia a bordo, para los conductores de autobuses escolares y de vehículos de servicios de emergencia. Este sistema usa un transmisor de baja potencia localizado en los cruces ferroviarios y que es activado cuando algún tren se aproxima a él. El transmisor envía una señal, en el área cercana al cruce, que activa a un equipo receptor instalado en los autobuses escolares y vehículos de servicios de emergencia, para alertar a sus conductores de la presencia de un tren, mediante un aviso sonoro o visual o ambos. Este proyecto considera incorporar tecnología ya probada y de uso común, para mantener los costos no muy elevados y asegurar la confiabilidad del sistema. El proyecto piloto empezó las pruebas con dispositivos transmisores en ocho cruces ferroviarios del área metropolitana de Chicago (E.U.A.). Se ha estimado que el equipamiento de cada cruce ferroviario con los transmisores prototipo y los sistemas de detección asociados, tendrá un costo de aproximadamente 50,000 dólares, y el costo de los dispositivos en los vehículos escolares y de emergencia se estima entre 50 y 100 dólares. El costo estimado de todo el estudio es de entre 500,000 y un millón de dólares. Si las pruebas en los sitios experimentales resultan favorables, el proyecto piloto podría ser extendido a cruces adicionales en otras áreas¹²¹.

Recientemente se han hecho severas críticas en relación con las medidas establecidas actualmente en los Estados Unidos, para abatir los accidentes en los cruces ferroviarios. Muchas de estas críticas también pueden aplicarse al caso de México, por ello a continuación se mencionan las más relevantes¹²².

Todos los accidentes en cruces ferroviarios teóricamente pueden ser evitados. Por ejemplo, la ciudad de Nueva York (E.U.A.) no tiene accidentes en cruces ferroviarios dado que ninguno de sus cruces peligrosos es a nivel. Si todos los dispositivos de seguridad fueran instalados y conservados adecuadamente, habría muy pocos o menos graves accidentes en los cruces de ferrocarril. En los Estados Unidos hay aproximadamente 5,000 accidentes graves de este tipo, cada año, los cuales dejan un saldo para este mismo período de aproximadamente 1,500 muertos. Algunos investigadores consideran que el deber de evitar los accidentes, en los cruces ferroviarios, no debe corresponder únicamente a los conductores y peatones, sino que debería ser en realidad una responsabilidad en mayor grado de los ferrocarriles. La legislación del estado de Ohio (E.U.A.) ha tenido recientemente reformas en sus leyes para hacer responsables a los ferrocarriles de algunos tipos de accidentes en cruces ferroviarios. El término, en el moderno estado de las leyes que ha dado una mayor responsabilidad a los ferrocarriles, es el de *cruce ultra-peligroso (ultra-hazardous crossing)*. Lo cual tiene sentido y podría muy bien aplicarse a México, con el fin de que los ferrocarriles apliquen mejores medidas en aquellos cruces de peligro extremo.

Estas críticas indican también que las principales causas de los accidentes en cruces ferroviarios son debidas a:

- (1) Condiciones del cruce. Mientras más ancho sea el cruce, mayor tiempo tomará cruzarlo. El asfalto en el área del cruce rara vez recibe mantenimiento, comúnmente presenta tierra, grava y baches, lo cual distrae a conductores y peatones por lo que produce un tiempo adicional para pasar por él, creando así un incremento del peligro en dicha zona.

¹²¹ State of Illinois Home Page, <http://www.state.il.us/Gov>, Railroad Crossing Program, E.U.A., 1996, pp. 1 y 2.

¹²² Landskroner Lawrence, The importance of investigating railroad crossing accidents, lawyers@landskroner.com, E.U.A., 1996.

- (2) Obstrucciones en la visibilidad. Los cruces y sus áreas circundantes son frecuentemente eclipsados por arbustos, árboles, fábricas, etcétera. Por ello, los ingenieros en seguridad al diseñar el cruce deben anticiparse a las condiciones del tránsito, clima, iluminación y factores del medio circundante.
- (3) Velocidades de los trenes y dispositivos sonoros. Los registros de velocidad de los trenes indican algunas veces valores de hasta 130 km./h., cuando se aproximan a los cruces, particularmente en áreas de poblados pequeños. Por otro lado, los semáforos con campanas son instalados sin considerar estas velocidades ni la audibilidad de las campanas en el cruce. Dado que no se considera el efecto encubridor del ruido de las fabricas, motores de los camiones diesel, niños en las escuelas, motociclistas y otros factores externos. Por ello, estos dispositivos son anacrónicos y en su lugar deben ser instalados modernos dispositivos de advertencia.
- (4) Inadecuada protección en los cruces. Comúnmente, los dispositivos de seguridad consisten en cosas tales como: señales preventivas, semáforos con luces destellantes, campanas y otros elementos que deberían hacer al cruce más seguro. De acuerdo con el *Department of Transportation* de la *Federal Building Railroad Administration*, alrededor del 80% de los 223,000 cruces ferroviarios a nivel, en los Estados Unidos, no están protegidos con los dispositivos de seguridad adecuados¹²³, y más del 40% de los accidentes en los cruces de ferrocarril, ocurren en aquéllos que tienen alguna forma de protección con luces destellantes, barreras abatibles o campanas. Sin embargo, la mayoría de los cruces en áreas rurales tienen únicamente dispositivos de advertencia pasivos.

3.3.2.2. Choques entre equipo ferroviario.

Este tipo de colisiones puede subdividirse en: a) Choques entre trenes y b) Choques de tren contra auto-armón. En ambos casos los choques pueden ser por alcance o por encuentro frontal (los más graves). Los choques entre equipo ferroviario son causados generalmente por error humano, ya sea por parte de los maquinistas o de los despachadores o de los encargados de los auto-armones. En particular, los choques entre trenes aunque nos son muy comunes, cuando se presentan suelen producir enormes pérdidas materiales (por la destrucción y daños en el equipo de arrastre y tractivo principalmente) y también cuantiosas pérdidas humanas, principalmente en choques que involucran trenes de pasajeros. Dado que estos accidentes, como ya fue indicado, son atribuibles generalmente al error humano, remarcan la importancia de que el personal técnico ferroviario que realiza las funciones de despachador y de maquinista haya aprobado sus exámenes psicofísicos y sus cursos de instrucción y actualización, además de poseer la experiencia, conocimientos técnicos y habilidades necesarias para el desempeño de sus actividades¹²⁴.

El Reglamento de Transporte de Ferrocarriles Nacionales de México¹²⁵, indica las obligaciones de los maquinistas, despachadores y encargados de auto-armones. Las reglas que deben seguir los maquinistas se establecen en los artículos 401 a 413 de este reglamento. Por su parte los

¹²³ Para México este valor se desconoce, pero dado que en nuestro país los recursos materiales son más limitados que en los Estados Unidos, el porcentaje de cruceros a nivel sin una adecuada protección debe ser mayor al 80%, lo cual es alarmante.

¹²⁴ Tal como lo estipula el Reglamento del Servicio Ferroviario, op. cit., artículo 146, fracciones III y IV, p. 32.

¹²⁵ Subdirección General de Operación de Ferrocarriles Nacionales de México, Reglamento de Transporte de FNM, México, 1990 (vigente desde el 1 de enero de 1944).

despachadores deben cumplir con los artículos 333 a 338. En cuanto al movimiento de los auto-armones, con el propósito de evitar accidentes, este reglamento establece los artículos 462 a 508. El reglamento también indica que los encargados de los auto-armones están obligados a protegerse y a dejar libre la vía en caso necesario para el paso de los trenes, y además indica cómo deben protegerse los auto-armones contra los trenes u otros vehículos que corran sobre la vía (artículo 462). Entre otros puntos estos artículos señalan las obligaciones de los encargados de los auto-armones, la distancia mínima que deben guardar atrás de un tren (artículo 469), la separación entre dos auto-armones en marcha o entre grupos de auto-armones (artículo 470), sus velocidades máximas, que en ningún caso deberán ser mayores a 30 km./h. (artículo 484), y las instrucciones a seguir en caso de niebla, lluvia o nevada (artículo 486).

Una observación importante en relación con el nuevo Reglamento del Servicio Ferroviario, es que éste no establece como requerimiento para los operadores de auto-armones (motoristas), la posesión de licencia federal ferroviaria. Sin embargo, ésta es una grave omisión dado que estos operadores al manejar vehículos que circulan por las mismas vías del tránsito de trenes, deberían también cumplir con los requerimientos psicofísicos, de conocimientos y habilidades para realizar sus funciones. Al no cumplir con estos requerimientos, es muy probable que interfirieran negativamente con el trabajo de otros motoristas y maquinistas, lo cual propicia una operación insegura de los vehículos que circulan por las vías férreas.

El ferrocarril está clasificado como un modo de transporte de “un sólo grado de libertad”, es decir, los trenes pueden solamente ir y venir a lo largo de una misma senda. Al tener sólo un grado de libertad, los trenes dependen de un sistema de control adecuado de tránsito para poder operar con seguridad. Si por alguna razón sus trayectos se cruzan o se alcanzan en la misma dirección o en la opuesta, una colisión es inevitable¹²⁶.

Inicialmente, el sistema de control de tránsito de los trenes tenía como propósito básico, proporcionar condiciones de seguridad satisfactorias para la circulación. Después a este objetivo se le han agregado los de aumentar la capacidad de las vías y de optimizar el uso de los equipos. Dentro de los dispositivos y sistemas de control que evitan las colisiones entre equipo ferroviario se tienen: dispositivos de señales, de bloqueo y de enclavamiento, y sistemas de control directo de tráfico (CDT), de parada automática de trenes (ATS, *Automatic Train Stop*), de control automático de trenes (ATC, *Automatic Train Control*) y de control de tráfico centralizado (CTC, *Centralized Traffic Control*)¹²⁷.

Los dispositivos de señales transmiten formas o códigos preestablecidos que indican la situación prevaleciente en un lugar o que expresan instrucciones del despachador. Pueden ser señales (que indican la condición de operación del tren, por ejemplo, de baja velocidad por obras y de emergencia mediante la explosión de petardos¹²⁸), señas o marcas (que indican la intención de un

¹²⁶Armstrong Jhon H., *op. cit.*, p. 101.

¹²⁷ De Buen Richkarday Oscar, Apuntes de Tecnología del Transporte y Manejo de Carga (documento inédito), pp. 26 a 29.

¹²⁸ El Reglamento de Transporte de FNM, *op. cit.*, es anacrónico en cuanto algunas reglas para señales. Por ejemplo, indica el uso de señales con luces de bengala (art. 11, le indican al maquinista que debe parar su tren) y mediante la explosión de petardos (art. 15, ésta es una señal preventiva que le indica al maquinista una condición anormal que posiblemente lo obligue a detenerse más adelante). Estas señales además son peligrosas, dado que pueden producir incendios, explosiones y lesiones. Afortunadamente, pueden ser substituidas por modernos sistemas de comunicación, por ejemplo, con sistemas de telefonía inalámbrica. Debemos remarcar que este reglamento está vigente desde hace más de medio siglo (desde el año 1944).

encargado, por ejemplo, marcadores que anuncian maniobras) e indicadores (que se refieren a la situación en un lugar, por ejemplo, de límites de velocidad).

Los dispositivos de bloqueo se utilizan para asegurar la circulación de un sólo tren en un determinado tramo de la vía, denominado tramo de bloqueo. Su propósito es asegurar que un sólo tren ocupe en cierto momento el tramo de bloqueo, con objeto de mantener la seguridad de operación independientemente de la velocidad a la que circulan los trenes. Los sistemas de operación por bloqueo pueden ser manuales (manejados por consulta mutua entre operadores) o automáticos (a base de circuitos de vía). En éstos últimos, los trenes aseguran automáticamente los bloqueos, al establecer una señal de alto para cualquier otro tren que quiera entrar al tramo de vía ocupado.

Los dispositivos de enclavamiento garantizan la seguridad de una ruta al evitar errores en el manejo de señales o juegos de cambio. Se trata de mecanismos que establecen relaciones eléctricas o mecánicas seguras entre juegos de cambio y señales, de tal forma que una señal que indique proseguir, sólo pueda hacerlo después de la activación no nada más de los juegos de cambio que establezcan la ruta en cuestión, sino también de aquellos que, ubicados en otras vías, pudieran llevar a usos conflictivos de tramos de vía en la ruta.

El sistema de control directo de tráfico (CDT) se basa en la comunicación directa entre el despachador y el maquinista, para protección de los tramos por el movimiento de trenes y vehículos ferroviarios en una vía principal. La autorización para la ocupación de cada tramo es otorgada directamente por el despachador al tren o vehículo, mediante instrucciones dadas por radio y grabadas simultáneamente. Este sistema sustituye las órdenes por escrito, con intermediación de los jefes de estación o telegrafistas. El sistema de despacho CDT sustituye el uso del telégrafo por la radiocomunicación, anula las demoras cotidianas de los trenes por recepción y cambio de órdenes, reduce las demoras en camino por encuentro de trenes por clase y dirección, y disminuye la posibilidad de choques o alcances. Asimismo, este sistema permite incrementar la utilización de las vías por encima de la capacidad normal con órdenes de tren, difiriendo inversiones en sistemas más costosos, como el CTC¹²⁹.

Los sistemas ATS y ATC destacan por su relevancia para la operación segura de trenes¹³⁰. El sistema ATS detiene automáticamente al tren si el maquinista no activa los frenos, si conduce a una velocidad excesiva o si se requiere hacerlo por una situación de emergencia en la vía. El sistema ATC controla automáticamente la velocidad del tren en función de la distancia al tren que lo antecede, de las características geométricas de la vía y de la situación de los juegos de cambio.

El sistema CTC está diseñado para el control remoto de la circulación de trenes en sustitución del tradicional sistema de órdenes de tren¹³¹. El CTC consiste en un circuito eléctrico a todo lo largo

¹²⁹ Miranda H. Juan Carlos, Situación Actual de los Ferrocarriles Mexicanos, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, p. 20.

¹³⁰ De Buen Richkarday Oscar, op. cit., pp. 29 a 32.

¹³¹ El sistema de órdenes de tren (OT) o estándar se usa en vías con poco tránsito, se basa en la entrega de órdenes escritas a la tripulación de cada tren, que envía el despachador (responsable) de trenes a las estaciones de ruta, a través de radio, teléfono selectivo o telégrafo. Si las órdenes que recibe la tripulación exigen la desviación del tren hacia un ladero para esperar un encuentro o un rebase, los juegos de cambio son posicionados por personal que viaja a bordo del tren (garroteros). Sin embargo, el sistema de OT requiere que los trenes se detengan para recibir las órdenes de las estaciones, provocando demoras y entorpeciendo la circulación, lo cual se refleja en una baja capacidad de operación vehicular de la

de la vía, conectado a un puesto central de control y a las señales y juegos de cambio ubicados en el territorio controlado. Desde el puesto central, el despachador activa señales y juegos de cambio, y en un tablero de control verifica lo realizado y cuenta con retroalimentación permanente sobre la circulación de los trenes en la vía. El sistema CTC es un gran adelanto respecto a las órdenes de tren, pero tiene limitaciones que exigen otros sistemas de señalización y control cuando el tránsito es elevado (y por lo general, cuando por esa misma razón la vía ya es doble). Entre ellas destaca la constante supervisión y mantenimiento del cableado, y su protección contra la interferencia de otros sistemas de conducción, como por ejemplo, cuando la vía es electrificada¹³².

Actualmente en el sistema ferroviario de México existen tres sistemas de control de trenes: el sistema de órdenes de tren (OT), el sistema de control directo de tráfico (CDT) y el sistema de control de tráfico centralizado (CTC).

El sistema de OT es utilizado en 14,096.8 kilómetros de líneas troncales del sistema y está regido por el Reglamento de Transporte de FNM.

El sistema de CDT, fue instalado por primera vez en los ferrocarriles mexicanos el 15 de octubre de 1993 en el Distrito de Monterrey (entre Monterrey y Nuevo Laredo), en sustitución del sistema de OT. Este sistema se encuentra operando actualmente en 4,964.2 kilómetros de vías.

Por su parte el sistema de CTC, se encuentra instalado en 1,627 kilómetros de vías, básicamente en las rutas México-Monterrey y México-Guadalajara y representa el 7% de la red de vía troncal del sistema. Algunos de sus tramos fueron instalados entre los años 1947 y 1975, los cuales disponen de circuitos direccionales, línea física y control por relevadores. En cambio, los últimos tramos instalados están constituidos por código de vía, radio y control por computadora¹³³.

En un proyecto de investigación reciente en relación con corredores de alta velocidad¹³⁴ (arriba de 130 km./h.) de trenes de carga y pasajeros, se encontró que la efectividad en la mitigación de accidentes de choque de trenes, mediante el ATC y el ATC avanzado, es significativa. El análisis indicó una reducción del 68 y 81% respectivamente para este tipo de choques, y para otros tipos de colisiones, incluyendo choques contra auto-armones y automotores, la reducción fue del 28 y 32% respectivamente.

Avances tecnológicos en el diseño de coches de ferrocarril para trenes de pasajeros. Aunque la tendencia del transporte de pasajeros por ferrocarril en México es a disminuir¹³⁵, todavía en el año de 1996 fueron transportados 6.75 millones de pasajeros en este modo de transporte¹³⁶. A pesar del

ruta, además como está basado en el establecimiento de clases y superioridades de trenes, provoca omisiones, malas interpretaciones y confusiones, lo cual afecta la seguridad de la operación. De Buen Richkarday Oscar, *op. cit.*, pp. 30 y 31, y Miranda H. Juan Carlos, *op. cit.*, p. 20, con modificaciones propias.

¹³² Tello Sandoval Javier, *Operación Ferroviaria*, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, p. 22.

¹³³ Miranda H. Juan Carlos, *op. cit.*, pp. 20 y 21.

¹³⁴ Ullman Kenneth B. y Bing Alan J., *Operations and Safety Considerations in High-Speed Passenger/Freight Train Corridors*, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995, pp. 37 a 49.

¹³⁵ Con una tasa de crecimiento medio anual negativa, TCMA = -8.2%. Martínez Alejos Ramiro, et. al., *op. cit.*, p. 121.

¹³⁶ Miranda H. Juan Carlos, *op. cit.*, p. 12.

relativo poco movimiento de pasajeros por ferrocarril en México, ocasionalmente los trenes de pasajeros han estado involucrados en choques, por ello, a continuación se indican las más recientes evaluaciones de estrategias de resistencia a los impactos, en colisiones de trenes de pasajeros.

Se han realizado estudios para evaluar la efectividad de las estrategias que proporcionan resistencia a los impactos en las estructuras de los coches de ferrocarril y en sus interiores, para distintas velocidades de colisión¹³⁷. La práctica convencional de diseño ha conducido a la fabricación de coches de ferrocarril con una resistencia estructural básicamente uniforme a lo largo de toda su longitud. Esta resistencia estructural uniforme causa que el aplastamiento estructural en el tren, durante una colisión, se presente uniformemente a través de tanto las áreas ocupadas como de las no ocupadas. La propuesta de una distribución controlada de la energía del impacto, resulta en un diseño de coches de ferrocarril con una resistencia longitudinal variable, dado que estos coches poseen una alta resistencia estructural en las áreas ocupadas por pasajeros y una baja resistencia en las áreas no ocupadas por ellos. Así, esta propuesta de diseño intenta distribuir el aplastamiento estructural a través de las áreas no ocupadas del tren, para preservar los espacios de los ocupantes y para limitar las desaceleraciones de los coches de ferrocarril. Por otro lado, este estudio mediante el análisis de la resistencia a los impactos en el interior de los carros, evaluó la influencia de la configuración de los interiores y de la sujeción de los ocupantes en relación con la incidencia de heridos y muertos, que resultan como consecuencia de los movimientos de los ocupantes durante una colisión.

Los trenes pueden chocar contra objetos relativamente pequeños sobre la vía, tales como animales, automóviles y auto-armones. Sin embargo, algunas veces el objeto puede tener una masa significativa como es el caso de otro tren. Adicionalmente a la colisión primaria, entre el tren y el objeto impactado, hay también una colisión secundaria, entre los ocupantes del tren y el interior de los coches de ferrocarril. Las causas que originan lesiones leves o fatales asociadas con las colisiones primarias son: aplastamiento de los compartimientos de los ocupantes, en los cuales los ocupantes mismos son también aplastados; penetración local de objetos dentro del compartimiento de los pasajeros, en donde un objeto se introduce dentro del compartimiento de los ocupantes y directamente los golpea; y expulsión de los ocupantes fuera de su compartimiento, en este caso un ocupante es lanzado fuera del tren y es golpeado por algún elemento del camino. Por su parte las causas que originan heridos y muertos, asociadas con las colisiones secundarias son: desaceleración excesiva de la cabeza o tórax de los ocupantes y fuerzas excesivas aplicadas en sus cuerpos, como por ejemplo, cargas axiales en el cuello.

El primer objetivo del diseño de coches de ferrocarril con distribución controlada de la energía del impacto, es preservar un volumen de ocupación mínimo para los pasajeros que experimentan la colisión. Para preservar este volumen, los compartimientos de los ocupantes se diseñan con la suficiente resistencia estructural. El segundo objetivo es limitar las fuerzas y desaceleraciones que sufren los ocupantes, a los niveles aceptables de la tolerancia humana. Esto se logra a través de una combinación de medidas de diseño estructural, que permiten que algunas partes de los coches de ferrocarril sean aplastadas de una forma predeterminada y de este modo se limiten las desaceleraciones, y usando medidas de diseño en los interiores para soportar los impactos, como por ejemplo, mediante la sujeción de los pasajeros con cinturones de seguridad (tanto pélvicos como pélvico-torsales) y aplicando en el diseño de los interiores materiales disipadores de energía (amortiguadores de impactos).

¹³⁷ Tyrell D., Severson-Green K. y Marquis B., Evaluation of Selected Crashworthiness Strategies for Passenger Trains, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995, pp. 50 a 58.

Las bondades del diseño de coches de ferrocarril con distribución controlada de la energía del impacto, para mitigar los efectos de los choques en los pasajeros, en relación con los coches diseñados con resistencia estructural uniforme, se han determinado mediante la modelación en computadoras del choque de trenes.

Los trenes para la modelación en estos análisis consideran el siguiente arreglo: una locomotora al frente con un peso de 890 kN (90.75 toneladas), seis coches de ferrocarril con un peso de 534 kN (54.4 toneladas) cada uno y otra locomotora al final, de igual peso que la frontal. El escenario considerado es el de un tren en movimiento que choca contra otro tren que está sin movimiento. Los impactos se analizan para distintas velocidades de aproximación, tanto para el diseño tradicional como para el de distribución controlada de energía.

En la Figura 3.3.(a) se ilustra la pérdida de longitud (lo que lleva implícito cierto volumen al considerar el área transversal de los coches) en cada uno de los coches de ferrocarril para el diseño convencional y para cuatro distintas velocidades de colisión, que van desde 16 m/s (57.6 km/h) hasta 63 m/s (226.8 km/h). Obsérvese cómo la mayor parte de la pérdida de volumen se presenta en el primer coche de ferrocarril. La figura muestra que el aplastamiento en el tren empieza en su parte frontal y se propaga hacia su parte trasera. La Figura 3.3.(b) ilustra la pérdida de volumen para los ocupantes en cada uno de los coches para el diseño mediante una distribución controlada de la energía del impacto, para el mismo rango de velocidades del caso anterior.

La Figura 3.4. muestra los movimientos de un pasajero, simulados por computadora, durante una colisión de trenes para tres condiciones preestablecidas del ocupante: sin sujeción, con cinturón de seguridad pélvico y con cinturón de seguridad pélvico-torsal. El análisis consideró que los ocupantes estaban sentados en hilera y mirando hacia el frente del tren.

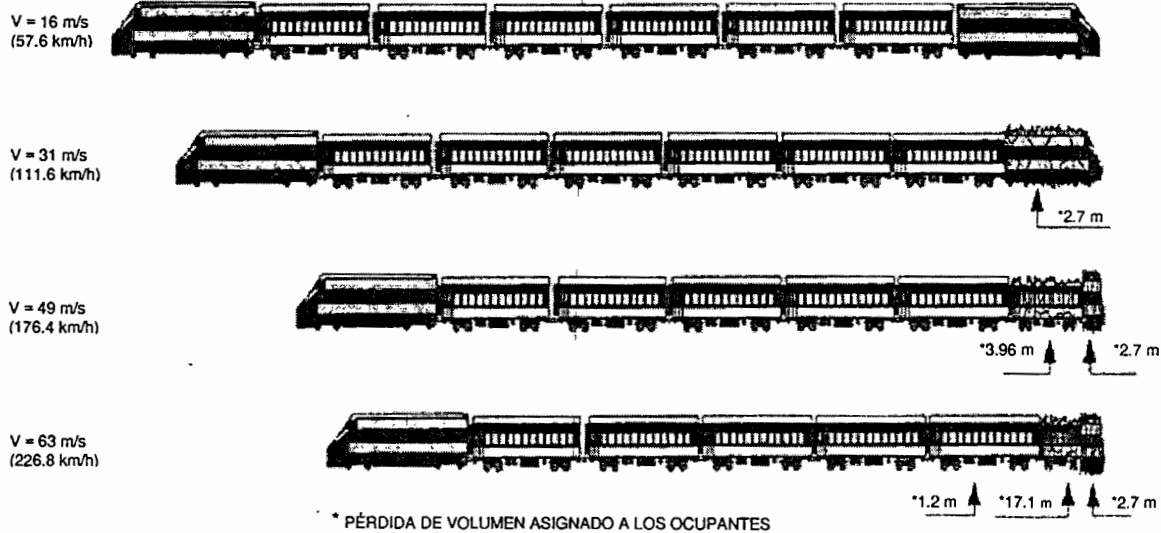
La simulación de los movimientos fue generada al considerar la cinemática del cuerpo humano, pero no muestra las deformaciones de los elementos del cuerpo del ocupante (tales como cabeza, cuello o pecho) ni las deformaciones del asiento. Los resultados del análisis muestran que los movimientos del ocupante durante una colisión son indiferentes a los pulsos del choque. Estos movimientos dependen principalmente de la configuración del interior del coche de ferrocarril, y del tipo de sujeción de los ocupantes. En cambio, la velocidad instantánea de los ocupantes en cualquier momento dado durante su movimiento, sí es sensible a los pulsos de la colisión. El tipo de lesiones en los ocupantes dependerá del tipo de sujeción y del tipo de interior del coche, pero en todo caso las fuerzas y desaceleraciones que les pueden causar daño, dependerán de los pulsos del choque y de las características fuerza/deflexión de la superficie contra la que golpean.

De acuerdo con las condiciones consideradas, ambos tipos de diseños, tanto el tradicional como el de distribución controlada de la energía del impacto, preservan suficiente volumen para los ocupantes durante una colisión de trenes, cuando ésta se presenta a una velocidad menor a 31 m/s (111.6 km/h). Sin embargo, para choques de trenes con velocidades mayores a 31 m/s (111.6 km/h) la propuesta de diseño de distribución controlada de la energía del impacto es significativamente más efectiva, que el diseño tradicional, en preservar espacio para los ocupantes.

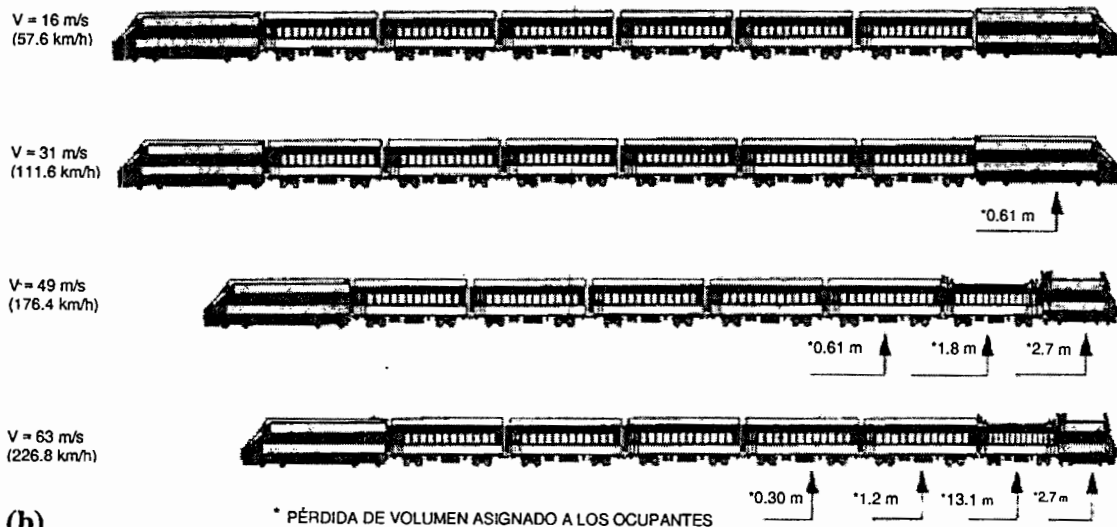
Por otro lado, para todo el rango de velocidades de colisiones analizadas, la nueva propuesta produce una desaceleración inicial mucho menor sobre los ocupantes, que la producida por el diseño convencional.

También, el nuevo diseño mediante el uso de cinturones de seguridad para los ocupantes reduce la probabilidad de heridos y muertos, como consecuencia de las colisiones secundarias para todo el

rango de velocidades consideradas, siempre y cuando los ocupantes no hayan muerto debido a la pérdida de volumen en sus compartimientos.



(a)



(b)

Fuente: Tyrell D., Severson-Green K. y Marquis B., Evaluation of Selected Crashworthiness Strategies for Passenger Trains, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995, p. 52.

Figura 3.3. Pérdida de volumen para los ocupantes del tren bajo distintas velocidades de colisión: (a) diseño convencional; (b) diseño mediante una distribución controlada de la energía del impacto.

Estudios similares al anterior han concluido que un buen diseño y una adecuada localización de las zonas de aplastamiento controlado (zonas de "sacrificio") pueden reducir significativamente el número de muertos y heridos durante los choques de trenes, y cuando son combinados con el uso

de interiores que disipan la energía de las colisiones secundarias, el diseño integrado puede también reducir y aún eliminar lesiones severas en los ocupantes de los trenes¹³⁸.

Considerando el gran número de trenes de pasajeros que son usados diariamente en todo el mundo, estos nuevos diseños pueden favorecer reducciones significativas del número de heridos y muertos que se producen como consecuencia de las colisiones entre trenes.



Fuente: Tyrell D., Severson-Green K. y Marquis B., Evaluation of Selected Crashworthiness Strategies for Passenger Trains, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995, p. 55.

Figura 3.4. Movimientos de un ocupante sentado en el interior de un tren que choca.

En la Tabla 3.2. se muestran los valores de las velocidades máximas comúnmente alcanzadas por los trenes en las vías de nuestro país de acuerdo al tipo de servicio prestado. Obsérvese cómo los valores máximos son alcanzados por los servicios Pasajero/Mixto, Automotriz/Intermodal y Directo/Primer Manifiesto, y que varias combinaciones de choques frontales de ciertos tipos de servicio podrían ocurrir a velocidades relativas entre trenes mayores a 111.6 km./h., que es el valor a partir del cual el diseño de distribución controlada de la energía del impacto rinde mayores beneficios con relación al diseño tradicional. Por ejemplo, una colisión frontal entre un tren Pasajero/Mixto y un Metalero, podría ocurrir a una velocidad relativa de entre 120 y 130 km./h. (90+30 y 90+40 km./h.).

¹³⁸ Subhasish Chatterjee y Jhon F. Carney III, Passenger Train Crashworthiness-Secondary Collisions, Transport Research Record No. 1531, National Academy Press, E.U.A., 1996, pp. 13 a 19.

Tabla 3.2.

Tipo de servicio de trenes y velocidad máxima alcanzada.

Tipo de servicio	Velocidad máxima (km./h.)
N/M- Pasajero/Mixto	90
A/I- Automotriz/Intermodal	80-90
D- Directo/Primer Manifiesto (compromiso)	80-90
Q- Químico	50-60
D- Directo/Carga regular	50-60
F- Metalero	30-40
T/L- Turno/Local	30-40
W/H- Trabajo/Hospital	10-40

Fuente: Tello Sandoval Javier, *op. cit.*, p. 10.**3.3.3. Descarrilamientos.**

Dentro de las principales causas por las que se pueden presentar los descarrilamientos de trenes se tienen las siguientes: resonancia de los carros de ferrocarril, trenes largos, mantenimiento inadecuado de la vía y del equipo de arrastre, procedimiento inadecuado de carga, obstáculos en la vía, descuido del personal ferroviario y vandalismo. A continuación se discuten estas causas, junto con sus medidas específicas.

A) Por resonancia de los carros de ferrocarril. Ciertos carros de ferrocarril tienen un centro de gravedad alto y un espaciamiento entre *trucks*¹³⁹ casi igual a la distancia de separación entre las uniones de tramos de vía (11.88 m. ó 39 pies). Estos carros pueden generar un movimiento de balanceo resonante, que producirá que las ruedas de un lado del *truck* se despeguen del riel. Por lo que pueden descarrilarse fácilmente en una curva cuando se muevan con una velocidad de 24 a 40 km./h., que es el rango en el cual la resonancia se presenta. Este tipo de balanceo es difícil de controlar, debido a que se presenta a una velocidad baja. Este problema es atacado mediante una combinación de uso de riel soldado y arreglos de amortiguamiento adicional. Provisionalmente, pueden establecerse restricciones operativas, para evitar que los trenes se muevan dentro del rango de las velocidades peligrosas en vías con curvas¹⁴⁰.

B) Por trenes largos. Hasta principios de los años ochenta se había venido observando una evolución en el crecimiento del tamaño de los trenes de carga pasando de 40 a 60; 80; 100; 140... y hasta 200 carros. Esto fue posible mediante el uso de locomotoras múltiples diesel, carros con rodamientos sobre baleros, modernos frenos de aire y el empleo de radio-control para operar a las locomotoras al frente y a la mitad del tren. Sin embargo, la operación de este tipo de trenes tuvo algunos inconvenientes.

¹³⁹ El *truck* (también conocido como *bogie*, *boggie*, carretón, carro giratorio o carretilla guía) es un bastidor que lleva dos ejes y cuatro ruedas, el sistema de suspensión del carro y parte del sistema de frenado, entre otros componentes y que además soporta la carrocería del carro por gravedad. Cada carro de ferrocarril lleva dos *trucks*, uno en cada extremo, para sostener la carrocería y permitir que ruede. Ref. De Buen Richkarday Oscar, *op. cit.*, p. 44; y Javier L. Collazo, *Diccionario Enciclopédico de Términos Técnicos*, Volumen 2, McGraw-Hill Book Company, México, 1987, p. 1627.

¹⁴⁰ Armstrong Jhon H, *op. cit.*, p. 78.

En México, el tren largo afectó inicialmente sólo las demoras, debido a la insuficiencia del tamaño de los escapes (laderos), por lo que fue necesario alargarlos. No obstante, los trenes largos, no sólo precisaban de largos escapes, sino que causaron serios trastornos en patios y terminales, lo cual obligó a limitar su tamaño con un menor número de carros. Estudios hechos por consultores extranjeros para FERRONALES indicaron en relación con los descarrilamientos que los trenes con más de 150 carros se descarrilan con muy elevada frecuencia. Por lo que los descarrilamientos no imputables a la vía, sino al número de carros, se incrementa en un 25% entre un tren corto, menor de 100 carros, y un tren largo, de 140 o más carros¹⁴¹. Así la recomendación, por cuestiones de seguridad, de limitación de los tamaños de escapes y por requerimientos de tripulación adicional, es la de no armar trenes largos.

C) Por mantenimiento inadecuado de la vía. El constante paso de trenes sobre una vía la expone a esfuerzos que a la larga la deterioran, en una progresión que afecta de distintas maneras los elementos constitutivos de la sección. El riel, dependiendo de su posición en la vía (en tangente, curva, zona de frenado, etcétera) y del tipo de cargas a las que esté sujeto, puede desgastarse, deformarse, desalinearse, desnivelarse y hasta puede llegar a romperse. El durmiente se desgasta, pierde resistencia por fatiga y, dependiendo del material con que esté fabricado, se descompone, se pudre o se quiebra. El balasto pierde material, se desacomoda y se entierra en la subrasante y los esfuerzos generados por el paso de los trenes se transmiten en forma desfavorable hacia las capas sustentantes. Los incrementos en los volúmenes de carga transportados y el consecuente aumento en el número de trenes en circulación, las mayores velocidades de operación y, sobre todo, el incremento del peso por eje en locomotoras y carros son factores que contribuyen al deterioro de las vías.

La conservación de vías férreas es indispensable para cualquier empresa ferroviaria. El descuido de la conservación reduce la calidad de los servicios ofrecidos, genera riesgos y deficiencias en la operación de trenes y a la larga resulta más costosa que una conservación permanente, preventiva y programada, pues provoca daños prematuros y a veces evitables al riel, a los materiales y accesorios de la vía. Además es causa de mayores daños al equipo rodante, tanto tractivo como de arrastre, lo que abate sus coeficientes de disponibilidad y causa erogaciones adicionales. Por los motivos apuntados, dar mantenimiento adecuado a las vías tiene una alta prioridad para la economía y la seguridad en las empresas ferroviarias.

La conservación normal es aquélla que se realiza frecuentemente. Incluye trabajos orientados a corregir defectos menores y a mantener adecuadas condiciones de drenaje en la vía, reponer material defectuoso, vigilar los sistemas de fijación del riel al durmiente y mantener un adecuado apoyo de los durmientes sobre el balasto.

La conservación extraordinaria se da cuando ocurren hechos que la justifiquen, como la rotura de un riel o la reparación de una vía dañada en un descarrilamiento. Este tipo de conservación no admite demora por la urgencia de restablecer el paso en la vía, sin embargo, un buen programa de conservación preventiva hará disminuir los requerimientos de conservación extraordinaria en una red.

¹⁴¹ Tognó Purón Francisco M., Ferrocarriles, Segunda edición, México, 1982, p. 438.

La rehabilitación de una vía puede describirse como el reemplazo sistemático de elementos constitutivos de la superestructura (durmientes, riel y accesorios de apoyo y sujeción del riel como: planchuelas, grapas, tornillos y rondanas) por haber llegado a límites de desgaste o fatiga.

Las reconstrucciones, por su parte, son las tareas de conservación más completas, complicadas y costosas. Incluyen además de la renovación de la superestructura de la vía, trabajos de compactación o mejoramiento de la subrasante, para una mejor sustentación.

La puesta en marcha de un plan sistemático de inspecciones de vías y estructuras, diseñado según la importancia y la función de cada vía, es un prerequisite indispensable para un sistema de conservación preventiva de vías férreas¹⁴².

En los Estados Unidos, la Ley de Seguridad de los Ferrocarriles (*Railroad Safety Act*) de 1970 dio por primera vez al gobierno federal de ese país (a través de la *Federal Railroad Administration, FRA*) jurisdicción sobre la calidad de las vías. Lo cual condujo al establecimiento de normas de seguridad mínimas para la inspección del terraplén y superestructura de las vías, de su geometría y de los límites de velocidad correspondientes. Para ello fueron definidas seis clase de vías, que varían desde la Clase 1 (para vías que soportan trenes de carga a 10 mph. o de pasajeros a 15 mph.) hasta la Clase 6 (vías para trenes de carga o pasajeros a 110 mph.). Tanto los inspectores estatales como federales de los Estados Unidos, están autorizados para suspender las operaciones en aquellas vías que no cumplan con los requerimientos mínimos de estas normas establecidas, y son impuestas sanciones pecuniarias para aquéllos que no corrijan las deficiencias que les son reportadas. Estas normas de la FRA, son el marco cuyo objetivo es establecer los mínimos requerimientos de las vías para el tránsito seguro de trenes. Desde el punto de vista de los operadores de ferrocarril, estas normas de seguridad generalmente representan tan sólo un valor mínimo, ya que la mayoría de ellos sabe que la construcción y mantenimiento de las vías con normas más rigurosas, producirán en el largo plazo menores costos de operación y mantenimiento¹⁴³.

Estudios recientes relativos a la seguridad y operación de trenes, de carga y pasajeros, indican algunas medidas y su efectividad para abatir los accidentes por descarrilamiento¹⁴⁴. Para este tipo de accidentes, destaca por su gran efectividad la medida que consiste en elevar la clase de la vía hasta su valor de calidad más alto posible. En la Tabla 3.3. se indican las medidas analizadas en estos estudios así como su efectividad.

Tabla 3.3.
Medidas de mitigación para los accidentes por descarrilamiento y su efectividad.

Medida de mitigación de accidentes	Porcentaje de reducción en los accidentes (%)
Mejoramiento de la vía hasta la Clase 6	40
Inspección diaria de la vía	17
Inspección de la geometría de la vía	15
Inspección por grietas en los rieles	8

Fuente: Ullman Kenneth B., et. al., *op. cit.*, p. 48.

¹⁴² De Buen Richkarday Oscar, *op. cit.*, pp. 82 a 85.

¹⁴³ Armstrong Jhon H, *op. cit.*, pp. 41 y 42.

¹⁴⁴ Ullman Kenneth B., et. al., *op. cit.*, pp. 37 a 49.

Dentro del proceso de apertura a la participación de la iniciativa privada que se está dando en FNM y con objeto de evitar análisis subjetivos de las condiciones de la vía y tener un mismo criterio a nivel nacional, la Coordinación Técnica de Vía y Estructuras a través de la Gerencia de Vía y Estructuras de FNM, ha establecido los requisitos mínimos de conservación de vías, lo cual permite, en igualdad de condiciones para los ferrocarriles ya sea regionales o concesionados, programar los trabajos en la vía en función del deterioro real y evaluable de cada uno de sus componentes. Con ello se busca que las condiciones geométricas y estructurales de las vías estén de acuerdo con la densidad del tráfico y la velocidad desarrollada, esto es, a mayor índice de importancia debe corresponder una mayor calidad de vía y como consecuencia estas vías requerirán un mayor mantenimiento¹⁴⁵. Para cumplir con lo anterior las vías del sistema ferroviario nacional se han dividido en seis categorías, según su índice de importancia. Para realizar esta clasificación fue utilizada la fórmula empírica:

$$I = T \times 1.01^V$$

En donde:

I = Índice de importancia de la vía.

T = Tonelaje bruto anual del tramo, en millones de toneladas métricas, y

V = Velocidad máxima de operación de los trenes más rápidos que circulan en el tramo, expresada en km/h.

La clase de vía asignada de acuerdo con el valor del índice de importancia, es la que se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4.

Clase de vía asignada en el sistema ferroviario nacional de acuerdo con el rango del índice de importancia

Clase de vía ¹⁴⁶	Índice de importancia
1	49.9 ó mayor
2	30.7 a 49.8
3	15.3 a 30.6
4	7.7 a 15.2
5	2.7 a 7.6
6	0 a 2.6

Fuente: Miranda Hernández José C., et. al., *op.cit.*, p. 4.

El índice de importancia se debe obtener con base en el tonelaje promedio y las velocidades del horario de operación, de los últimos cinco años, para cada una de las divisiones del sistema ferroviario nacional.

¹⁴⁵ Miranda Hernández José C. y Machado D. Jorge, *Clasificación de Vías y Requisitos Mínimos de Conservación*, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, pp. 1 a 10.

¹⁴⁶ Aquí es importante remarcar que estos números de clase de vía no están relacionados con la clasificación de vía usada en los Estados Unidos, mencionada en párrafos anteriores. Recordemos que en los Estados Unidos la Clase de vía 6 es la de mayor importancia y por lo tanto tiene mejores características y mayores requerimientos de mantenimiento. Por el contrario en la clasificación hecha por FNM la vía clase 6, es la que tiene el menor índice de importancia y por ello sus requerimientos mínimos de conservación son menores.

Con base en la clasificación de las vías se establecieron tolerancias máximas en sus parámetros constitutivos más significativos, con objeto de garantizar una adecuada operación y evitar un deterioro prematuro de los componentes. Cuando las tolerancias son excedidas, corresponderá decidir si se restringe la velocidad en el tramo afectado o bien se recategoriza de nivel la vía a un nivel inferior. Esta decisión estará a cargo del Corporativo de FNM en primera instancia y de la SCT en segunda.

Estos requisitos mínimos se establecieron con base en estudios de la reglamentación de la *Federal Railroad Administration* (FRA); de los reglamentos y boletines internos de algunos ferrocarriles de Estados Unidos, de Canadá y europeos; de las recomendaciones de la *American Railway Engineering Association* (AREA) y de la propia experiencia mexicana. Las supervisiones que se realicen a las vías, deberán hacerse de acuerdo con estos parámetros. Una vía que se encuentre con deficiencia en alguno de sus parámetros, deberá programarse para que sean corregidos estos por quienes tengan a cargo la operación de la línea. En caso de no poder realizar los trabajos después de la supervisión en un tiempo razonable, deberá procederse a limitar velocidades, reclasificar la vía a niveles inferiores o suspender el tránsito.

Los requerimientos mínimos de conservación por clase de vía incluyen entre otros conceptos: deficiencia de alineamiento y de nivel longitudinal, discrepancias respecto al diseño en sobreelevación y escantillón (tanto abierto como cerrado), ancho mínimo de corona del terraplén, espesor mínimo de balasto, número máximo de durmientes defectuosos de madera o de concreto por kilómetro, calibre mínimo de riel¹⁴⁷, desgaste máximo del hongo del riel, y número máximo de clavos o tirafondos faltantes o sueltos por cada 24 durmientes en curva o en tangente¹⁴⁸.

En la medida que se cumpla con estos requerimientos mínimos de conservación de vías se tendrá un mantenimiento adecuado de la vía, lográndose cumplir así con el primer objetivo de esta evaluación y clasificación de las vías, que es garantizar la seguridad del tráfico de trenes en el sistema ferroviario nacional¹⁴⁹.

Debe tenerse presente que la clasificación de cada ruta no es estática, dado que continuamente debe ser actualizada, con objeto de mantener su clasificación de acuerdo con la realidad operativa.

D) Por mantenimiento inadecuado del equipo de arrastre. El mantenimiento de los carros de ferrocarril centra sus principales necesidades en los *trucks*, los cuales incluyen ruedas, ejes, sistemas de suspensión y frenado, y sobre todo en los elementos más críticos del diseño de los carros, sus baleros, ya sea lisos (chumaceras) o de rodillos. El desarrollo de equipos más especializados, como carros refrigerados o articulados de doble estiba, puede requerir un

¹⁴⁷ Es importante mencionar cuales son los valores de los calibres mínimos de riel para las distintas clases de vías, de acuerdo a estos requerimientos mínimos: clase 1, 115 lb/yd; clase 2, 112 lb/yd; clase 3, 110 lb/yd; clase 4, 100 lb/yd; clase 5, 90 lb/yd; y clase 6, 80 lb/yd. Miranda Hernández José C., et. al., op. cit., p. 10.

¹⁴⁸ Un listado completo de todos los requerimientos mínimos de acuerdo con la clase de la vía e ilustraciones relacionadas con las verificaciones, así como un glosario de términos se encuentra en: Miranda Hernández José C., et. al., op. cit., pp. 10 a 33.

¹⁴⁹ Los otros objetivos son: mantener la calidad de la vía en función de su explotación, incorporar mejoras a la vía de acuerdo a los avances tecnológicos y ofrecer parámetros objetivos de evaluación para las inversiones requeridas. Miranda Hernández José C., et. al., op. cit., p. 3.

mantenimiento más complicado¹⁵⁰. Típicamente, los carros de carga son sometidos a reparaciones ligeras, medianas y generales. Las primeras se realizan cada seis u ocho meses, las segundas cada cinco o siete años, mientras que las generales se realizan cada doce o quince años. Por su parte, los coches de pasajeros tienen una periodicidad entre reparaciones más reducida, sus reparaciones ligeras se realizan aproximadamente cada veinticinco días, las medianas cada año y las generales cada tres años. El propósito de cada una de ellas es efectuar las composturas que requiera cada unidad para seguir en operación productiva¹⁵¹.

Cotidianamente, los carros de ferrocarril son inspeccionados cada vez que pasan por un patio o una terminal, con objeto de detectar fallas en el sistema de frenos, roturas o deterioro de ruedas, problemas de la suspensión y otros. Independientemente de los programas de inspección preventiva que estén vigentes, estas revisiones son indispensables para identificar oportunamente los carros que requieran reparaciones menores a efectuarse en las propias terminales, para así reducir las posibilidades de accidentes en las vías¹⁵².

Uno de los aspectos más peligrosos en la operación de los ferrocarriles es el sobrecalentamiento de los baleros de los ejes del *truck*, a este problema se le conoce también como “cajas calientes” (*hot boxes*). Si este problema no es detectado oportunamente, el calentamiento generado por la fricción en el extremo del eje, rápidamente debilitará su material hasta un punto tal que el mismo peso del carro lo romperá. Esto traerá como consecuencia que el bastidor del *truck* caiga sobre el lecho de la vía, lo que potencialmente puede resultar en un descarrilamiento del carro y del tren¹⁵³.

Para detectar este problema han sido desarrollados detectores de rayos infrarrojos que son instalados a un lado de las vías, los cuales examinan los baleros de los trenes conforme estos pasan a su lado. Estos detectores son instalados comúnmente, con intervalos de separación de entre 32 y 80 kilómetros, a lo largo de las principales rutas ferroviarias. Mediante ellos, la temperatura de cada balero es medida y los datos son evaluados en alguna de las dos formas siguientes:

- Una cinta impresa de identificación de cada tren junto con las temperaturas detectadas es transmitida a un puesto central donde son examinadas por especialistas experimentados en este tipo de problemas. Posteriormente las localizaciones de baleros sospechosos son reportadas a la tripulación del tren respectivo mediante radiocomunicación.
- Los baleros sobrecalentados son detectados por técnicas sofisticadas que miden la temperatura diferencial entre los baleros de un mismo eje y que además consideran criterios distintos de discriminación según el tipo de balero instalado en el *truck* (los baleros de rodillos operan a temperaturas mayores que los baleros lisos). El reporte para la tripulación, de los baleros sospechosos, se hace por medio de radiocomunicación o mediante un tablero instalado a un lado de la vía.

¹⁵⁰ De Buen Richkarday Oscar, op. cit., pp. 89 y 90, con modificaciones propias.

¹⁵¹ Fernández y Adame Manuel, Equipo Ferroviario, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, pp. 58 y 59.

¹⁵² De Buen Richkarday Oscar, op. cit., pp. 89 y 90, con modificaciones propias.

¹⁵³ Armstrong Jhon H, op. cit., p. 80.

En forma similar pueden ser detectadas y reportadas las *ruedas calientes*, que estadísticamente son mucho más frecuentes que las cajas calientes. Estas resultan como consecuencia de frenos atorados o no liberados y representan un peligro potencial debido a que también pueden romperse¹⁵⁴.

Las investigaciones en relación con la efectividad de los detectores de cajas calientes indican que estos pueden reducir los accidentes por descarrilamiento hasta en un 4%¹⁵⁵.

E) Por procedimiento inadecuado de carga. El Reglamento del Servicio Ferroviario en su artículo 75¹⁵⁶ establece, entre otras cosas, que los concesionarios *podrán negarse* a prestar el servicio de transporte de carga cuando las dimensiones de la carga excedan los gálibos o libramientos de la ruta de transporte, el peso bruto de la carga exceda los límites establecidos para la capacidad del carro o de la ruta, la carga no se encuentre debidamente embalada o la naturaleza de la misma impida ser estibada conforme a los requerimientos mínimos de seguridad. Sin embargo, este Reglamento al indicar que los concesionarios “podrán negarse”, deja la posibilidad abierta para que estos acepten el transporte de carga bajo condiciones inseguras, al no especificar “*deberán negarse*”; como lo establece el artículo 76 de este mismo Reglamento para otros tipos de cargas que no se deben transportar por ferrocarril. La importancia de esta aclaración radica en que la carga mal estibada puede conducir a accidentes por descarrilamiento y volcamiento.

Hay dos tipos de efectos mecánicos que afectan a la carga y que se originan por el movimiento del tren: la vibración y la aceleración. La vibración es un fenómeno periódico relacionado con las características de los carros y las condiciones de la vía. La frecuencia de la vibración que se presenta en el transporte ferroviario es 2 a 8 Hz. Cuando la carga es transportada por ferrocarril está sujeta a un tipo de vibración severa, repetida y prolongada por muchas horas o días. En cuanto a la aceleración que soporta la carga en condiciones normales es de 0.6 a 1.2 g, durante un frenado brusco de 7 a 12 g, y durante una colisión es de 20 o más g¹⁵⁷. Cuando el tren se encuentra en movimiento hay tres tipos de aceleraciones sobre la carga: la longitudinal que se presenta en los impactos entre carros durante las maniobras del tren, al efectuar cambios de vía y durante todo el trayecto normal; la lateral que se produce por el movimiento de un lado a otro en las suspensiones de los carros y sobre todo en las curvas cerradas; y la aceleración vertical que se produce cuando los carros de ferrocarril pasan por las uniones de las vías y en las ondulaciones de la misma¹⁵⁸.

La carga a granel sólida o seca y líquida no requiere de embalaje, puesto que viaja en los carros-tolva, góndolas y carros-tanque. En cambio, la carga general convencional suelta está compuesta por piezas individuales como cajones, cajas, tambores, sacos, fardos, paquetes, etcétera, los cuales pueden o no ser paletizados, de cualquier forma, requieren ser estibados adecuadamente. Para ello se requieren puntos de ajuste en el interior de los carros con el propósito de asegurar la carga y prevenir el cambio de posición de las piezas de carga suelta¹⁵⁹.

¹⁵⁴ Armstrong Jhon H, op. cit., pp. 119 y 120.

¹⁵⁵ Ullman Kenneth B., et. al.; op. cit., p. 48.

¹⁵⁶ Publicado en el Diario Oficial el día 30 de septiembre de 1996, p. 23.

¹⁵⁷ Ruibal Handabaka Alberto, op. cit., pp. 17 y 18.

¹⁵⁸ Celorio Blasco Carlos, Diseño de Embalaje para Exportación, México, 1993, pp. 67 y 68.

¹⁵⁹ Ruibal Handabaka Alberto, op. cit., p. 119.

A continuación se presentan recomendaciones elementales para colocar, repartir y estibar la carga en los carros de ferrocarril¹⁶⁰:

1. Los sacos deben estibarse acostados y alternados (como ladrillos).
2. Los embalajes cilíndricos se deben colocar de pie, con la tapa hacia arriba. Cuando haya varias camas se debe colocar un piso intercalado.
3. Los embalajes grandes y muy pesados se deben colocar sobre polines para facilitar su manejo en la descarga sin maltratar el piso de los carros.
4. En cargas consolidadas (múltiples), los embalajes pesados deben apilarse en la parte inferior y los pequeños y ligeros arriba.
5. La carga debe quedar firme contra las paredes interiores de los carros.
6. No dejar espacios libres entre la carga paletizada y las paredes de los carros. Existen varios sistemas (paneles de cartón y bolsas de aire) que permiten asegurar la carga al ocupar los espacios vacíos, de tal manera que evitan el corrimiento de la carga dentro de los carros¹⁶¹.
7. Los rollos y carretes pueden ser estibados parados o acostados, pero debidamente calzados.
8. Acomodar por separado los embalajes de distintos materiales (madera, cartón y metal).
9. Se debe evitar el desalineamiento de los embalajes de cartón corrugado, dado que esto disminuye su resistencia a la compresión¹⁶².
10. Es fundamental que se evite el deslizamiento y movimiento del embalaje dentro de los carros durante su transporte.
11. Al cargar los carros se debe considerar la posición del centro de gravedad, del conjunto carro-carga, para evitar volcamientos.

F) Por obstáculos en la vía. Para la operación segura de los ferrocarriles ciertos tipos de taludes presentan algunos problemas. Sobre todo aquéllos con masas de roca inestable, dado que hay la posibilidad de que se presenten derrumbes. Un tren puede descarrilarse con piedras de hasta 30 cm. sobre las vías¹⁶³. Con frecuencia se precisa ocurrir a métodos preventivos de accidentes, tales como:

- Muros de concreto reforzado para detener posibles derrumbes.
- Zanjas interceptoras del derrumbe periódico inevitable, las cuales deben tener una anchura del 20% de la altura del corte y una profundidad del 10% de ésta, bajo el nivel de la vía. Estas zanjas almacenan las rocas derrumbadas, las cuales deben ser retiradas al terminarse la temporada de lluvias, para reservar sitio al siguiente ciclo. Además éstas pueden complementarse con cercas de mampostería seca, cercas de alambrado y si es necesario hasta emplear túnel "falso", es decir una losa o bóveda construida en el corte excavado a cielo abierto.
- Detectores de obstáculos sobre las vías. Estos equipos son instalados cerca del comienzo de los puentes principales y en aquellos lugares donde el costo potencial de un accidente es muy elevado.

¹⁶⁰ Celorio Blasco Carlos, *op. cit.*, p. 67, con modificaciones propias.

¹⁶¹ Mercado Carrillo Pedro P., *Guía Práctica de Envase y Embalaje para Exportación*, México, 1993, p. 29.

¹⁶² *Ibid.*, p. 104.

¹⁶³ Tognó Purón Francisco M., *op. cit.*, pp. 313 y 314.

- Cercas detectoras de derrumbes. Estos dispositivos están conectados con los sistemas de señales de bloqueo, para advertir anticipadamente del peligro a la tripulación de los trenes.

La confiabilidad en la detección de obstáculos peligrosos sobre las vías con estos dos últimos dispositivos es generalmente alta. Sin embargo, una protección completa de toda la red ferroviaria no es económicamente factible, debido al costo de estos dispositivos. Comúnmente cada dispositivo de estos tiene un costo de entre 25,000 y 100,000 dólares¹⁶⁴. Los equipos de detección de obstáculos logran reducir los accidentes por descarrilamiento en alrededor de un 2%¹⁶⁵.

G) Por descuido del personal ferroviario. Los concesionarios y permisionarios del servicio ferroviario tienen la obligación de capacitar al personal técnico ferroviario para lo cual deben establecer en forma permanente programas de capacitación y adiestramiento. Además, el personal que realice funciones de inspección o de apoyo al personal técnico ferroviario, deberá contar con el certificado de capacitación correspondiente. El objetivo es que la prestación del servicio sea eficiente y segura¹⁶⁶.

El descuido del personal ferroviario es un factor humano cooperante para los accidentes ferroviarios, que se presenta aunque el personal posea las características psicofísicas, experiencia, conocimientos técnicos y habilidades requeridas para el desempeño de sus actividades. Esto se debe a que intervienen otros factores provenientes de lo que se conoce como ambiente de trabajo. En efecto, el ambiente de trabajo, que incluye factores tales como la temperatura, la humedad, el ruido y la luz, puede tener efectos marcados en la productividad y en los errores y descuidos del personal¹⁶⁷. Por ello, además de ser necesario el establecer las medidas de control para estos factores del ambiente de trabajo¹⁶⁸, se requiere de otra medida básica, que es la supervisión especializada del personal ferroviario, la cual ha demostrado ser efectiva para la reducción de accidentes¹⁶⁹.

La supervisión implica la capacidad de un individuo para seleccionar, motivar, disciplinar, adiestrar y corregir empleados de forma que satisfaga los objetivos de la empresa con el máximo rendimiento. La mayor parte de esta tarea implica el trato con la gente. Las decisiones que toma el supervisor son decisiones a corto plazo pero algunas de ellas tienen implicaciones a largo plazo¹⁷⁰. La motivación del personal, es también un herramienta importante para reducir los accidentes. A fin de asegurar la contribución adecuada del personal ferroviario, éste debe esforzarse en apreciar

¹⁶⁴ Armstrong Jhon H., op. cit., p. 121.

¹⁶⁵ Ullman Kenneth B., et. al., op. cit., p. 48.

¹⁶⁶ Tal como lo establece el Reglamento del Servicio Ferroviario, op. cit., artículos 156 a 158, p. 33.

¹⁶⁷ Buffa Elwood S., Administración y Dirección Técnica de la Producción, Editorial Limusa, México, 1982, p. 390.

¹⁶⁸ Buffa Elwood S., op. cit., pp. 390 a 397. En esta referencia se indican los efectos principales de la temperatura y la humedad, del ruido, de la iluminación, del deslumbramiento y de la contaminación del aire, junto con algunas medidas de control y recomendaciones.

¹⁶⁹ Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación 1992 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Operación, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1993.

¹⁷⁰ McDermott T. C. y Cound D. M., Inspección y Control de Calidad, Biblioteca de Ingeniería Industrial, Tomo 3, CECSA, México, 1986, p. 783.

la importancia de su propio papel en su empresa, y se le debe dar algo tangible de lo que él pueda sentirse orgulloso. Reconociendo estas necesidades, muchas empresas han establecido programas de motivación formales. Estos programas de motivación son y deben ser de importancia clave para la seguridad ferroviaria. Los trabajadores cometen errores que cuestan dinero (al prevenirlos, detectarlos y corregirlos), las máquinas no pueden ser responsabilizadas de los errores, en cambio un empleado fuertemente motivado toma sus errores en forma más profesional y personal, y trabaja esforzándose más para eliminarlos¹⁷¹.

H) Por vandalismo. Algunas veces personal ajeno a los ferrocarriles mueve los juegos de cambio de las vías, afloja los frenos de mano de los carros o retira las cuñas de aseguramiento de los mismos, lo cual puede propiciar accidentes. Todos estos hechos y otros más de vandalismo que dañan, perjudican o destruyen las vías generales de comunicación o los medios de transporte, o interrumpen su construcción o deterioran los servicios, están sancionados por la Ley de Vías Generales de Comunicación¹⁷² (ver artículo 533) mediante castigos con prisión (desde tres meses hasta siete años) y multas (desde cien hasta quinientas veces el salario mínimo general vigente en el área geográfica del D.F.). Dado que estas sanciones son considerables, un aumento en sus montos es probable que no influya significativamente para disminuir este tipo de delitos. Así que como medida preventiva es conveniente establecer o mejorar la vigilancia de aquellos lugares críticos donde las acciones delictivas puedan originar accidentes. Cabe mencionar que la vigilancia de la vía general de comunicación ferroviaria, del transporte mismo y de las instalaciones para prestar los servicios son responsabilidad del concesionario o permisionario, e incluso la SCT puede verificar que la seguridad y vigilancia se lleve a cabo conforme a las disposiciones aplicables¹⁷³.

3.3.4. Incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga.

Los choques, descarrilamientos, rozamientos y volcamientos de trenes pueden traer como consecuencia incendios, explosiones, derrames de sólidos y líquidos, y fugas de gases y vapores de la carga transportada. Lógicamente en todos estos casos las medidas deben dirigirse a abatir el accidente inicial. Sin embargo, en ocasiones, los incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga se presentan no como causa de otros accidentes, sino como el accidente principal, esta situación es la que se discutirá a continuación.

Aunque durante el transporte de todo tipo de materiales se pueden presentar derrames y fugas, éstas tendrán poca importancia o presentarán un mínimo de riesgos potenciales tanto para el hombre como para el ambiente, a menos que se trate de materiales y residuos peligrosos¹⁷⁴. Por otra parte, cualquier material transportado (sólido, líquido o gaseoso) que sea susceptible de inflamarse o

¹⁷¹ McDermott T. C. y Cound D. M, *op. cit.*, pp. 790 y 792, con modificaciones propias.

¹⁷² Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de febrero de 1940.

¹⁷³ Reglamento del Servicio Ferroviario, *op. cit.*, artículo 198, p. 39.

¹⁷⁴ Los *materiales peligrosos* son todos aquellos elementos, compuestos, materiales o mezclas de ellos que independientemente de su estado físico, representan un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros. También incluye sus remanentes, sus envases, embalajes, y demás componentes que conformen la carga usada para su transporte. Los *residuos peligrosos* son todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente. Referencia: artículo 2o. del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, *op. cit.*

explotar está clasificado dentro de los materiales y residuos peligrosos. Todo lo anterior nos lleva a concluir que este tipo de accidente tendrá relevancia cuando se trate de cargas formadas por materiales y residuos peligrosos.

Dado que el transporte internacional de este tipo de productos ha venido aumentando considerablemente en los últimos años, se han establecido normas internacionales para su clasificación, embalaje/envasado, marcado, etiquetado, rotulación y documentación. Las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se han establecido como el marco general para el transporte de carga peligrosa y su cobertura es lo suficientemente amplia y flexible para permitir que las normas existentes o nuevas se adapten a ellas. Los gobiernos, en el ámbito nacional, y las organizaciones intergubernamentales de carácter internacional, han ajustado sus regulaciones respectivas a estas recomendaciones con el fin de evitar, en todo lo posible, que estas mercancías ocasionen accidentes que produzcan víctimas o dañen los bienes y al medio¹⁷⁵.

En México, las implicaciones de estas recomendaciones de la ONU han sido consignadas en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos¹⁷⁶. En los artículos 7o. a 17 de este Reglamento, se definen y clasifican las sustancias peligrosas, con el objeto principal de agrupar a estos productos de acuerdo con el tipo y riesgo que representan, para dotar a los involucrados con un conjunto de pautas para su manejo adecuado.

En la Tabla 3.5. se muestra la clasificación establecida para las sustancias peligrosas. Hay que señalar que la ONU asigna un número a la clase de riesgo que presenta cada grupo de bienes, el cual no tiene relación con el grado de riesgo que implican¹⁷⁷.

Las medidas necesarias para evitar los incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga y residuos peligrosos se encuentran establecidos en los lineamientos que estipula dicho Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas que señala el mismo.

Tabla 3.5.
Clasificación de la sustancias peligrosas.

CLASE	DENOMINACIÓN
1	Explosivos.
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables.
4	Sólidos inflamables.
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos.
7	Radiactivos.
8	Corrosivos.
9	Varios.

Fuente: Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, *op. cit.*, artículo 7o.

¹⁷⁵ Naciones Unidas, Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas, Octava edición revisada, Nueva York, E.U.A., 1994, p. 1.

¹⁷⁶ Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 7 de abril de 1993.

¹⁷⁷ Ruibal Handabaka Alberto, *op. cit.*, p. 21.

A continuación se presenta un breve resumen de algunos de los principales lineamientos relacionados con la seguridad que indica este Reglamento respecto al transporte ferroviario:

- De la inspección de las unidades de arrastre. El Reglamento establece que las unidades de arrastre que transportan materiales y residuos peligrosos, deberán someterse a inspecciones periódicas técnicas (para verificar que se brinda la seguridad adecuada) y de operación (supervisión de las condiciones mecánicas y de mantenimiento de las unidades). Además que los transportistas deberán llevar un control del mantenimiento preventivo y correctivo de sus unidades. Referencia artículos 41 a 45.
- Del acondicionamiento de la carga. Para que el transporte del material y residuo peligroso sea seguro, éste deberá ser cargado, distribuido y sujeto en las unidades de arrastre ferroviario de acuerdo con las normas expedidas por la SCT, de tal manera que no ocasione ningún daño por efectos de la vibración originada durante su tránsito, debiendo además proteger la carga de las condiciones ambientales o de cualquier otra fuente que genere una reacción del mismo. Referencia artículos 46 a 49.
- De la documentación. En el traslado de materiales y residuos peligrosos será obligatorio que en la unidad de transporte se cuente con los siguientes documentos: (I) documentos de embarque del material o residuo peligroso; (II) *información de emergencia en transportación*¹⁷⁸; (III) documento que avale la inspección técnica de la unidad; (IV) manifiesto de entrega, transporte y recepción para el caso de transporte de residuos peligrosos; (V) autorización respectiva, para el caso de importación y exportación de materiales peligrosos; (VI) manifiesto para casos de

¹⁷⁸ Este es un documento vital dado que indica las acciones a seguir, por parte de la tripulación ferroviaria, en caso de que se suscite un accidente (fugas, derrames, incendios u otros), de acuerdo al material o residuo peligrosos de que se trate. Este documento deberá contener como mínimo la siguiente información: (a) la descripción básica y nombre técnico del material o residuo peligroso, (b) los riesgos a la salud inmediatos, (c) precauciones inmediatas que se deben considerar en caso de un incidente o accidente, (d) métodos inmediatos para manejo de incendios, (e) métodos iniciales para manejo de derrames o fugas sin incendio, y (f) medidas básicas de primeros auxilios. Esta información deberá estar escrita en español, en forma legible y sobre todo deberá estar disponible para utilizarse en un lugar visible de la cabina del maquinista. En el Anexo C se muestra un ejemplo de la hoja de *Información de emergencia en transportación* para el azufre crudo. Obsérvese como se indica su clasificación 4 (la cual corresponde de acuerdo a la Tabla 3.5. a sólidos inflamables) y su número de material de acuerdo a la ONU, UN 1350 (por sus siglas en inglés *United Nations: UN*), además a que autoridades locales se debe avisar en caso de accidente, y que se debe hacer (HAGA ESTO) para distintos tipos de riesgos (SI OCURRE ESTO). Esta hoja de emergencia fue obtenida por cortesía de la empresa fabricante de fertilizantes Agrogen, S.A. de C.V. Para atender las emergencias de una manera inmediata y adecuada durante el transporte de este tipo de sustancias se debe consultar la Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos, publicada por la Dirección de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación. Esta guía contiene la información mínima necesaria para responder a: incendios, explosiones, fugas, derrames, daños a la salud y primeros auxilios, además presenta las distancias de evacuación y aislamiento, así como los esquemas de identificación de las sustancias transportadas. Por su parte, Ferrocarriles Nacionales de México a través de su Comité Técnico de Seguridad publicó una Guía para el Transporte Seguro de Productos Químicos. Esta guía en caso de emergencia proporciona información rápida, concisa y precisa para el manejo de más de 200 productos químicos peligrosos que comúnmente transportan los ferrocarriles nacionales. El uso de esta guía es muy simple (está formada por un regla fija y una hoja corrediza) y consigna la siguiente información: clasificación del producto, peligrosidad de riesgo al exponerse al producto químico en condiciones normales de embarque, precauciones para aminorar los riesgos de accidentes, tipos de lesiones que puede causar el producto químico, instrucciones de primeros auxilios en caso de contacto o exposición con el producto, condiciones bajo las cuales los productos pueden incendiarse, método para extinguir el fuego en caso de incendio, estabilidad del producto y toxicidad del producto para ser considerada durante la limpieza y manejo de los carros de ferrocarril que transportan los productos químicos.

derrames de residuos peligrosos por accidente¹⁷⁹; (VII) los demás que se establezcan en las normas¹⁸⁰. Referencia artículos 50 a 53.

- Los trenes que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán llevar a bordo y en forma permanente un supervisor de la empresa ferroviaria que verifique el cumplimiento de la reglamentación aplicable. Referencia artículo 74.
- No se deberán remolcar unidades que transporten materiales o residuos peligrosos en trenes asignados para servicio de pasajeros, así como en los de servicio mixto. Referencia artículo 77.
- Al acercarse a estaciones o terminales los trenes, que transporten materiales o residuos peligrosos, deberán observar una velocidad de desplazamiento que no exceda los 25 km./h. dentro de los límites del patio. Por otro lado, los trenes unitarios deberán circular a una velocidad menor a 30 km./h. al ingresar a un área metropolitana, ciudad o poblado, y los movimientos de acoplamiento de unidades deberán realizarse a una velocidad que no exceda de 5 km./h. Referencia artículos 81, 84 y 91.
- Deberán extremarse precauciones al hacer movimientos con carros que contengan materiales y residuos peligrosos, evitando manejos bruscos. En caso de estacionar las unidades, se hará en condiciones que garanticen su seguridad. Referencia artículo 90.
- El personal y conductores que intervengan en el transporte de materiales y residuos peligrosos deberán contar con una capacitación específica y actualizada. Referencia artículo 128.

Como es de esperarse con este tipo de reglamentación los accidentes por incendio, explosión, derrame y fuga de la carga son mínimos, y en caso de que se presenten se tiene previsto que se debe hacer. Es decir la mejor medida para estos accidentes es apegarse a la reglamentación vigente.

Las siguientes cinco consideraciones resumen los principales factores a tomar en cuenta para evitar y reducir las consecuencias de este tipo de accidente:

1. Usar el envase y embalaje adecuado, y realizar la distribución y sujeción de la carga en forma segura.
2. Usar unidades de arrastre en óptimas condiciones de operación.
3. Usar la documentación requerida.
4. Extremar las precauciones durante el transporte de la carga y durante las maniobras con las unidades de arrastre.
5. Capacitar al personal involucrado.

3.3.5. Rozamiento de trenes.

Este tipo de accidente se presenta comúnmente en aquellos lugares donde hay cambios de vía (por ejemplo en escapes y laderos) y cuando un tren que pasa por ellos, se encuentra con otro tren o

¹⁷⁹ Cuando por cualquier evento se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de sustancias peligrosas, se deberá dar aviso de inmediato de los hechos a la Secretaría de Desarrollo Social, y presentar a más tardar 78 horas después el manifiesto a que se refiere este inciso.

¹⁸⁰ Como lo son: licencia federal ferroviaria respectiva, bitácora de horas de servicio del maquinista y documento que acredite la limpieza y control de remanentes de la unidad, cuando ésta se realice.

carros de ferrocarril parados, pero no asegurados debidamente, en una vía adyacente. Por el efecto de la vibración del tren que pasa o por cualquier otra razón, el tren o los carros de la vía adyacente se deslizan hacia el tren que está pasando, golpeándolo y produciendo el rozamiento, lo cual en situaciones críticas puede conducir a descarrilamientos. Los factores cooperantes de estos accidentes son tanto el descuido del personal ferroviario como el vandalismo. Como ya fue mencionado antes, para evitar el descuido del personal ferroviario se deben establecer medidas de control para los factores del ambiente de trabajo, una supervisión especializada y la motivación del personal (ver inciso 3.3.3.G.). En cuanto al vandalismo se tienen medidas de sanción (prisión y multas) y como medida preventiva la vigilancia (ver inciso 3.3.3.H.).

3.3.6. Volcamientos.

Los volcamientos o volcaduras pueden ser producidos como consecuencia de otro tipo de accidentes, por ejemplo, a causa de choques (ver inciso 3.3.2.) y descarrilamientos (ver inciso 3.3.3.). Pero también pueden presentarse sin esta asociación, como es el caso cuando hay un procedimiento inadecuado de carga o descarga. Por ello es fundamental que se evite el deslizamiento y movimiento del embalaje dentro de los carros durante su transporte, y que al cargar o descargar los carros se considere la posición de su centro de gravedad, con el objeto de evitar condiciones inseguras donde se tenga un centro de gravedad inestable (ver inciso 3.3.3.E.).

Por otro lado una sobreelevación inadecuada de la vía en una curva, o una velocidad de operación de los trenes en una curva, muy distinta a la velocidad de equilibrio, también puede producir volcamientos.

Consideremos una curva circular de radio R , que es recorrida por un tren de peso W y masa M , a cierta velocidad V , tal que produce una fuerza centrífuga (F_c) inversamente proporcional al radio de la curva (R) y directamente proporcional a la masa del tren (M) y al cuadrado de su velocidad tangencial (V), es decir, $F_c = (M \times V^2) / R$. Esta fuerza transversal, provoca mayor presión sobre el riel exterior, lo cual demanda sobreelevarlo para crear otra componente horizontal (W_e), que equilibre a la fuerza centrífuga y produzca reacciones iguales en ambos rieles. Se entiende que la igualdad ocurre sólo para una velocidad llamada de equilibrio (V_e). Sin embargo, ocasionalmente en la práctica los trenes rápidos exceden el valor de V_e y presionan el riel exterior más que al interior, hasta el extremo de anular la presión sobre el riel de adentro y causar el volcamiento del tren; en tanto que los trenes lentos (con $V < V_e$) producen mayor presión sobre el riel interior desgastándolo y volteándolo después de arrancar los clavos o tirafondos. La sobreelevación del riel, es auxiliada por cierta fricción tolerable de las cejas de las ruedas con el interior lateral del hongo en uno u otro riel, según se trate de un tren lento o rápido. Esta fricción lateral se suma algebraicamente a la componente del plano inclinado (sobreelevación) para equilibrar la fuerza centrífuga real (mayor o menor) producida por un tren dentro del amplio margen de velocidades alrededor de la velocidad de equilibrio¹⁸¹.

Varios métodos para determinar el valor adecuado de la sobreelevación de las vías han sido desarrollados¹⁸². Estos métodos tanto teóricos como experimentales estiman mediante tablas y

¹⁸¹ Tognó Purón Francisco M., op. cit., pp. 56 y 57.

¹⁸² Ibid., pp. 56 a 64.

fórmulas la sobreelevación requerida para las vías (e) en función del grado de la curva¹⁸³ (G) y de la velocidad del tren en ella (V).

3.3.7. Resumen de las medidas de mitigación de accidentes ferroviarios.

En las siguientes tablas se presenta un resumen de las principales medidas y recomendaciones indicadas en los incisos 3.3.1. a 3.3.6. para los distintos tipos de accidentes ferroviarios.

Tabla 3.6.

MEDIDAS PARA EVITAR EL ARROLLAMIENTO DE PEATONES
Mayor y mejor iluminación en el área del cruce
Cercado para controlar el paso peatonal
Acondicionamiento del cruce peatonal
Instalación de señalización vertical para peatones
Instalaciones para separar la circulación de peatones
Campañas de educación para el cruce de peatones por las vías del tren
Barreras para peatones que indiquen la aproximación de trenes

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.7.

MEDIDAS PARA EVITAR LOS CHOQUES
1) De ferrocarril contra vehículos automotores
Dispositivos de seguridad en el tren: luces intermitentes, faros para uso diurno y dispositivos reflejantes sobre los costados de los trenes
Eliminación del cruce (paso superior o inferior)
Dispositivos de control activos (semáforos, luces destellantes y barreras abatibles)
Dispositivos de advertencia activos (campanas eléctricas y semáforos)
Dispositivos de advertencia pasivos (señalamiento vertical y horizontal)
Mejoras en la visibilidad (iluminación, alineamiento horizontal y vertical, y delineación)
Sistemas de advertencia a bordo de vehículos automotores (aviso sonoro y/o visual)
Campañas a través de los medios de comunicación masivos y mediante materiales impresos
Cursos de educación vial
2) Entre equipo ferroviario
Dispositivos de señales, bloqueo y enclavamiento, y sistemas de control directo de tráfico (CDT), de parada automática de trenes (ATS), de control automático de trenes (ATC) y de control de tráfico centralizado (CTC)
Nuevos diseños estructurales de coches de ferrocarril (con zonas de sacrificio) y de sus interiores (configuración del interior y medios para la sujeción de los pasajeros)
Modificaciones a la reglamentación, por ejemplo, al Reglamento del Servicio Ferroviario (requerimiento de licencia para los operadores de auto-armones) y al Reglamento de Transporte de FNM (señales anacrónicas)
Supervisión especializada del personal ferroviario

Fuente: elaboración propia.

¹⁸³ Por definición el grado de curva o curvatura (G), es el ángulo (en grados) en el centro de la curva que subtiende un arco de 20 metros, éste es inversamente proporcional al radio de la curva (R). Cuando se usa un arco de 20 metros se obtiene el grado de curva métrico y cuando se usa un arco de 100 pies se obtiene el grado de curva inglés. Referencia: Togno Purón Francisco M., *op. cit.*, pp. 52 y 53.

Tabla 3.8.

MEDIDAS PARA EVITAR LOS DESCARRILAMIENTOS
Uso de riel soldado en sus uniones
Amortiguamiento adicional en los carros de ferrocarril con problemas de resonancia
Restricciones operativas (provisionales) en vías con curvas, para los carros de ferrocarril con problemas de resonancia
No armar trenes largos (mayores a 100 carros)
Programas de mantenimiento de la infraestructura ferroviaria y cumplimiento con los requisitos mínimos de conservación de vías
Mejoramiento de la clase de la vía
Inspección diaria de la vía
Inspección de la geometría de la vía
Inspección por grietas en los rieles
Programas de mantenimiento del equipo de arrastre
Detectores de cajas y ruedas calientes
Recomendaciones elementales para colocar, repartir y estibar la carga en los carros de ferrocarril
Modificaciones a la reglamentación, por ejemplo, al Reglamento del Servicio Ferroviario (artículo 75, para prohibir el servicio de transporte de carga que no cumpla con los requerimientos mínimos de seguridad)
Muros de concreto reforzado para detener posibles derrumbes
Zanjas interceptoras de derrumbes periódicos
Detectores de obstáculos sobre las vías
Cercas detectoras de derrumbes
Supervisión especializada del personal ferroviario
Sanciones (prisión y multas) para actos de vandalismo
Mejora de la vigilancia en los lugares conflictivos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.9.

MEDIDAS PARA EVITAR LOS INCENDIOS, EXPLOSIONES, DERRAMES Y FUGAS DE LA CARGA
Cumplimiento con el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (y las Normas Oficiales Mexicanas que señala). Las siguientes cinco consideraciones resumen los principales factores a tomar en cuenta para evitar y reducir las consecuencias de estos accidentes:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar el envase y embalaje adecuado, y realizar la distribución y sujeción de la carga en forma segura. 2. Usar unidades de arrastre en óptimas condiciones de operación. 3. Usar la documentación requerida. 4. Extremar las precauciones durante el transporte de la carga y durante las maniobras con las unidades de arrastre. 5. Capacitar al personal involucrado.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.10.

MEDIDAS PARA EVITAR EL ROZAMIENTO DE TRENES
Supervisión especializada del personal ferroviario
Sanciones (prisión y multas) para actos de vandalismo
Mejora de la vigilancia en los lugares conflictivos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.11.

MEDIDAS PARA EVITAR LOS VOLCAMIENTOS
Recomendaciones elementales para colocar, repartir y estibar la carga en los carros de ferrocarril
Modificaciones a la reglamentación, por ejemplo, al Reglamento del Servicio Ferroviario (artículo 75)
Diseño adecuado de la sobreelevación de la vía
Mantener por parte del maquinista, en las curvas, una velocidad de operación del tren acorde con la velocidad de equilibrio

Fuente: elaboración propia.

3.4. Monitoreo y evaluación.

La experiencia y conocimiento actual en relación con la efectividad de las medidas para los accidentes en los países en desarrollo es muy limitada. Por lo tanto, el monitoreo es vital cuando los esquemas de prevención son implementados. Esto no debe restringirse al registro de accidentes solamente, sino también a otros aspectos que evalúan las medidas en forma particular¹⁸⁴.

Mientras que el objetivo fundamental de las medidas es reducir los accidentes de un tipo en particular, a menudo esto resulta directamente en cambios en el comportamiento de los usuarios. Por lo tanto, es deseable evaluar las medidas en los términos del cambio en el comportamiento. Esto debe ser hecho de la manera más objetiva posible. Por ejemplo, si las medidas tienen la intención de reducir las velocidades, entonces deben ser medidas las nuevas velocidades. Si la intención es controlar el movimiento de peatones, entonces se debe observar el grado de cumplimiento. Muchos de estos aspectos son directamente cuantificables, pudiéndose evaluar antes y después de implementadas las medidas. Para ello se requiere tener suficiente cuidado y atención en el muestreo y validación estadística, que llevará a resultados de importancia en relación con la efectividad de las medidas.

Adicionalmente a los efectos deseados, las medidas podrían también tener efectos inesperados y a veces indeseables. Es posible que éstas produzcan accidentes de una clase diferente. Así, la reducción de un tipo de accidente puede incrementar las de otro. Esta es una razón adicional para monitorear el comportamiento de los accidentes.

El monitoreo es la recolección sistemática de datos en relación con el desempeño de los tratamientos de seguridad después de su implementación¹⁸⁵. Únicamente por este medio puede ser evaluada la efectividad de los tratamientos. El monitoreo de la post-implementación es por lo tanto esencial para inquirir los efectos positivos o negativos del tratamiento y así mejorar la precisión y confiabilidad de las predicciones en la efectividad para aplicaciones subsecuentes.

Además de desarrollar habilidades y conocimientos, el monitoreo es importante para asegurar que un esquema particular de tratamiento no ha conducido a un incremento de accidentes. El ingeniero en seguridad tiene el deber de asegurar que los usuarios no experimentarán riesgos adicionales como resultado de los tratamientos. También puede argumentarse, que hay una responsabilidad profesional para compartir los resultados de la experiencia con otros profesionistas homólogos, para que el conocimiento y habilidades puedan ser mutuamente desarrollados. Esto puede lograrse a través de publicaciones y conferencias de divulgación de experiencias.

La esencia del monitoreo es medir cada uno de los indicadores de comportamiento funcional de lo que está pasando realmente, para compararlos con lo que se hubiera esperado que pasara si el tratamiento no se hubiera introducido. Una forma de obtener un estimado del número de accidentes que se presentarían cuando no hay aplicación de un nuevo tratamiento, es mediante la elaboración de una gráfica que indique las frecuencia acumuladas del número de accidentes ferroviarios para el período de análisis y después obtener la mejor curva que se ajuste a la tendencia, para obtener una extrapolación por un período de años igual al de estudio, al obtener la diferencia de acumulados para dos períodos dados se puede determinar el número de accidentes esperado para ese intervalo.

¹⁸⁴ Ross Silcock Partnership, *op. cit.*, p. 140.

¹⁸⁵ K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 435, 436, 438, 440, 442 y 445.

Hay cuatro formas básicas en las que los tratamientos pueden ser evaluados¹⁸⁶:

1. Experimentación controlada, en la cual todos los factores, excepto el factor cuyo efecto está siendo investigado, se mantienen constantes. Ésta es una forma muy poco usada ya que normalmente en el mundo real, es muy difícil mantener todo constante y hacer un sólo cambio.
2. Estudios de *antes y después*, es el método más simple para comparar los registros de accidentes en un mismo lugar, antes y después de la implementación del cambio. Sin embargo, es un método poco satisfactorio debido a la falta de control de factores extraños.
3. Uso de comparaciones en sitios de control, su ventaja radica en que no toma en cuenta las tendencias o cambios en toda una red de transporte, sino en algún o algunos lugares controlados.
4. Comparación de tendencias en el tiempo, este método involucra usualmente el desarrollo de un modelo para estimar la tendencia en accidentes en función del tiempo. Es un método alternativo de estimación para cambios dependientes del tiempo sin el uso de sitios de control.

Recientemente, la evaluación de los efectos en seguridad de los distintos tratamientos, ha sido sujeta a controversia dentro de la comunidad investigadora en seguridad del transporte. La mayoría de estas evaluaciones confían en la valoración de la experiencia de accidentes así como en los estudios de antes y después. Los sitios donde se aplican tratamientos de seguridad son generalmente seleccionados debido a que tienen una alta proporción de accidentes. Así, si un sitio tiene un inusual número alto de accidentes antes del tratamiento, la ocurrencia de accidentes para este lugar en el siguiente período bajará muy probablemente, aún sin que se apliquen medidas en dicho sitio. A este fenómeno se le conoce como el efecto de “regresión-hacia-la-media” (*regression-to-the-mean, r-t-m*). Por lo tanto, una comparación mediante estudios de antes y después para sitios donde el tratamiento se selecciona con base en la experiencia de accidentes, es probable que resulte en una sobrestimación del efecto del tratamiento.

En un estudio reciente de la *Federal Highway Administration (FHWA)*, un nuevo método llamado “Estimación Empírica de Bayes de Seguridad y Transporte” (*Empirical Bayes Estimation of Safety and Transportation; EBEST*) fue desarrollado para proveer una mejor estimación de la experiencia de accidentes esperada para un sitio a tratar, que ajusta cualquier desviación del efecto de *r-t-m*. Con este método fue desarrollado un programa de microcomputadora para permitir una fácil aplicación de la técnica de análisis. Los resultados de este estudio muestran una diferencia significativa entre el método EBEST y los métodos clásicos en la evaluación de accidentes. En apariencia, los métodos clásicos están sobrestimando los efectos de los tratamientos. Esta sobrestimación puede ser atribuida a la falta de ajuste por la desviación del efecto de *r-t-m*. Actualmente, se están investigando las ventajas y limitaciones del método EBEST y se espera en poco tiempo tener estos resultados¹⁸⁷.

Influencia de la reestructuración de los ferrocarriles mexicanos en el monitoreo y evaluación de la seguridad. Durante el período 1991-1994, en México, se instrumentó el denominado “Programa de Cambio Estructural” cuyo objetivo central fue lograr un sector ferroviario eficaz, rentable y competitivo, con autosuficiencia financiera, para asegurar su desarrollo autónomo y sostenido a

¹⁸⁶ Para más detalles de estos métodos e incluso ejemplos estadísticos de monitoreo y evaluación para programas de reducción de accidentes ver K.W. Ogden, *op. cit.*, pp. 435 a 464.

¹⁸⁷ Jun Wang, *The Application of an Improved Accident Analysis Method for Highway Safety Evaluations*, HSIS (Highway Safety Information System) Summary Report, U.S. Department of Transportation, FHWA, 27 de enero de 1997, pp. 1 a 4.

largo plazo, así como para garantizar el cumplimiento de sus funciones estratégicas de apoyo al desarrollo del país y de apertura comercial hacia el exterior. Sin embargo, los avances logrados por este Programa no fueron suficientes para la modernización integral de los ferrocarriles mexicanos. Por ello y con el fin de promover la integración de un sistema ferroviario seguro, eficiente y competitivo, el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, Dr. Ernesto Zedillo, anunció a principios de 1995 su decisión de permitir una mayor participación en la inversión y actividad de los ferrocarriles mexicanos¹⁸⁸.

Este cambio estructural ha tenido sus implicaciones en materia de seguridad ferroviaria, dado que actualmente los Departamentos de Transporte Ferroviario (DTF, pertenecientes a la SCT) tienen dentro de sus funciones la de supervisar y verificar el cumplimiento de la normatividad por parte de los concesionarios ferroviarios, lo cual constituye un factor fundamental para garantizar la seguridad del transporte por ferrocarril. Las acciones de supervisión y verificación de los DTF para el cumplimiento de la normatividad abarcan las áreas de operación, infraestructura y equipos ferroviarios, y la aptitud física del personal ferroviario. Sin embargo, dada la extensión de estas actividades es necesario fortalecer a los DTF, proporcionándoles los recursos humanos (plazas del nivel requerido), materiales (vehículos, computadoras, cámaras fotográficas, equipo técnico, etcétera) y financieros (viáticos, gasolina, etcétera) requeridos, y un programa de capacitación permanente para su personal¹⁸⁹. De esta forma los DTF podrán contribuir directamente en el monitoreo y evaluación de la seguridad ferroviaria¹⁹⁰.

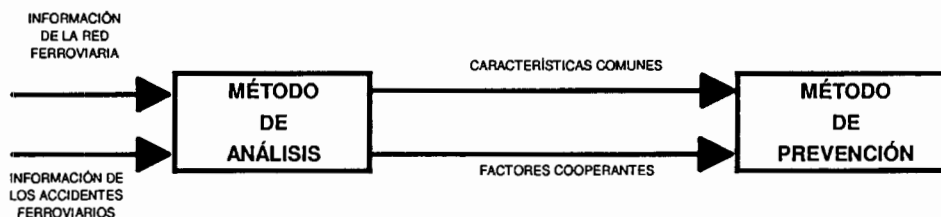
¹⁸⁸ Sacristán Roy Emilio, La Reestructuración de los Ferrocarriles Mexicanos, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, pp. 1 y 2.

¹⁸⁹ Miranda Hernández Juan Carlos, Control y Gestión Ferroviaria, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997, pp. 18 a 23.

¹⁹⁰ Afortunadamente, después de la licitación del Ferrocarril del Noreste (a finales del primer semestre del año 1997), el DTF del estado de Querétaro señala que ya se han iniciado acciones de mantenimiento en la red ferroviaria estatal (cambios de agujas de vías y de rieles guía) y que se pretende que en un plazo de 5 años se tenga una infraestructura ferroviaria estatal en condiciones óptimas.

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO A LA RED FERROVIARIA DEL ESTADO DE QUERÉTARO.

En este capítulo final se muestra la aplicación del método propuesto a una red ferroviaria. El método propuesto para abatir el problema de los accidentes ferroviarios fue dividido en dos etapas: la primera, su análisis (Capítulo 2), identifica las características comunes y los factores cooperantes de los accidentes; y la segunda, su prevención (Capítulo 3) toma como base el análisis anterior para establecer las medidas adecuadas con el propósito de evitar y reducir los accidentes y sus consecuencias. En forma esquemática esto lo podemos representar en la figura siguiente.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4.1. Método para abatir los accidentes ferroviarios.

4.1. Análisis de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro durante el período 1992-1996.

En este inciso y sus correspondientes subincisos se aplicará el método de análisis de los accidentes ferroviarios (previamente establecido en el Capítulo 2) a la red del estado de Querétaro, el período de estudio comprende los años 1992 a 1996.

Como marco de referencia se debe señalar que los ferrocarriles en México comunican a 30 entidades federativas, enlazando a sus principales ciudades con centros agrícolas, mineros y desarrollos industriales a través de 26,613 kilómetros de vías. En materia de tráfico se transportaron dentro de toda la red nacional durante 1996, aproximadamente 58.8 millones de toneladas netas de carga y 6.7 millones de pasajeros¹⁹¹.

4.1.1. Información de la red ferroviaria.

En particular en el estado de Querétaro, durante 1996 se manejaron 2.53 millones de toneladas de carga que tuvo como origen o destino a esta entidad y se expidieron, en ventanilla, 14,412 boletos para pasajeros.

Cabe destacar que del total de carga que tuvo como origen o destino al estado de Querétaro, la mayor parte (el 87% ó 2.2 millones de toneladas) fue carga recibida y una menor porción (el 13% ó 0.33 millones de toneladas) fue carga remitida¹⁹².

¹⁹¹ Miranda Hernández J.C., *op. cit.*, pp. 10 y 12.

¹⁹² Pérez Arzate Vicente, *Informe de Evaluación 1996 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro*, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1997.

El Estado de Querétaro cuenta actualmente con diez estaciones ferroviarias en operación¹⁹³: Bernal, San Nicolás, San Juan del Río Pasajeros, San Juan del Río Carga, Ahorcado, Viborillas, La Griega, Querétaro Pasajeros, Querétaro Carga y Tlacote antes Fertimex (ver Figura 4.2.).

De estas estaciones destacan: Querétaro Carga, que remite y recibe más de la mitad de la carga que tiene como origen o destino a esta entidad (el 50.5%), San Juan del Río Carga le sigue con el 22.8% de este movimiento y finalmente Tlacote con el 21% del movimiento de carga remitida y recibida. Así, tan sólo tres estaciones soportan el movimiento de más del 94% de la carga que tiene como origen o destino al estado de Querétaro. Por otro lado, la estación Querétaro Pasajeros emitió más del 99% de los boletos en ventanilla para pasajeros (14,352 boletos) durante el año 1996¹⁹⁴.

El Estado de Querétaro cuenta con un total de 338.9 km. de vías principales, 34.2 km. de vías secundarias y 39.2 km. de patios, lo que representa un gran total de 412.3 km. de vías. Actualmente se tienen seis líneas férreas en el estado de Querétaro (para más detalles, véase Figura 4.2. y Tabla 4.1.).

TABLA 4.1.
Características de la red ferroviaria del estado de Querétaro.

Línea	Vía principal		Vías secundarias		Patios	
	Longitud (km)	Calibre del riel (lb/yd)	Longitud (km)	Calibre del riel (lb/yd)	Longitud (km)	Calibre del riel (lb/yd)
-Juárez (antes AQ)-	94.8	115	5.8	115	10.2	115
-Morelos (antes BQ)-	94.8	115	5.3	115	19.2	115
-A-	20.0	112	2.1	112	4.2	75
-AL-	11.3	112	0.0	----	0.0	----
-B-	69.0	115	18.5	85 y 112	5.6	85
-BC-	49.0	115	2.5	112	0.0	----
Total	338.9	----	34.2	----	39.2	----

Fuente: elaboración propia con base en Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1996 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario.

Es importante mencionar otros aspectos relevantes de este modo de transporte, relacionados con la seguridad ferroviaria y que han influido en la ocurrencia de accidentes en la entidad.

Ya desde el año 1992, el Departamento de Transporte Ferroviario (DTF) del Centro SCT Querétaro, indicó que era importante atender los derrumbes en las líneas -B-, -AQ- y -BQ- dado que debido a ellos se habían producido accidentes. Además, se recomendó que esta acción se tomara antes de la puesta en marcha del tren eléctrico. También fueron instauradas varias órdenes de precaución que limitaban las velocidades de los trenes en los tramos conflictivos de estas líneas.

¹⁹³ Existen otras cinco estaciones ferroviarias en el estado de Querétaro, que sirven básicamente como puntos de encuentro o como laderos, estas estaciones son: Palmillas (que desapareció como estación en servicio en septiembre del año 1996), La Llave (que tiene sólo personal de vía), La Fuente, Noria y Conexión San Juan del Río Carga. Datos proporcionados por el ingeniero Gerardo Ávila Arreguín del Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

¹⁹⁴ Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1996 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, op. cit.



Figura 4.2.

De hecho, hasta 1996 todavía existían órdenes de precaución que cumplían con esa finalidad y es probable que sigan vigentes por varios años más. En cuanto a la señalización, en el año 1992 fueron indicadas algunas deficiencias por falta de mantenimiento al sur de la ciudad de Querétaro. Por otro lado, con motivo del retiro voluntario de trabajadores de FNM, en este año y debido al considerable número de trabajadores del área de conservación de la infraestructura que optaron por este retiro, el mantenimiento de la infraestructura de las vías principales se vio afectado negativamente, no obstante, hubo cambios de riel en forma parcial en las líneas -B-, -AQ- y -BQ- aunque fueron realmente poco significativos. Para este año, aunque las vías secundarias se encuentran en condiciones operativas, las vías de patios, de particulares y algunos laderos requieren atención urgente de mantenimiento¹⁹⁵.

Durante el año de 1993, la longitud de vías principales en el estado de Querétaro era de 326.3 kilómetros, de los cuales 189.6 km. correspondían a las líneas -AQ- y -BQ- con un calibre de riel de 115 lb./yd., y los restantes 136.7 km. correspondían a las líneas -A-, -AL-, -B- y -BC-, con un calibre de riel de 112 lb./yd. En ese año, se iniciaron los trabajos del paso inferior Felipe Ángeles (km. AQ-245) en la ciudad de Querétaro. También en ese año fue terminada en su totalidad la instalación de la catenaria, para la doble vía electrificada, en el tramo correspondiente al estado de Querétaro y se efectuaron las primeras pruebas de operación con las máquinas eléctricas, entre el tramo de Polotitlán y San Juan del Río. En las vías principales de la línea -B-, se realizaron cambios parciales de riel y se nivelaron algunos de sus tramos, sin embargo, su mantenimiento no fue terminado. Nuevamente se indicó la necesidad de atención urgente de mantenimiento de las vías secundarias y una deficiencia en la señalización entre Mariscalá y Jocoqui¹⁹⁶.

En el año de 1994, la red ferroviaria principal del estado creció ligeramente, dado que tuvo un incremento de 2.3 kilómetros en su línea -B-. Así, las vías principales para ese año acumularon una longitud total de 328.6 kilómetros. El 14 de febrero de ese año se inició la operación del tren eléctrico en la entidad para el transporte de pasajeros y carga, por lo que fue señalada la importancia de extremar las precauciones en la operación de la doble vía electrificada con el propósito de evitar accidentes¹⁹⁷. El paso inferior Felipe Ángeles fue terminado en julio de ese año. La condición de las vías secundarias sigue reclamando una acción urgente de mantenimiento. Además continúa una deficiente señalización entre Mariscalá y Jocoqui¹⁹⁸.

¹⁹⁵ Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación 1992 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, op. cit.

¹⁹⁶ Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación 1993 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1994.

¹⁹⁷ Una intensa campaña de concientización se estuvo difundiendo entre padres, alumnos y maestros de escuelas cercanas a la nueva vía electrificada en la ciudad de Querétaro. Esta campaña señaló la importancia de tomar precauciones extremas en relación con las vías electrificadas y las nuevas locomotoras eléctricas, dado que éstas representan más peligro que las diesel-eléctricas, dado que son más silenciosas y por que el cableado eléctrico de alta tensión es riesgoso. Las pláticas de esta campaña se difundieron en jardines de niños, primarias y telesecundarias, donde también se repartieron folletos explicativos y se colocaron posters en relación con el peligro de la operación del nuevo tren eléctrico. A los padres de familia se les hizo un llamado para que no permitan que sus hijos jueguen sobre las vías del tren y para que cuando haya necesidad de atravesarlas lo hagan con la debida precaución, usando los puentes peatonales si es que los hay. Se les indicó que aunque el tren vaya lento no puede detenerse rápidamente. Se les hizo especial hincapié en que no toquen los cables con ningún objeto pues la energía que circula por estos cables es peligrosa y puede electrocutarlos, y que por esta razón es muy importante que los niños no vuelen papalotes cerca de los cables. Dentro de otras recomendaciones destacan las siguientes precauciones: no intentar ganarle el paso al tren, no viajar sobre el techo de los vagones, no subirse a los postes y no realizar actividades entre los vagones estacionados. Fuente: periódico Diario de Querétaro, del día 21 de febrero de 1994, p. 12-A.

¹⁹⁸ Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1994 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1995.

Durante el año de 1995, la línea -B- aumentó su longitud 10.3 kilómetros por lo que las vías principales de la entidad alcanzan un extensión de 338.9 kilómetros. En las líneas -B- y -BC- fue cambiado el calibre del riel en su totalidad. Así, para ese año las líneas -Juárez-, -Morelos-, -B- y -BC- tuvieron el mismo calibre de riel (de 115 lb/yd). Por otro lado, en las líneas -Juárez- y -Morelos- se efectuaron algunos cambios de riel, aunque fueron mínimos. En esas líneas fue reportado que la mayoría de los juegos de cambio, casi en su totalidad, necesitan cambio de agujas y de rieles guía. Para el patio de San Juan del Río Pasajeros se reporta la necesidad de limpieza y mantenimiento urgente. Mientras que la vía entre Conexión San Juan del Río Pasajeros y San Juan del Río Carga (tramo de la línea -A-) se encuentra en pésimas condiciones, lo cual puede propiciar accidentes por lo que requiere mantenimiento urgente también. Nuevamente, al igual que en años pasados, las vías secundarias, aunque se encuentran en condiciones operativas, requieren de una atención urgente de mantenimiento. En cuanto a los trenes con locomotora eléctrica, estos circulan normalmente y la catenaria está energizada las 24 horas del día. Para la circulación en la ciudad de Querétaro de los trenes de doble estiba, se elevó la altura de la catenaria de la línea -Juárez- en el tramo 240+000 al 251+000¹⁹⁹.

Finalmente, en el año de 1996, la longitud de la red ferroviaria estatal se mantuvo igual que la del año 1995. La situación de las vías secundarias también se mantiene igual a la de años pasados. La doble vía electrificada sigue operando en condiciones normales. Para ese año están vigentes varias órdenes de precaución en la entidad dentro de las que destacan las siguientes: orden de precaución A-90, por cortavías (72 y 73) fuera de servicio debido a un accidente, por lo que se limita la velocidad a 30 km/h en las líneas -Juárez- y -Morelos- kilómetros 202 a 203; y la orden de precaución C-3 por durmientes de concreto rotos (10,000 durmientes dañados), lo cual limita la velocidad máxima de los trenes a 40 km./h. en la línea -Juárez-, kilómetros 232 a 240.

Las principales vías férreas en el Estado pueden ser consideradas como de altas especificaciones, por ello y debido a la elevada densidad de tránsito de trenes y por los elevados montos en fletes que circulan por ellas, su mantenimiento debe ser continuo e intensivo. Debido a lo anterior, se considera primordial garantizar las labores de mantenimiento preventivo adecuado en la infraestructura ferroviaria, así como una supervisión especializada tanto para el mantenimiento como en la operación, para reducir la probabilidad de que se presenten accidentes.

Evaluación actual y potencial del movimiento de carga en el estado de Querétaro. Evaluaciones recientes en el ámbito nacional de los ferrocarriles, indican que de los 12,544 pares origen-destino (O-D) zonales posibles, sólo 3,391 (el 27%) presentaron movimientos de carga ferroviaria en 1993. Lo más sobresaliente es que de estos, la gran mayoría (3,273 es decir el 96.5%) presenta tonelajes por debajo de las 100,000 toneladas anuales. Por ello, dentro de los 100 pares O-D más importantes (jerarquizados por su tonelaje) se transporta alrededor del 66% del tonelaje ferroviario nacional²⁰⁰. Lo anterior indica la gran concentración entre algunos cuantos sitios del movimiento nacional de carga ferroviaria.

Dentro de estos 100 pares O-D más importantes, por el tonelaje de carga movida, cuatro incluyen a ciudades que pertenecen al estado de Querétaro; por orden jerárquico descendente estos son: No.

¹⁹⁹ Pérez Arzate Vicente, *Informe de Evaluación 1995 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro*, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1996.

²⁰⁰ Jiménez Sánchez J.E. y Mendoza Díaz A., *op. cit.*, p. 37.

52 Nuevo Laredo-Querétaro, No. 64 Nuevo Laredo-San Juan del Río, No. 75 Coatzacoalcos-Querétaro y No. 100 Huichapan-Querétaro²⁰¹. Obsérvese como en los cuatro casos, el estado de Querétaro es el destino de la carga ferroviaria.

Evaluaciones similares pero en relación con el valor económico de la carga ferroviaria transportada, indican que dentro de los 100 pares O-D más importantes (ahora jerarquizados por el valor de la carga), se acumula más del 87% del valor económico de la carga transportada por ferrocarril²⁰². Por lo que los flujos en valor económico de la carga transportada por ferrocarril, están todavía más concentrados que los flujos clasificados por tonelaje transportado. Dentro de estos 100 pares O-D más importantes de acuerdo con el valor de la carga transportada, tres corresponden a ciudades dentro del estado de Querétaro: No. 63 Nuevo Laredo-Querétaro, No. 75 Veracruz-Querétaro y No. 91 Nuevo Laredo-San Juan del Río²⁰³. Nuevamente se hace evidente la naturaleza del estado de Querétaro, como receptor de carga ferroviaria.

Estos mismos estudios, mediante modelos de asignación de flujos²⁰⁴ y de análisis beneficio-costos a las mejoras del Sistema Nacional Ferroviario, determinaron que para una carga de 50 millones de toneladas anuales, la gran mayoría de las acciones (de un significativo nivel de inversión) resultaban no factibles. Sólo se presentan dos acciones factibles, las cuales corresponden a los corredores económicamente más importantes (tramo Estación Guadalajara-Estación Colima y tramo Estación Monterrey-Estación Nuevo Laredo)²⁰⁵.

Sin embargo, para un escenario futuro en el que el sistema ferroviario capte 100 millones de toneladas anuales, el mismo tipo de modelación y análisis indica que hay 18 alternativas factibles, dentro de las cuales dos incluyen mejoras en parte de la red ferroviaria del estado de Querétaro. Estas mejoras son las siguientes: mejora No. 6, instalación de vía doble con el objeto de ampliar la capacidad entre la Estación Ahorcado y la Estación Nuevo Laredo (en Tamaulipas); y la mejora No. 9, instalación de vía sencilla con el objeto de acortar el recorrido entre la Estación Viborillas y la Estación Las Palmas (en San Luis Potosí)²⁰⁶.

La información anterior sirve para mostrar la importancia actual y potencial del ferrocarril en el estado de Querétaro, que si bien no es la más importante en el país, sí es destacada.

Parámetros relacionados con la seguridad de la red ferroviaria del estado de Querétaro.

En la Tabla 4.2. se muestran algunos de los parámetros de operación, mantenimiento, inspección y administrativos que podrían estar relacionados con la seguridad de la red ferroviaria del estado de Querétaro.

²⁰¹ Jiménez Sánchez J.E., et. al., *op. cit.*, pp. 129 y 130.

²⁰² *Ibid.*, p. 43.

²⁰³ *Ibid.*, pp. 133 y 134.

²⁰⁴ Usando como algoritmo de asignación el denominado "optimización del sistema", el cual considera para los arcos una capacidad disponible finita y un tiempo de viaje exponencialmente creciente en función del nivel de saturación de esa capacidad.

²⁰⁵ Jiménez Sánchez J.E., et. al., *op. cit.*, p. 91.

²⁰⁶ *Ibid.*, p. 99.

Tabla 4.2.

PARÁMETRO	AÑO				
	1992	1993	1994	1995	1996
FALLAS DE LOCOMOTORAS EN CAMINO	120	131	163	130	60
BOLETOS VENDIDOS	23137	19539	13929	14472	14912
CARGA QUE TIENE COMO ORIGEN O DESTINO AL ESTADO DE QUERÉTARO (MILLONES DE TONELADAS)	1.458	2.004	1.945	1.921	2.539
REPARACIÓN DE CARROS	7550	7295	5482	5190	3332
KILÓMETROS DE VÍA INSPECCIONADOS	750	300	279	583	486
INSPECCIONES A INSTALACIONES	40	10	26	55	22
TRENES INSPECCIONADOS	270	85	146	139	95
UNIDADES DE ARRASTRE INSPECCIONADAS	96	25	293	256	117
LOCOMOTORAS INSPECCIONADAS	15	5	61	41	13
LICENCIAS FEDERALES FERROVIARIAS EXPEDIDAS	218	189	124	232	171
TRENES DE CARGA CORRIDOS EN EL ESTADO	6475	5559	4750	4054	5460
TRENES DE PASAJEROS CORRIDOS EN EL ESTADO	4380	4380	3854	3650	3650

Fuente: elaboración propia con base en Pérez Arzate Vicente, *Informe de Evaluación 1996 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro*, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario.

4.1.2. Información de los accidentes ferroviarios.

Cada vez que ocurre un accidente ferroviario en la entidad, éste es reportado por el Superintendente Divisional de Querétaro, al Director General de Ferrocarriles en Operación; a los Subdirectores Generales de Operación, Recursos Humanos y Laborales; a los Coordinadores Ejecutivo Comercial y de Servicios, de Operación, y Técnico de Vía y Estructuras; y a los Gerentes de Transporte, de Vías y Estructuras, de Asuntos Jurídicos, de Comunicación Social, de Producción y de Prevención de Accidentes; y también se le notifica al DTF del Centro SCT Querétaro. A este reporte se le llama, *Informe de Accidente* y coloquialmente se le conoce como “informe de trece puntos”, dado que consta de trece incisos informativos²⁰⁷ (ver un ejemplo real de este informe en el Anexo D).

Este reporte presenta la información del accidente en el siguiente orden²⁰⁸:

1. Tipo de accidente.
2. División de Ferrocarril donde ocurrió el accidente.
3. Distrito Ferroviario del accidente.
4. Ubicación del accidente.
5. Entre que estaciones se ubica.
6. Fecha y hora en la que ocurrió el accidente.
7. Tren o trenes accidentados y número(s) de la(s) locomotora(s).
8. Tripulación del tren o trenes.
9. Equipo ferroviario dañado.
10. Personal ferroviario lesionado.
11. Quienes atendieron el accidente.
12. Causa del accidente.
13. Detalles del accidente.

²⁰⁷ Fuente: Ing. Gerardo Ávila Arreguin, Jefe de Infraestructura del Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

²⁰⁸ Información proporcionada por el Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

En cuanto el Departamento de Vías es notificado de la ocurrencia de algún accidente, éste toma las acciones pertinentes para remover los obstáculos, despejar las vías y arreglar los desperfectos a la brevedad. Por su parte el Departamento de Transporte se encarga del tránsito de trenes, buscando desvíos o alternativas con el fin de evitar otro accidente y reducir las demoras²⁰⁹.

En la Figura 4.3. se observa la grúa W-250 que posee la División Querétaro para despejar las vías en los accidentes que así lo requieran. El cuerpo de esta grúa tiene una longitud de 13.6 m., un ancho de 3.2 m. y una altura de 4.66 m.; y tiene una capacidad de levantamiento de hasta 250 toneladas, suficiente como para levantar a la locomotora más pesada que circule por las vías del estado de Querétaro.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura 4.3. Grúa W-250 para despejar las vías (capacidad 250 toneladas).

En la Figura 4.4. se observa parte del equipo usado para reparar desperfectos en las vías después de un accidente severo. En el primer plano se tiene una calzadora de vía, que acomoda el balasto y sube el riel, y atrás se aprecia una niveladora de vía.

En la Figura 4.5. se observa en operación a la grúa W-250, al iniciar el levantamiento de una locomotora eléctrica, para despejar la vía después de un choque de trenes²¹⁰.

²⁰⁹ Información proporcionada por el Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

²¹⁰ Ocurrido el día 11 de agosto de 1995, en el kilómetro BQ-234.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura 4.4. Calzadora y niveladora de vía.



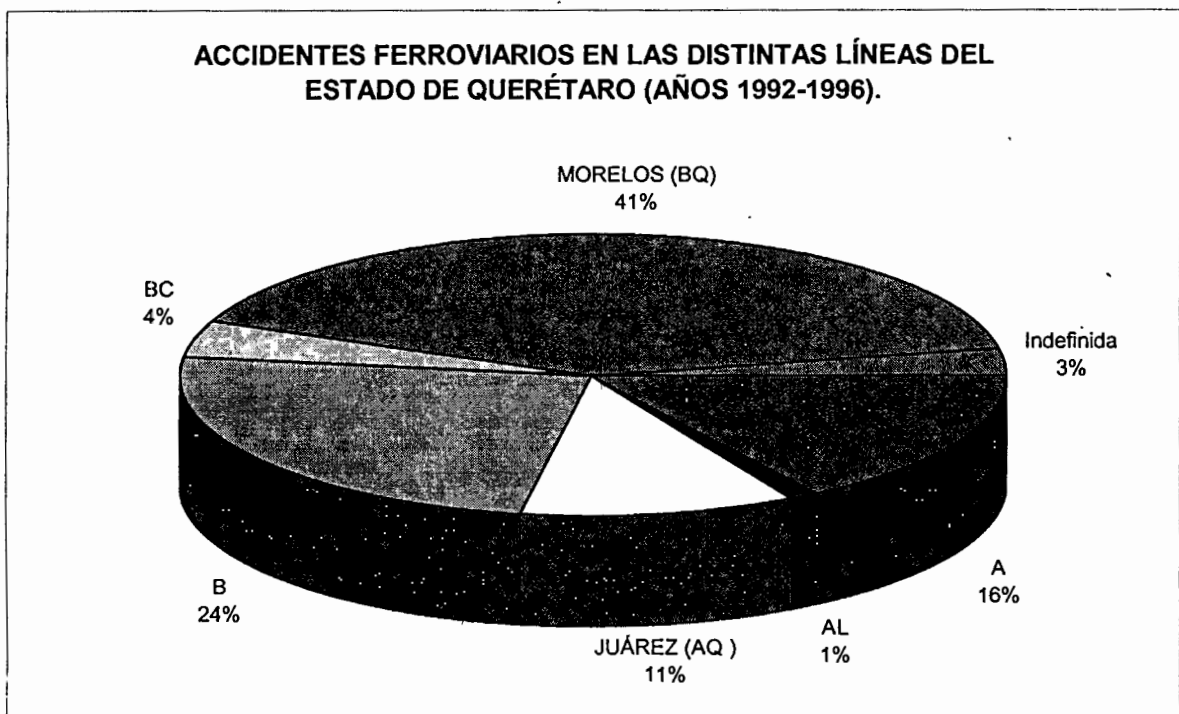
Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura 4.5. Grúa W-250 en operación.

En el Anexo E se muestran datos relevantes de los accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro, durante el quinquenio 1992-1996. En ese anexo, a cada accidente se le ha asignado un número consecutivo de acuerdo al orden cronológico en que ocurrió, se indica además la fecha, hora y localización del percance, el tren o trenes involucrados, el tipo de accidente y al final las causas del accidente, detalles y comentarios de interés. Las fuentes y datos complementarios se indican como notas al pie. Un resumen del anexo E, donde se indican los principales tipos de accidentes y sus causas cooperantes, se consigna en el Anexo F.

4.1.3. Análisis de la información.

Con base en la tabla del anexo E, a continuación se realiza el análisis de los accidentes ocurridos en el estado de Querétaro, durante el período 1992-1996. Inicialmente se resume en una figura, cómo se han distribuido durante esos años los accidentes ferroviarios en las distintas líneas de la entidad. Obsérvese en la Figura 4.6. cómo en la línea -Morelos- (antes -BQ-) se tiene la mayor acumulación de accidentes con el 41% (38 accidentes), le sigue la línea -B- con el 24% (23 accidentes), después la línea -A- con el 16% (15 accidentes). Así estas tres líneas acumulan más del 80% de los accidentes ferroviarios de la entidad. La línea -Juárez- (antes -AQ-) presentó el 11% de los accidentes (diez accidentes), finalmente las líneas -BC- y -AL- presentaron las incidencias más bajas de accidentes con el 4% (cuatro accidentes) y 1% (un accidente) respectivamente.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.6.

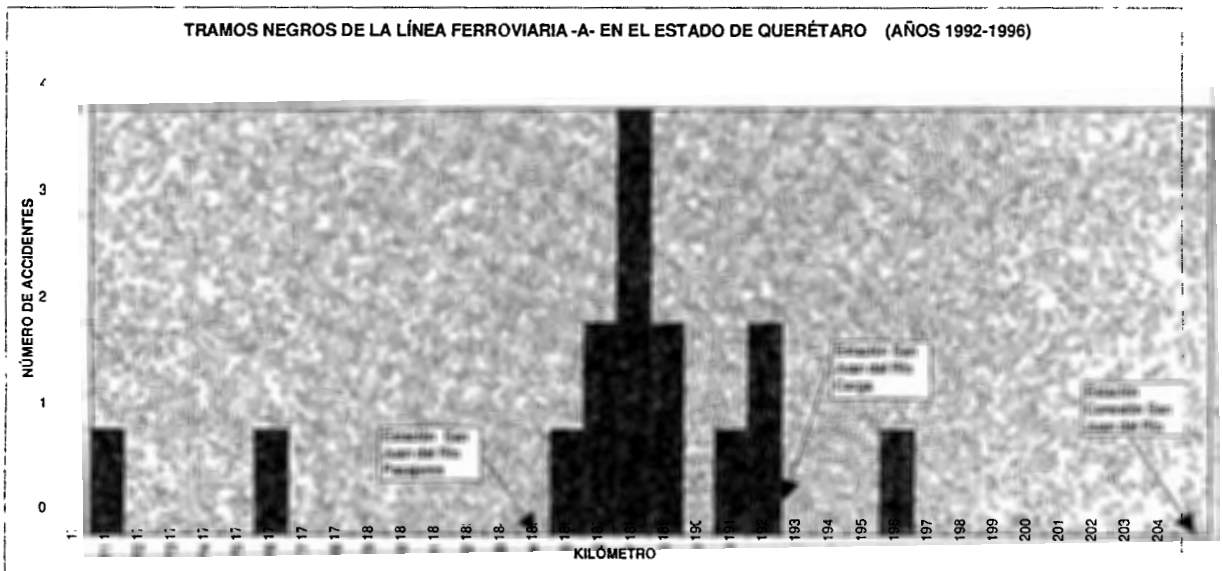
En la Tabla 4.3. se muestra un resumen de las localizaciones, por kilómetro, de los distintos tipos de accidentes, para las seis líneas ferroviarias de la entidad. Con base en esta tabla es posible visualizar los tramos negros de las distintas líneas, para ello los valores de la Tabla 4.3. se han

graficado en las Figuras 4.7. a 4.11. Obsérvese en la Tabla 4.3. cómo las líneas férreas -AL- y -BC- presentan muy pocos accidentes (la línea -AL- no fue graficada dado que sólo presenta un accidente). El número de accidentes tan bajo en la línea -AL- se debe en parte a que su longitud es muy reducida, dado que apenas tiene una extensión de doce kilómetros (ver Figura 4.2.).

Tabla 4.3.

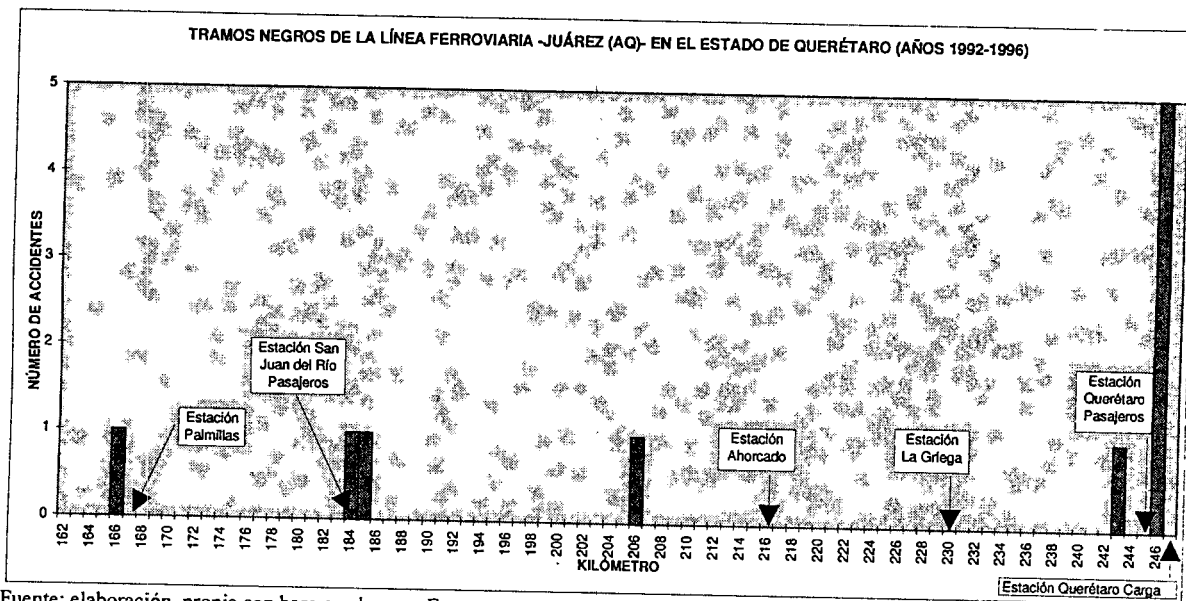
LOCALIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS EN LAS DISTINTAS LINEAS DE LA RED FERROVIARIA DEL ESTADO DE QUERÉTARO (AÑOS 1992-1996)											
LINEAS											
A		AL		JUÁREZ (AQ)		B		BC		MORELOS (BQ)	
Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes
171	1	0+230	1	166	1	198	1	2	1	184	3
176	1			184	1	202	2	38	1	203	1
185	1			185	1	203	1	40	2	204	1
186	2			206	1	206	1			207	1
187	4			243	1	214	1			212	4
188	2			246	5	225	1			215	1
190	1					244	2			234	1
191	2					245	2			236	1
195	1					246	1			237	1
						257	1			239	1
						259	1			241	1
						264	1			244	2
						270	2			245	1
						271	5			246	16
						278	1			255	2
										259	1

Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.



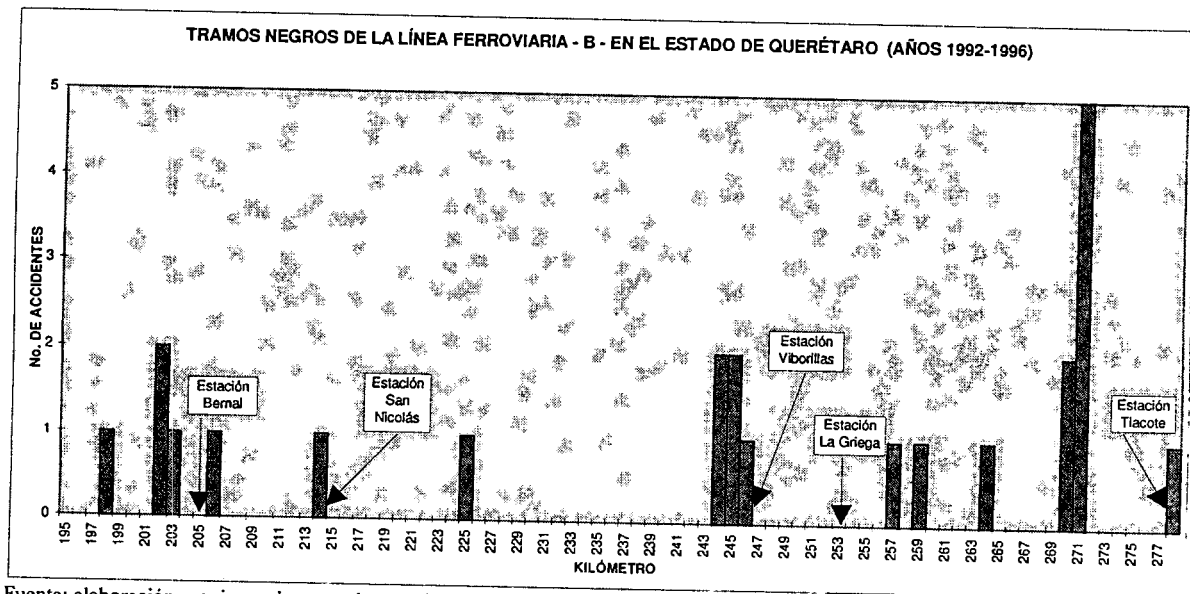
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.7.



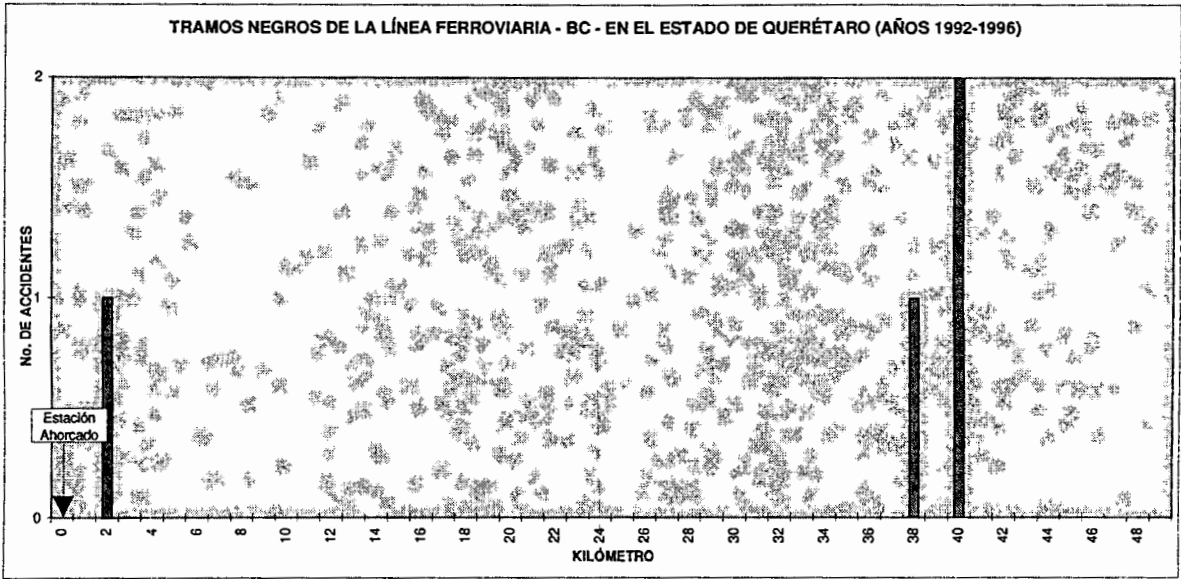
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.8.



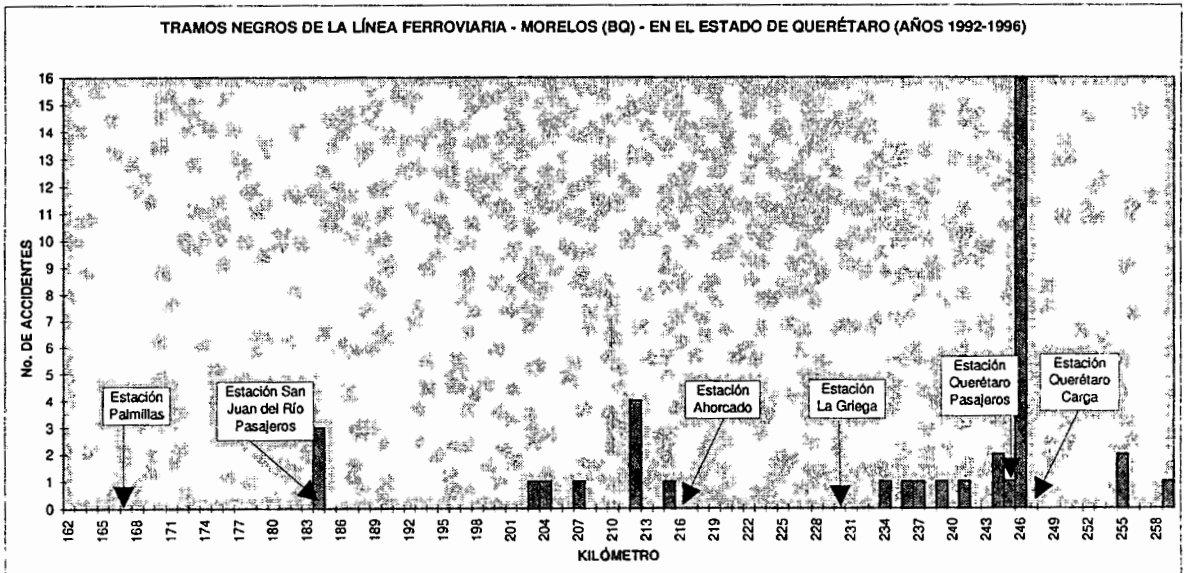
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.9.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.10.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.11.

Se observa en las Figuras 4.7. a 4.11. cómo los accidentes ferroviarios tienden a aglomerarse en las estaciones ferroviarias o cerca de ellas. De hecho, en las estaciones ferroviarias en operación o a una distancia de 4 kilómetros de ellas se presenta el 69% de los accidentes ferroviarios (65 de 94 accidentes). Sin embargo, la concentración de accidentes es aún más marcada en ciertos tramos ferroviarios, dado que en tan sólo cinco kilómetros de vías se concentra el 36% de los accidentes (línea -A- kilómetro 187, línea -Juárez- kilómetro 246, línea -B- kilómetro 271, y línea -Morelos- kilómetros 212 y 246); y en un sólo tramo de un kilómetro (línea -Morelos- kilómetro 246) se

presenta el 17% de todos los accidentes ferroviarios. Por otra parte, dado que las líneas -Juárez- y -Morelos- son vías paralelas, el kilómetro 246 de ambas es el tramo de toda la red estatal que requiere la mayor atención, puesto que en este pequeño segmento de la red se concentra el 22% de todos los accidentes ferroviarios de la entidad.

Las principales zonas urbanas en el estado de Querétaro se sitúan en las ciudades de Santiago de Querétaro y San Juan del Río, dado que concentran el 44.7% y 12.4% de la población total de la entidad²¹¹ respectivamente. Como se observa en la Figura 4.2. ambas ciudades son cruzadas por líneas férreas. Si se observa la Figura 4.7. se nota que entre las estaciones San Juan del Río Pasajeros y San Juan del Río Carga, que es donde se ubica la zona urbana de la ciudad de San Juan del Río, se presenta el mayor número de accidentes correspondientes a la línea -A- (doce accidentes). Por otro lado, al observar las Figuras 4.8. y 4.11. se nota que entre los kilómetros 240 a 249 de las líneas -Juárez- y -Morelos-, en donde se encuentra la ciudad de Santiago de Querétaro, se presentan las mayores incidencias de accidentes de estas dos líneas (veintiséis accidentes). Así, en estas dos zonas urbanas se concentra el 40% de todos los accidentes ferroviarios de la entidad. Lo anterior nos conduce a asumir que las zonas urbanas interactúan en forma negativa con la seguridad ferroviaria, es decir, aparentemente las zonas urbanas propician una mayor número de accidentes.

Además, la Figura 4.7. muestra que la distribución de accidentes en la zona urbana de San Juan del Río tiende a ser una distribución normal. Lo cual se puede explicar si consideramos que mientras más se adentra la vía férrea dentro de la zona urbana, se presentan más cruces ferroviarios, más tránsito de autotransportes y de peatones, por lo que se tiene una mayor interacción, y conforme la vía sale de la zona urbana, disminuye también el número de cruces y también el tránsito de autotransportes y peatones, por lo que la interacción igualmente disminuye. Sin embargo, este tipo de distribución no es tan evidente para el caso de la ciudad de Santiago de Querétaro.

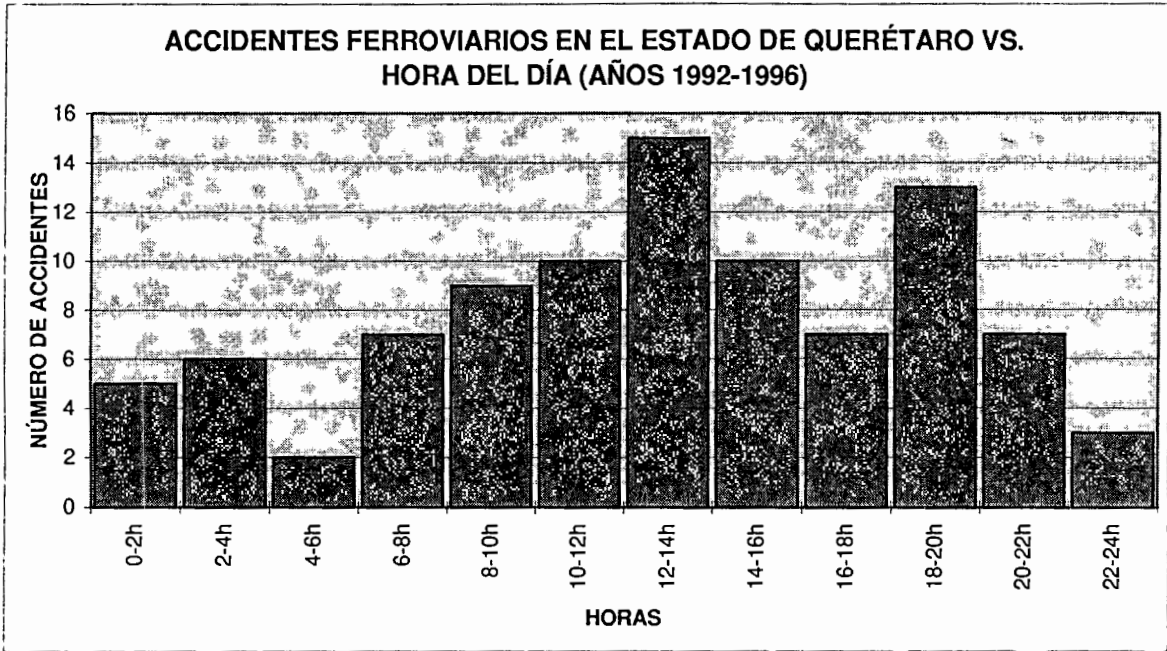
En las Figuras 4.12., 4.13. y 4.14. se muestran gráficamente los accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro durante los años 1992 a 1996, en relación con la hora, día y mes en que se presentaron.

En la Figura 4.12. se observa cómo a partir de las 4 horas y hasta las 14 horas, el número de accidentes tiene una tendencia crecer. Por otro lado, después de las 14 horas la tendencia es a disminuir, con excepción del lapso comprendido entre las 18 y 20 horas, donde se tiene un repunte del número de accidentes. Esto último indica que hay un problema durante el cambio de la iluminación natural a la artificial. Sin embargo, en forma general los accidentes diurnos son más frecuentes que los nocturnos.

La Figura 4.13. muestra cómo a partir del día jueves y hasta el día sábado el número de accidentes se incrementa uniformemente, pero los días domingo y lunes los accidentes tienden a disminuir. Sin embargo, los días martes y miércoles la frecuencia de accidentes tiene un repunte. En general, no hay grandes fluctuaciones en cuanto al número de accidentes durante los distintos días de la semana.

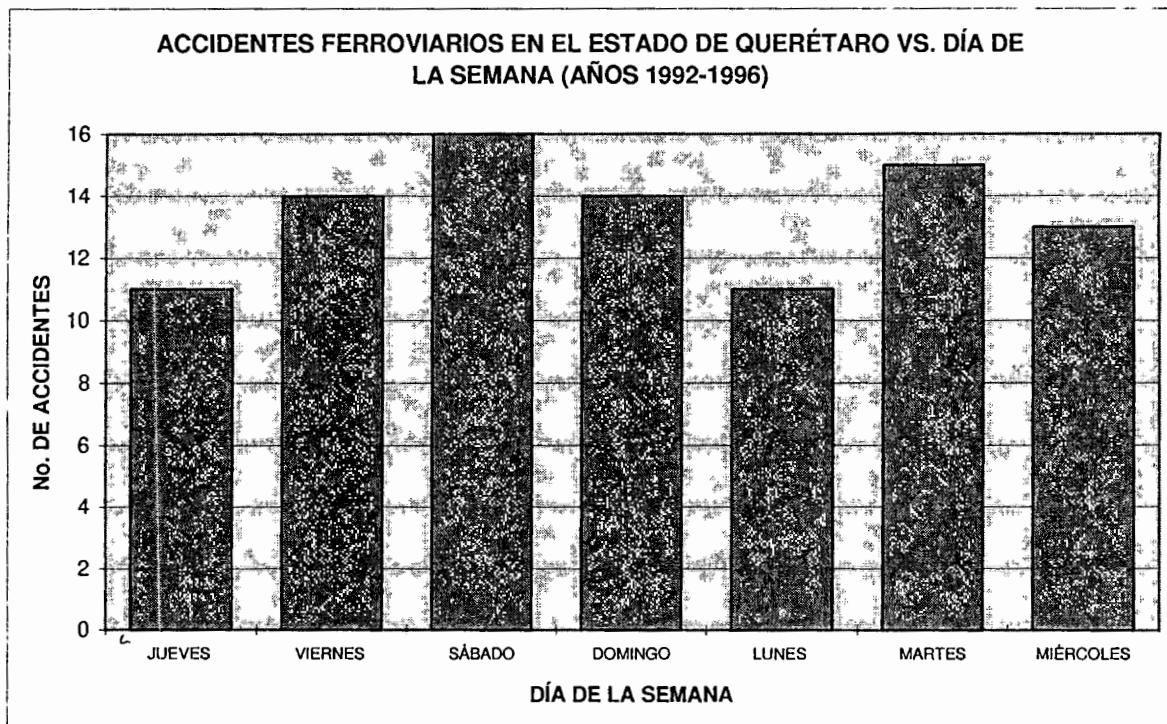
En cuanto al comportamiento de los accidentes de acuerdo al mes del año, se observa en la Figura 4.14. que durante los meses de enero y octubre se tiene la mayor incidencia de accidentes, en cambio el mes de noviembre es el que tiene la incidencia más baja.

²¹¹ INEGI, Resultados Definitivos por Entidad Federativa. Censo de Población y Vivienda 1995., México, 1995.



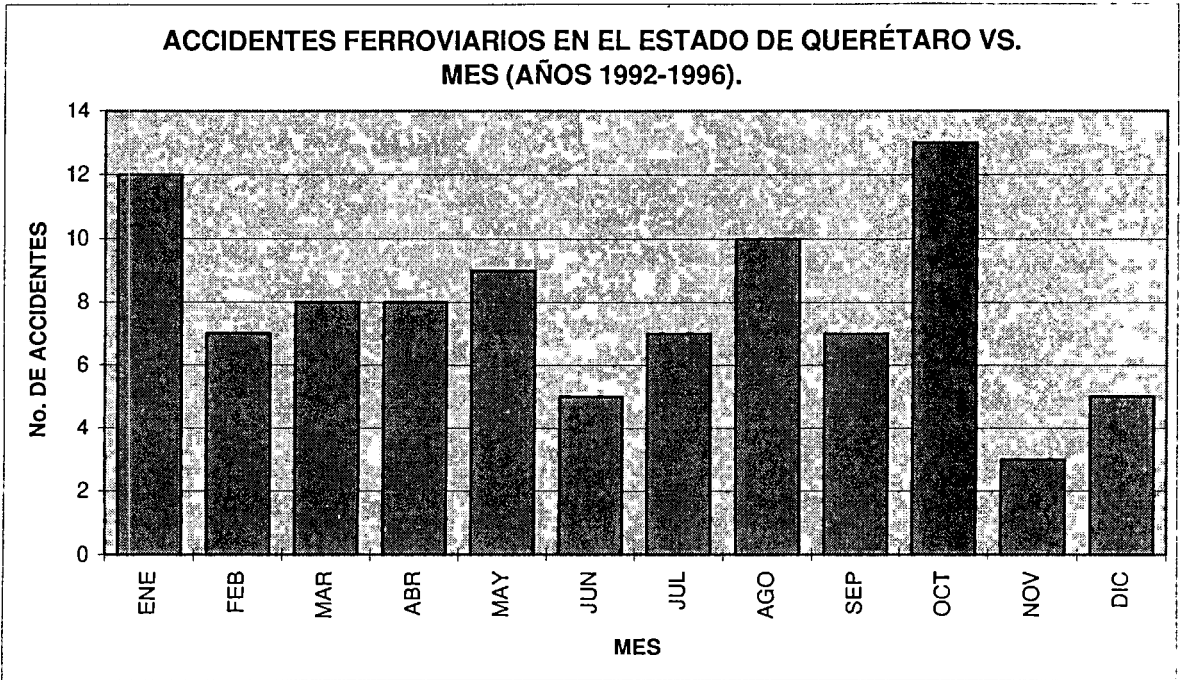
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.12.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

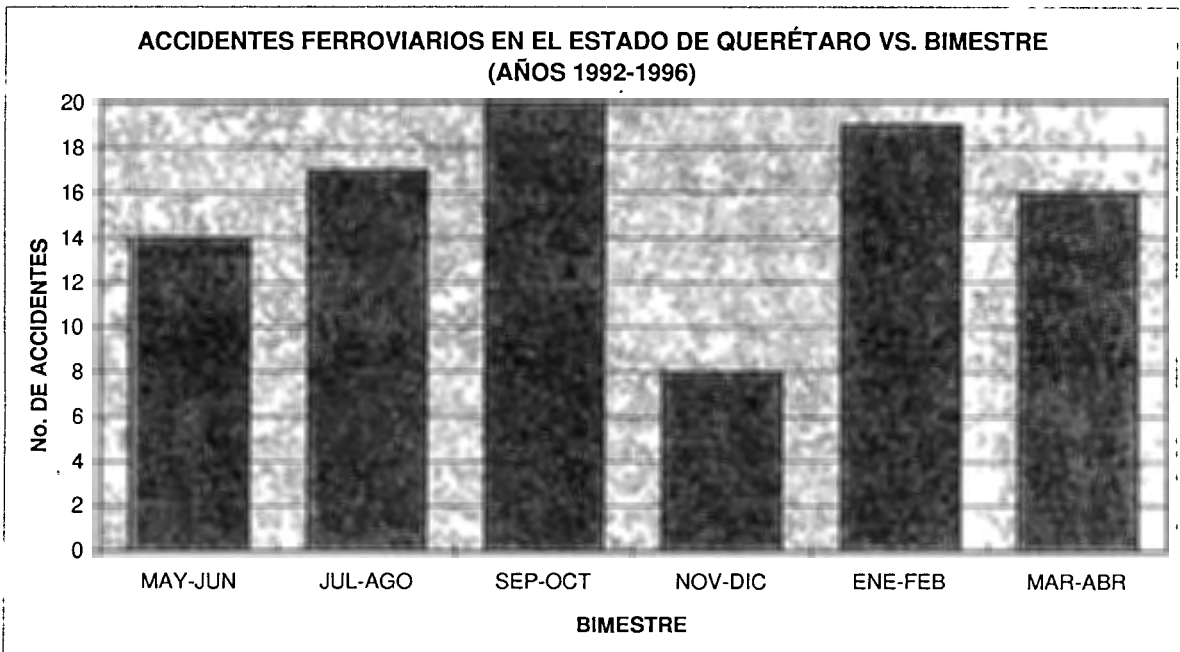
Figura 4.13.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.14.

Una gráfica por bimestre indica cómo el comportamiento de los accidentes tiene una tendencia de distribución normal, aunque durante el bimestre noviembre-diciembre se observa una notable reducción en el número de accidentes (ver Figura 4.15.).



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

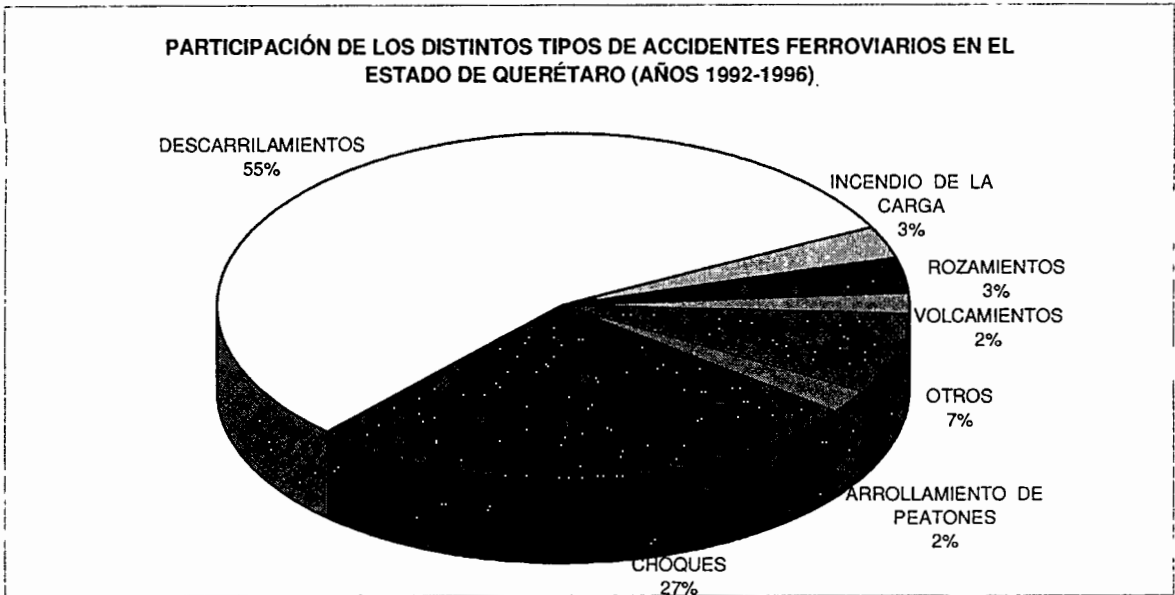
Figura 4.15.

En la Tabla 4.4. se muestran las frecuencias de los distintos tipos de accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro y sus principales factores cooperantes. Debemos remarcar que estos factores son los principales, pero no son los únicos, es decir son sólo parte de los factores cooperantes que condujeron a que se suscitaran los accidentes. Una representación agregada de la Tabla 4.4. se muestra en la Figura 4.16.

Tabla 4.4.

AÑO	FRECUENCIAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACCIDENTES Y SUS PRINCIPALES FACTORES COOPERANTES														
	ARROLLAMIENTO DE PEATONES	CHOQUES		DESCARRILAMIENTOS						INCENDIOS, EXPLOSIONES, DERRAMES Y FUGAS DE LA CARGA	ROZAMIENTOS	VOLCAMIENTOS	OTROS		
		IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR DE AUTOTRANSPORTE (CRUCEROS A NIVEL)	ERROR HUMANO PERSONAL DE FF.CC.	MANTENIMIENTO INADECUADO DE LA VÍA	MANTENIMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO DE ARRASTRE	PROCEDIMIENTO INADECUADO DE CARGA	OBSTÁCULOS EN LA VÍA	DESCUIDO DEL PERSONAL FERROVIARIO	VANDALISMO						
1992	1	8	1	5	1	1									3
1993		3	1	3		1	1	1	1			1			
1994	1	3	4	7	4			2			3	2	1		2
1995			1	11	1			1	2						1
1996		4		7	3									1	1
SUBTOTAL	2	18	7	33	9	2	2	5	1		3	3	2		7
TOTALES	2	25		52						3	3	2	7		

Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.4.

Figura 4.16.

Como se aprecia, los accidentes por descarrilamiento son los predominantes en la entidad, ya que conforman el 55% de todos los accidentes ferroviarios, le siguen en importancia los accidentes por choque, con el 27% de los accidentes totales.

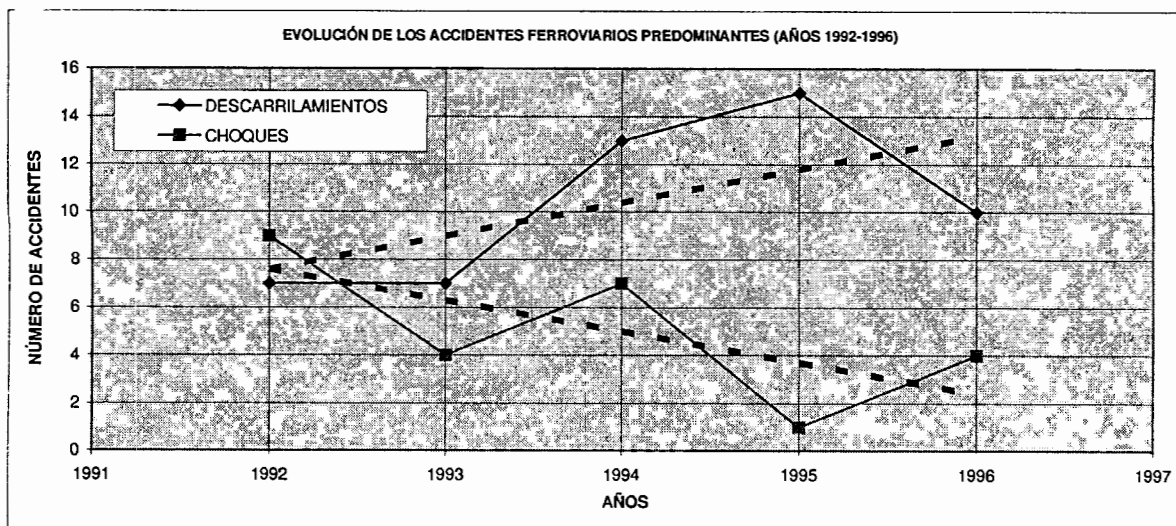
Lo anterior señala el trato prioritario que se debe dar a estos dos tipos de accidentes, dado que engloban al 82% del total de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro.

En la Tabla 4.5. se muestra cómo han evolucionado los accidentes ferroviarios predominantes en el estado de Querétaro, durante los años 1992 a 1996. La Figura 4.17. muestra en forma más evidente este comportamiento. En esta última figura también se han graficado, con línea punteada, las tendencias de los dos tipos predominantes de accidentes. Obsérvese que aunque hay fluctuaciones en el comportamiento anual, la tendencia general para los descarrilamientos es a aumentar, en cambio para los choques la tendencia es a disminuir.

Tabla 4.5.
Evolución de los accidentes ferroviarios predominantes (años 1992-1996)

AÑO	DESCARRILAMIENTOS	CHOQUES	OTROS
1992	7	9	4
1993	7	4	1
1994	13	7	9
1995	15	1	1
1996	10	4	2

Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.4.



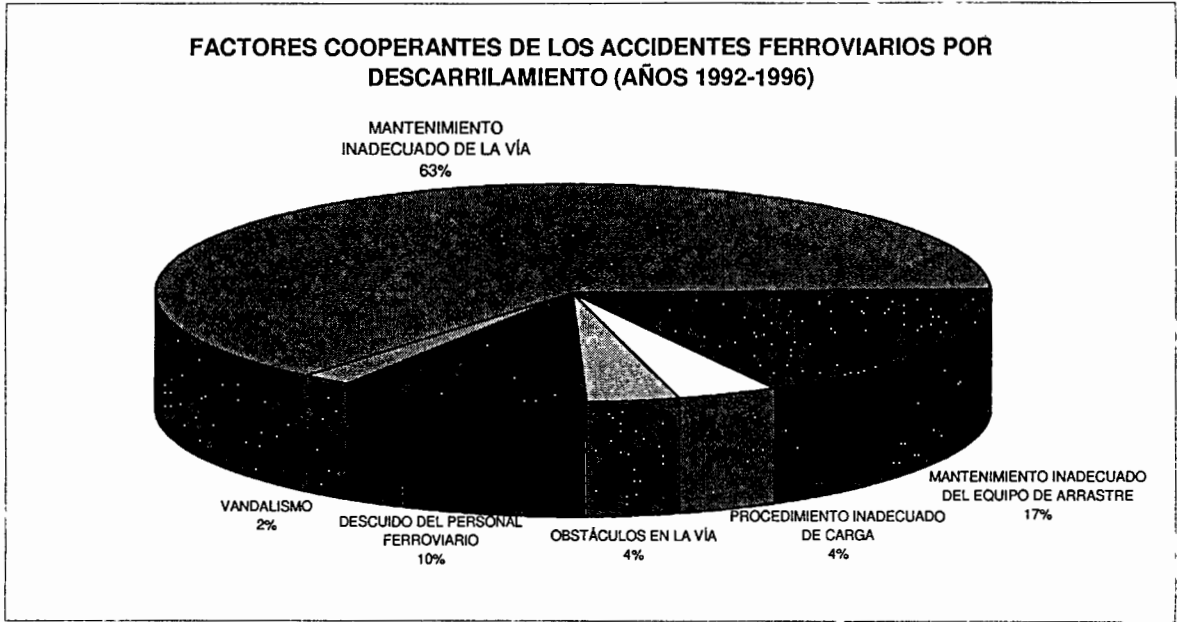
Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.5.

Figura 4.17.

Accidentes por descarrilamiento.

A continuación se hará un análisis de los accidentes ferroviarios predominantes. Se inicia con los accidentes por descarrilamiento. Como ya fue indicado antes, estos son los más numerosos de todos los accidentes ferroviarios en la entidad (ver Tabla 4.4.). La Figura 4.18. muestra cual es la participación porcentual de los principales factores cooperantes para este tipo de accidente.

Como se observa, los principales factores cooperantes para este tipo de accidente son el mantenimiento inadecuado de la vía (63%) y del equipo de arrastre (17%), conformando estos dos factores el 80% de los accidentes de este tipo y el 45% de todos los tipos de accidentes ferroviarios. También se observa que los descuidos del personal ferroviario contribuyen con una parte importante a este tipo de accidente (10%).



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.4.

Figura 4.18.

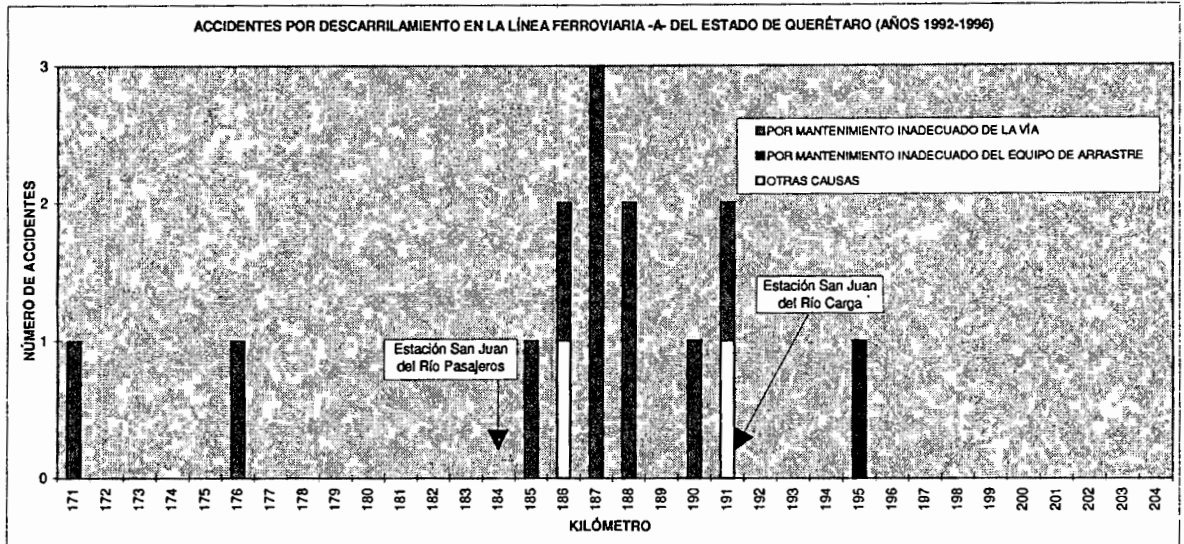
Los accidentes por mantenimiento inadecuado de la vía, corresponden en su mayoría a desperfectos en los juegos de cambio de vía (16 casos), falta de resistencia transversal de la vía (13 casos) y anomalías en el riel, tales como roturas o desgaste (cuatro casos). Por su parte los accidentes por mantenimiento inadecuado del equipo de arrastre comprenden principalmente problemas por desgaste o falla de material (seis casos) y por *truck* rígido (dos casos). La mayoría de estas fallas son originadas por una falta de mantenimiento preventivo. Otras causas de los descarrilamientos han sido: procedimientos inadecuados de carga (accidentes No. 6 y 27), obstrucciones en la vía con piedras (accidentes 32 y 67), descuido del personal de ferrocarriles (accidentes No. 23, 52, 54, 65 y 73) y movimiento indebido de los juegos de cambio de vía, por personal ajeno a los ferrocarriles (accidente No. 28). En la Tabla 4.6. se muestran las localizaciones de los accidentes ferroviarios por descarrilamiento en el estado de Querétaro durante los años 1992-1996. Como se observa, las líneas con más accidentes son la -Morelos- y las líneas -A- y -B-. En cambio las líneas -AL-, -BC-, e incluso la línea -Juárez- tienen muy pocos accidentes por descarrilamiento.

Tabla 4.6.

LOCALIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES FERROVIARIOS POR DESCARRILAMIENTO EN LAS DISTINTAS LÍNEAS DE LA RED FERROVIARIA DEL ESTADO DE QUERÉTARO (AÑOS 1992-1996)											
LINEAS											
A		AL		JUÁREZ (AQ)		B		BC		MORELOS (BQ)	
Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes	Km.	No. de accidentes
171	1	0+230	1	166	1	198	1	2	1	203	1
176	1			184	1	202	2	40	1	212	4
185	1			243	1	203	1			215	1
186	2			246	1	206	1			241	1
187	3					214	1			244	1
188	2					259	1			245	1
190	1					264	1			246	7
191	2					270	2			259	1
195	1					271	4				

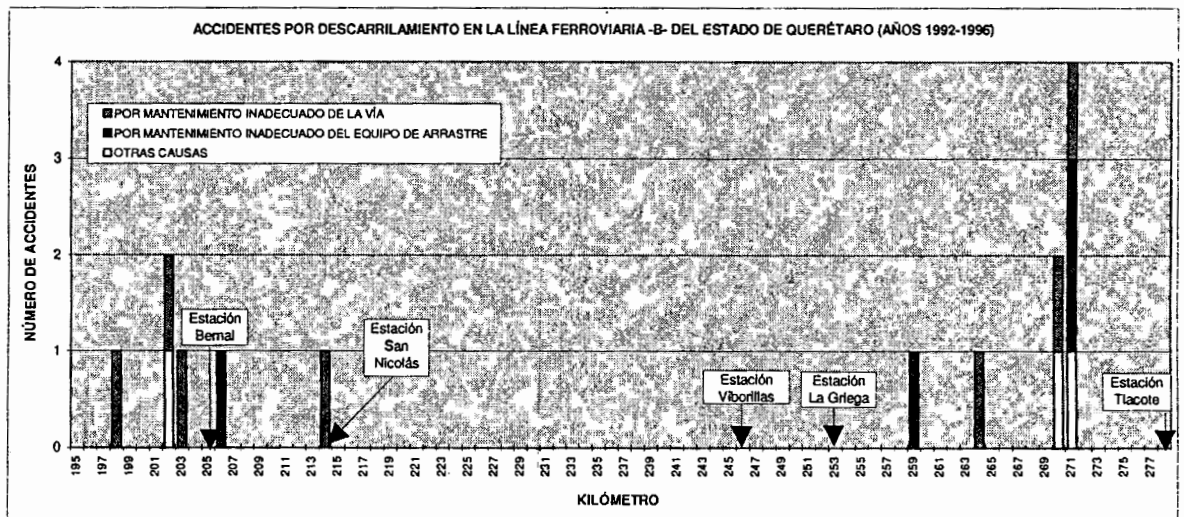
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Las Figuras 4.19., 4.20. y 4.21. muestran en forma esquemática las localizaciones de los accidentes por descarrilamiento en la líneas ferroviarias con las mayores incidencias. En éstas se indican además, cuales han sido los factores cooperantes principales que han contribuido para que se presenten los accidentes, ya sea por inadecuado mantenimiento de la vía o del equipo de arrastre o por otras causas. Al observar en forma desagregada las causas de los descarrilamientos, se detecta fácilmente qué tramos de vías son los que requieren una atención inmediata de mantenimiento.



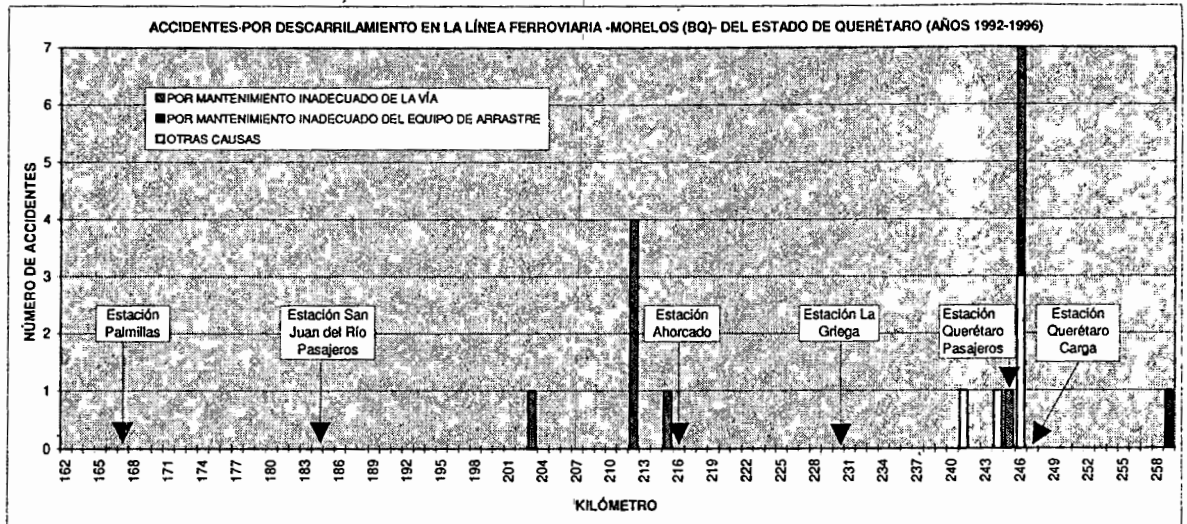
Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.19.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.20.

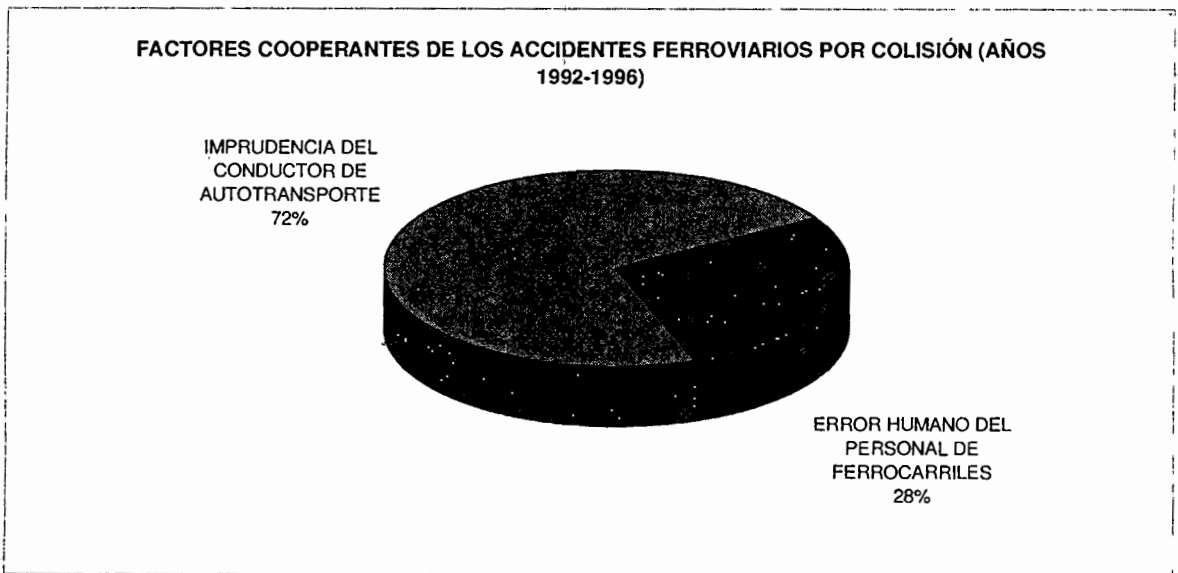


Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.21.

Accidentes por choque.

Ahora analicemos los accidentes por choque. Los dos factores cooperantes principales de los accidentes por colisión son: imprudencia por parte de los conductores de autotransporte en los cruces ferroviarios a nivel con carreteras, lo cual ha producido el 72% de los accidentes de este tipo en la entidad (18 accidentes); y errores humanos por parte del personal de ferrocarriles, conformando el 28% restante (7 accidentes). Lo anterior se ilustra gráficamente en la Figura 4.22.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.4.

Figura 4.22.

En el estado de Querétaro durante los años 1992 a 1996, las colisiones en cruces a nivel de ferrocarril y carretera ocasionaron la pérdida total o daños severos de 18 vehículos automotores, los

cuales incluyeron: siete automóviles (ver en el anexo E, los accidentes No. 1, 7, 8, 10, 11, 34 y 35.), dos microbuses (accidentes No. 2 y 58), dos autobuses de pasajeros (accidentes No 13 y 15), cuatro camiones (accidentes No. 86, 90, 91 y 92), un tractocamión (accidente No. 25), una camioneta (accidente No. 30) y un autotanque (accidente No. 31). Los accidentes anteriores ocasionaron un saldo fatal de tres muertos (accidentes No. 31 y 91) y 17 heridos, además de producir daños severos al equipo tractivo, de arrastre y a la infraestructura ferroviaria.

Es importante observar cómo la mayoría de este tipo de accidentes (once de los dieciocho) han ocurrido dentro de la ciudad de Querétaro o en su periferia, debido a los numerosos cruces ferroviarios que hay en la ciudad y al gran volumen de tránsito de vehículos de autotransporte que circulan en ésta. En la zona urbana de la ciudad de Santiago de Querétaro hay 24 cruces ferroviarios a nivel²¹², en contraste, en toda el área rural del estado de Querétaro hay catorce cruces ferroviarios a nivel, ocho son cruces con carreteras estatales y seis con carreteras federales²¹³.

Durante los años 1992 y 1993, hubo cuatro accidentes en el cruce a nivel de la calle Felipe Ángeles (accidentes No. 2, 8, 10 y 25), recuérdese que en julio de 1994 fue terminado el cruce a desnivel de esa calle, por lo que a partir de entonces, cuando menos para ese cruce, el problema de colisiones con el autotransporte ya no existe. Aunque los accidentes por colisión en ese cruce desaparecieron en el año 1994, en ese año precisamente se presentaron por primera vez, dentro del periodo de análisis, problemas de accidentes en el cruce a nivel de la calle aledaña Invierno (dos choques en 1994, accidentes No. 34 y 58), es decir se dio una migración del sitio de conflicto. Por otro lado, recientemente la peligrosidad del cruce a nivel en el kilómetro 7.5 de la carretera a Tlacote ha destacado dado que en 1996 se presentaron ahí dos choques (accidentes No. 86 y 91), uno de ellos con resultados fatales (accidente No. 91).

En relación con este tipo de accidente, hay que indicar que además de lo estipulado por el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales²¹⁴, el Reglamento de Tránsito del Estado de Querétaro²¹⁵ tiene señalado el derecho de preferencia de paso en los cruces a nivel del equipo rodante ferroviario, y además indica el procedimiento que deben seguir los autotransportistas para pasar por estos cruces. Así, este Reglamento en su artículo 82 señala que: "En los cruceros de ferrocarril y en los de tren ligero, estos tendrán preferencia de paso respecto a cualquier otro vehículo", además establece que el conductor de cualquier automotor que se aproxime a un cruce de ferrocarril, deberá hacer alto, a una distancia mínima de cinco metros del riel más cercano, y los conductores podrán cruzar las vías de ferrocarril, una vez que se hayan cerciorado de que no se aproxima ningún vehículo sobre los rieles.

Además, este mismo Reglamento en su artículo 87, fracción V, indica que queda prohibido al conductor de un vehículo rebasar a otro por el carril de tránsito opuesto, cuando se encuentre a treinta metros o menos de distancia de un cruce o de un paso de ferrocarril. El chofer del autotanque del accidente No. 31, incumplió esta disposición, lo cual le acarreó consecuencias funestas.

²¹² Planos, Publicidad y Diseño S. de R. L. de C.V., Mapa de Santiago de Querétaro 1997, México, 1997.

²¹³ Vázquez Paulín J.C. y Backhoff Pohls M.A., Mapa del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte del Estado de Querétaro, Instituto Mexicano del Transporte, México, 1994.

²¹⁴ Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 10 de junio de 1975.

²¹⁵ Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro el día 8 de julio de 1993.

Ahora se analizan las colisiones entre el mismo equipo ferroviario, es decir entre trenes o entre un tren y un auto-armón. Esta clase de accidente no es muy frecuente en la entidad, dado que se tiene un promedio de 1.4 accidentes de este tipo por año, no obstante, produce grandes pérdidas por daños materiales y además la mitad del total de muertes por accidentes ferroviarios en la entidad. Así, durante los años 1992-1996 se han presentado siete accidentes de este tipo en el estado de Querétaro (accidentes No. 3, 22, 36, 37, 47, 48 y 72).

Como consecuencia de estos accidentes se han destruido o dañado severamente tres auto-armones (accidentes No. 22, 36 y 48), trece carros de ferrocarril (accidente No. 47), tres locomotoras diesel (accidentes No. 47 y 72), seis locomotoras eléctricas (accidentes No. 47 y 72), además de haberse producido daños a la vía y a su electrificado, así como pérdidas en la carga transportada. Tan sólo el costo de los trece carros de ferrocarril, de las tres locomotoras diesel y de las seis locomotoras eléctricas destruidas, tiene un valor mayor a los 23 millones de dólares²¹⁶, lo cual es un monto muy significativo. Debemos remarcar que este monto no incluye los costos de los auto-armones destruidos, los costos de la reparación de los daños a la infraestructura, los costos de la reparación del equipo rodante recuperable, los costos de la carga perdida, los costos por demoras del tren accidentado y de otros que podrían haber circulado por la vía si no se hubiera dañado, los costos de las maniobras de levantamiento del equipo rodante e infraestructura dañada y los gastos de peritaje para deslindar responsabilidades, entre otros montos importantes.

Las colisiones entre equipo ferroviario durante los años 1992-1996 han implicado siete muertes y diecisiete heridos. Así, al sumar el número de defunciones debidas a las colisiones a nivel con autotransporte y a las colisiones entre equipo ferroviario, se tiene un total de diez muertes, es decir, más del 71% de las muertes de los accidentes ferroviarios son producidas en accidentes por colisión.

En relación con las colisiones entre equipo ferroviario, hay que indicar que como principal factor cooperante se tiene al error humano, por no cumplir con órdenes previas, esto es, violaciones por parte del personal ferroviario a las indicaciones del Reglamento de Transporte de FNM en vigor. Así, para el accidente No. 3, en el que se reportó descuido del jefe de patio al operar una máquina, el Reglamento de Transporte indica en sus artículos 354 a 362 las reglas que deben seguir los jefes y otros empleados de patio. En particular para este accidente, el jefe de patio violó el artículo 358, que dentro de otros puntos establece que los jefes de patio deben evitar todo movimiento brusco que entrañe peligro para la conservación del equipo o que pueda causar accidentes de cualquier naturaleza.

En los accidentes 22, 36 y 48 es evidente que los encargados de los auto-armones violaron el artículo 462 de este Reglamento al no darle protección a sus vehículos.

En relación con el accidente No. 37, en el que hubo descuido de la tripulación del servicio de patio, el Reglamento establece las reglas que deben seguir los conductores (artículos 363 a 375) y los maquinistas (artículos 401 a 413). En particular, en este accidente el conductor violó el artículo 363, al no hacer - por descuido- sus movimientos de acuerdo a lo indicado por el jefe de patio, y también violó el artículo 364, dado que el conductor es el responsable del manejo y seguridad del

²¹⁶ Para esta estimación se consideraron los siguientes precios unitarios promedio: para los carros de ferrocarril, 54,100 dólares; para las locomotoras diesel, 1,500,000 dólares; y para las locomotoras eléctricas 3,000,000 dólares. Fuente: Martínez Alejos Ramiro, et. al., op. cit., p. 231.

tren. Por su parte el maquinista violó el artículo 401, ya que junto con el conductor es igualmente responsable de la seguridad del tren.

En el accidente No. 47 (choque de trenes) se indicó como principal causa cooperante el incumplimiento de la Boleta CTC-2 por parte de una de las tripulaciones, por lo que nuevamente se violaron los artículos 364 y 401 del Reglamento de Transporte y además el artículo 296, relativo a la autorización que confiere la Boleta CTC-2 (en el Anexo G se muestra una forma de la Boleta CTC-2²¹⁷).

Finalmente, en el accidente No. 72 recuérdese que se reportó el incumplimiento de las órdenes de tren por parte del conductor y del maquinista de uno de los trenes y por autorización indebida por parte del despachador en turno. En este caso, es evidente de nuevo la violación de los artículos 364 y 401 por parte del conductor y maquinista respectivamente. Por su parte los despachadores deben cumplir con los artículos 333 a 338 del Reglamento de Transporte. En este accidente en particular el despachador violó el artículo 334, dado que no evitó una combinación insegura de órdenes que crearon una condición peligrosa para los trenes. Hay que agregar que las reglas para el movimiento de trenes por medio de órdenes están establecidas en los artículos 201 a 223 del Reglamento de Transporte. Por ello la tripulación del tren extra 13009 Sur violó además el artículo 220 al no cumplir con una orden de tren vigente.

Otros factores cooperantes para las dos colisiones de trenes en los accidentes No. 47 y 72 fueron: poca visibilidad, debido a que los trenes se encontraban en una curva encañada; la participación de locomotoras más silenciosas, ya que en ambos accidentes estuvieron involucradas locomotoras eléctricas que tienen ésta característica, lo cual contribuyó a que las tripulaciones de los trenes accidentados no se percataran de su cercanía a tiempo, sino ya cuando la colisión era inevitable; además, como agravante, estas locomotoras no pueden frenar en corto.

En la Tabla 4.7. se muestran las localizaciones de los accidentes por colisión para las distintas líneas de la red ferroviaria de la entidad, se indican además sus principales factores cooperantes.

Obsérvese cómo las líneas -Morelos (BQ)- y -B- son las que más accidentes presentan (doce y siete casos respectivamente). Además, es importante remarcar como en la línea -Morelos (BQ)- se presentan seis de los siete accidentes originados por error humano del personal de ferrocarriles, lo anterior indica dónde se deben reforzar las labores de inspección y supervisión. En cambio, en el resto de las líneas ferroviarias, los accidentes son por causa de la imprudencia de los conductores del autotransporte (excepto el accidente No. 48 en el kilómetro 38 de la línea -BC-): Obsérvese, por otro lado, cómo en la línea -AL- no se han presentado accidentes por colisión en el período de análisis.

En las Figuras 4.23. y 4.24. se ilustra gráficamente la distribución y principales factores cooperantes de los accidentes por colisión en las dos líneas ferroviarias con más accidentes de la entidad.

Finalmente, en relación con la Figura 4.24., se observa cómo en la zona urbana de la ciudad de Santiago de Querétaro (kilómetros 240 a 249 de la línea -Morelos-) o muy cerca de ella se presentan frecuentemente los accidentes por imprudencia de los conductores del autotransporte.

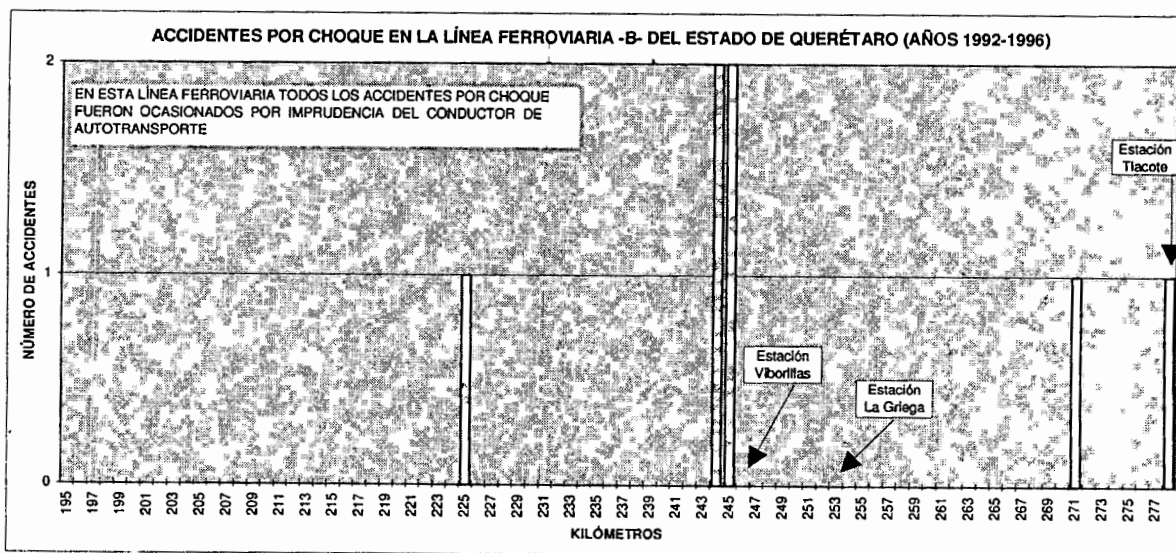
²¹⁷ Reglamento de Transporte de Ferrocarriles Nacionales de México, *op. cit.*, p. 124.

Tabla 4.7.

Localización de los accidentes por colisión en las líneas ferroviarias del estado de Querétaro y sus principales factores cooperantes (años 1992-1996)

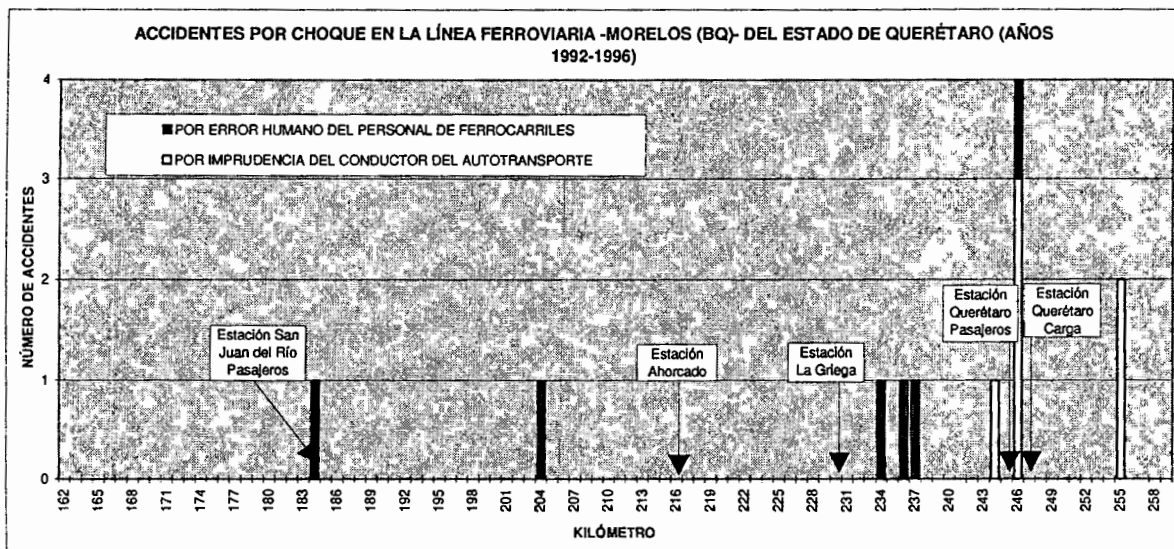
Línea ferroviaria	km.	Imprudencia del conductor de autotransporte	Error humano del personal de ferrocarriles
-A-	187	1	
-AL-			
-Juárez (AQ)-	246	3	
-B-	225	1	
	244	2	
	245	2	
	271	1	
	278	1	
-BC-	38		1
	40	1	
-Morelos (BQ)-	184		1
	204		1
	234		1
	236		1
	237		1
	244	1	
	246	3	1
255	2		

Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.23.



Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

Figura 4.24.

Otros tipos de accidentes.

Aunque los accidentes por descarrilamiento y choque constituyen el grueso de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro, existen otros cinco tipos, que conforman el 18% restante de los accidentes. Los accidentes por arrollamiento de peatones conforman el 2% de los accidentes ferroviarios (accidentes No. 14 y 53), uno de estos accidentes fue fatal. Los accidentes por incendio de la carga representan el 3% de los accidentes ferroviarios (accidentes No. 39, 41 y 46). Debemos observar que dentro del período de análisis, estos accidentes se presentaron exclusivamente durante el año 1994, justamente durante los meses de menor precipitación de lluvias y cuando los incendios forestales tuvieron un repunte debido a las altas temperaturas registradas en el estado²¹⁸, es decir, estos accidentes están asociados con condiciones de baja humedad y de alta temperatura ambiental. Los accidentes por rozamiento representan el 3% de los accidentes ferroviarios (accidentes No. 26, 33 y 45), obsérvese cómo dos de ellos se originaron por errores del personal de ferrocarriles y uno por vandalismo. En cuanto a los accidentes por volcamiento, solamente se presentaron dos casos (accidentes No. 44 y 80) ambos son asignables a errores del personal de ferrocarriles, desafortunadamente uno de ellos tuvo como consecuencia un fallecimiento. Finalmente en la última columna de la Tabla 4.4. aparecen siete accidentes diversos que engloban al 7% de los accidentes ferroviarios, los cuales fueron: fallas del equipo de arrastre (accidentes No. 5, 56 y 59) o de la infraestructura (accidentes No. 68 y 87); daños originados por falta de aseguramiento adecuado del equipo rodante (accidente No. 12); y además un accidente muy peculiar en el que un vehículo cayó de un paso superior a las vías del tren (accidente No. 9), como resultado de este último accidente hubo dos personas muertas.

²¹⁸ Dos de los tres incendios de la carga se presentaron durante el mes de marzo y uno más fue en mayo, estos meses son los más secos durante la temporada de calor en la entidad. Especialmente en el año de 1994 hubo numerosos incendios forestales en el estado de Querétaro durante los meses de enero a mayo, pero las mayores superficies afectadas fueron precisamente durante los meses de marzo (66%) y mayo (13%) y en menor medida durante abril (11%), febrero (7%) y enero (3%). Fuente: Unidad Estatal de Protección Civil, Gobierno del Estado de Querétaro, Anuario Estadístico de Registro de Siniestros en el Estado de Querétaro 1994, México, 1995.

Accidentes fatales.

En la Tabla 4.8. se consignan los accidentes fatales que se han presentado en la entidad. En general los accidentes por choque son los que producen la mayoría de las defunciones (72%). Por su parte las volcaduras, sólo han producido una muerte, mientras que bajo la clasificación de otros accidentes se han producido tres defunciones. Es importante señalar que los accidentes por descarrilamiento, a pesar de ser los más frecuentes, no han contribuido al fallecimiento de personas. Una representación gráfica de la distribución de fallecimientos se muestra en la Figura 4.25.

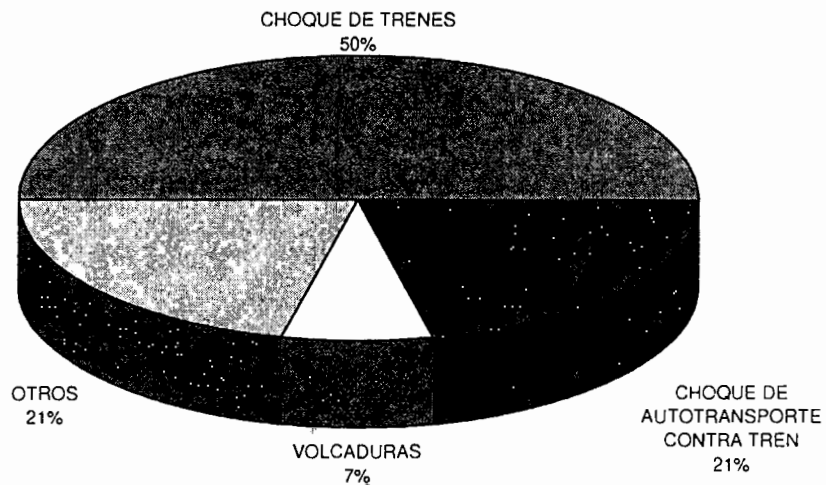
Tabla 4.8.
Accidentes ferroviarios fatales en la red del estado de Querétaro (años 1992-1996)

Tipo de accidente	Número de muertos	No. de referencia de los accidentes
Choque de trenes	7	No. 47 y No. 72
Choque de autotransporte contra tren	3	No. 31 y No. 91
Volcaduras	1	No. 44
Otros	3	No 9 y No. 14
Totales	14	7 accidentes

Fuente: elaboración propia con base en el anexo E.

De los siete accidentes fatales, tres fueron como consecuencia de errores por parte del personal de ferrocarriles (accidentes No. 44, 47 y 72) e implicaron ocho fallecimientos; otros tres accidentes se originaron por imprudencia de los conductores de autotransporte (accidentes No. 9, 31 y 91) originando cinco muertos, y por último un sólo accidente fatal fue como consecuencia de imprudencia por parte del peatón que falleció (accidente No. 14).

DISTRIBUCIÓN DE FALLECIMIENTOS POR TIPO DE ACCIDENTE FERROVIARIO (AÑOS 1992-1996)



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.8.

Figura 4.25.

Índices de accidentes en el estado de Querétaro.

Para obtener los índices anuales de accidentes por tonelada-kilómetro en el estado de Querétaro, para los años 1992-1996, se elaboró la Tabla 4.9.

Tabla 4.9.
Estimación de los índices de accidentes en el estado de Querétaro.

Año	No. de accidentes	Toneladas-kilómetro en el estado de Querétaro ²¹⁹ (millones de toneladas-kilómetro)	Índice de accidentes en el estado de Querétaro (accidentes/millón de toneladas-kilómetro)
1992	20	1,246.6	0.01604
1993	12	1,300.4	0.00922
1994	29	1,360.3	0.02131
1995	17	1,371.2	0.01239
1996	16	1,540.6	0.01038

Fuente: elaboración propia, el número de accidentes anuales se obtuvo con base en el anexo E, los flujos de carga se obtuvieron con base en el Anexo H, y las distancias de recorrido de los volúmenes de carga se obtuvieron con base en la Figura 4.2. Ver nota al pie de esta página.

Obsérvese que el valor de las toneladas-kilómetro para el estado de Querétaro, es de alrededor del 3.6% de las toneladas-kilómetro nacionales.

Por otro lado, el promedio del índice de accidentes, para el período de análisis, en esta entidad fue de 0.01387 accidentes/millón de toneladas-kilómetro, el cual es un valor muy inferior en relación con el promedio nacional para el mismo período (0.0705 accidentes/millón de toneladas-kilómetro, véase Tabla 1.2.). Para compensar el relativamente exiguo valor del índice de accidentes del estado de Querétaro, en relación con el promedio nacional, es evidente que algunos estados de la República Mexicana deberán tener índices de accidentes mayores al promedio nacional. Por lo anterior, resulta de interés el obtener los índices de accidentes por tonelada-kilómetro, para cada una de los estados de la República Mexicana, con el objeto de establecer metas y prioridades para su abatimiento.

4.1.4. Investigaciones de campo.

Como ejemplo de investigaciones de campo, a continuación se presentan tres casos relativos a cruces ferroviarios. El primero de ellos es un cruce ferroviario en zona urbana, el segundo cruce se ubica en una zona suburbana y el tercero es un cruce situado fuera de la ciudad. De esta manera, se analizarán tres lugares con características distintas.

²¹⁹ Estos valores se estimaron de la forma siguiente. En primer lugar, se determinaron los valores de los volúmenes de carga para la red estatal de Querétaro mediante una matriz O-D calibrada, la cual a su vez fue obtenida del Informe de Tráfico de Flete Comercial por Artículos Clasificados por Estaciones Remitentes y Receptoras (E2) de FNM, para el año 1994. En el Anexo H se muestran en forma gráfica los valores obtenidos de estos volúmenes (en toneladas/semana) mediante el paquete computacional STAN (*Strategic Transportation Analysis*), el cual es usado para la modelación y el análisis multimodal de flujos de carga. Posteriormente, con base en la Figura 4.2., se determinaron las distancias de recorrido de los volúmenes de carga dentro del estado de Querétaro. Finalmente, el valor de las toneladas-kilómetro para el año 1994 de la red estatal de Querétaro fue obtenido al sumar los productos de los volúmenes de carga por sus distancias de recorrido. Los valores de las toneladas-kilómetro de la red estatal para los años 1992, 1993, 1995 y 1996 fueron estimados al considerarlos como una función directa de las toneladas-kilómetro nacionales para cada uno de esos años y tomando como base las toneladas-kilómetro nacional y estatal de Querétaro del año 1994.

Primer caso, cruce ferroviario en zona urbana.

El primer cruce ferroviario se ubica en el kilómetro 246 de las líneas férreas paralelas -Juárez- y -Morelos- y la calle Invierno de la Colonia Centro, situado dentro del área urbana de la ciudad de Santiago de Querétaro. Este cruce se ubica en el tramo más peligroso de toda la red ferroviaria del estado de Querétaro, de ahí la importancia de su estudio en particular. El tránsito de vehículos automotores por la calle Invierno es en un sólo sentido, de Norte a Sur, en cambio, el tránsito de peatones es en los cuatro sentidos del cruce, por su parte, el tránsito de trenes por las vías es en las direcciones W-E y E-W.

El trazo de las dos vías en el cruce es en tangente (ver Figura 4.26.), en cambio, el camino asfaltado para el autotransporte, aunque no tiene curvas horizontales, presenta una curva vertical en cresta en el cruce (ver Figura 4.27.), el ángulo de cruce es de 90°. En el cruce y en su área cercana, la condición del camino asfaltado es en general regular y la de los elementos de la vía (riel, durmientes de concreto y accesorios) es buena (ver Figura 4.28.). Cabe señalar que en el cruce no hay un área de paso específica para los peatones, por lo que a veces el tránsito de vehículos, obliga a los peatones a cruzar por entre la zona de balasto de las vías (ver Figura 4.29. y 4.30.).

En cuanto a las señales de tránsito para los autotransportistas, en la Figuras 4.27. y 4.31. se observa cómo éstas consisten de señalamiento vertical, que indica la altura máxima permitida a los vehículos en el cruce y el peligro que representan los cables de alta tensión de la vía electrificada. Obsérvese cómo el señalamiento de la Figura 4.27. indica una altura permitida de 5 metros, en contraposición a la señal que se observa en el lado izquierdo de la Figura 4.31. que indica una altura permitida de 5.2 metros, lo cual puede propiciar confusión entre los autotransportistas. En la Figura 4.30. se muestran otras dos señales de tránsito que los autotransportistas ven cuando ya están cerca del área de cruce, una de ellas es la cruz de San Andrés, indicando que se tenga cuidado con el tren, y la otra es un anuncio que indica que se debe parar y observar antes de cruzar la vía. Obsérvese cómo este último aviso ha sido doblado para poder librar la malla ciclónica que tiene a su lado, aunque esto reduce un poco su visibilidad. A pesar de la aparente peligrosidad de este cruce ferroviario, no se observa señalamiento horizontal, ni dispositivos de advertencia o control activos, sólo cuenta con dispositivos pasivos de advertencia.

En cuanto al alumbrado, éste consiste de una lámpara del alumbrado público, situada antes de entrar al cruce, y en forma menos directa, las luces de dos reflectores instalados sobre las paredes del edificio de FERRONALES (ver Figura 4.27.). Este cruce tiene gran tránsito de peatones, sobre todo durante el día, de todo tipo incluyendo escolares y niños (ver Figuras 4.29. y 4.30.).

Durante el día los trenes se aproximan al cruce con velocidad reducida y hacen uso del silbato para alertar y llamar la atención tanto de los conductores de vehículos automotores como de los peatones. Durante la noche, los trenes pasan por el cruce con mayor velocidad que durante el día, sobre todo los trenes de pasajeros.

Por su parte, los conductores del autotransporte reducen su velocidad al acercarse al cruce, debido en parte a las señales de tránsito y también por la curva vertical en cresta del camino asfaltado. Prácticamente hacen alto, poco antes de cruzar las vías.

El cruce ferroviario está situado en el extremo Este de la Estación Querétaro Pasajeros, entre casas habitación y comercios, y a dos cuadras de un mercado público.

Por este cruce se observa regularmente casi todo tipo de autotransporte, incluso microbuses de pasajeros, sin embargo, no se observa el paso de autotransporte de materiales peligrosos.



Figura 4.26. Vías en tangente, en el cruce ferroviario de la calle Invierno.



Figura 4.27. Curva vertical en cresta del camino asfaltado, en el cruce de la calle Invierno.



Figura 4.28. Condición del cruce ferroviario de la calle Invierno.

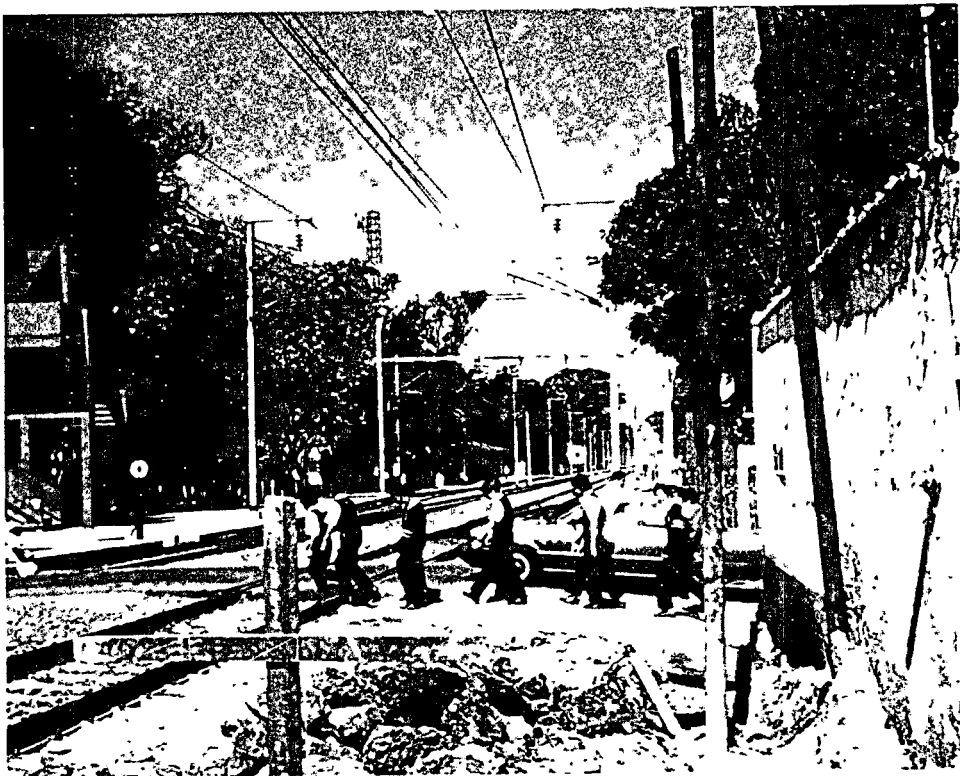


Figura 4.29. Paso de peatones y vehículos por el cruce.

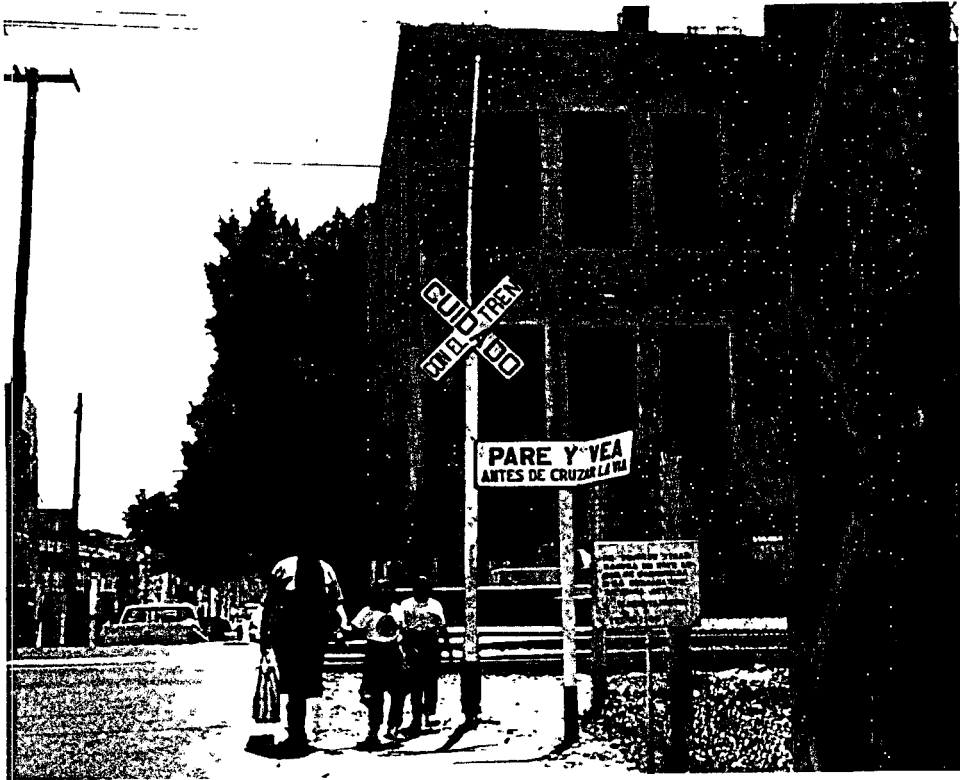


Figura 4.30. Algunas señales verticales del cruce en la calle Invierno.



Figura 4.31. Aspecto general del señalamiento vertical del cruce.

En la Figura 4.32. se observa parcialmente la zona adyacente al cruce, por un lado se tiene la estación de pasajeros y por el otro, casas habitación protegidas por un muro (ver Figura 4.26.) y un estacionamiento de vehículos automotores usado por FERRONALES (ver Figura 4.33.). El muro que protege a las casas adyacentes a las vías, que es de construcción reciente (fue levantado en el segundo semestre del año 1997), constituye un obstáculo adicional para la visibilidad de los conductores de vehículos automotores así como para los maquinistas.



Figura 4.32. Zona adyacente al cruce de la calle Invierno.

En la Figura 4.34. se aprecia cómo el conductor del vehículo automotor, a pesar de estar a escasos centímetros de las vías del tren, no tiene una perspectiva completa de la presencia de algún vehículo sobre la vía férrea, sólo un poco más adelante el vehículo de la Figura 4.35., que ya está en el área de paso del tren, tiene una perspectiva adecuada para ver las vías del tren, sin embargo, en ese punto, si se acercara un tren o un auto-armón por las vías, el vehículo y sus ocupantes estarían en una situación peligrosa.

En la Figura 4.36. se observa la imagen en la que un tren de carga se aproxima al cruce, durante el día, en ese instante el maquinista apenas si percibe al automóvil que se acerca al cruce, en cambio, el conductor del automóvil en ese momento aún no puede ver al tren a pesar de estar a tan sólo unos metros de él.

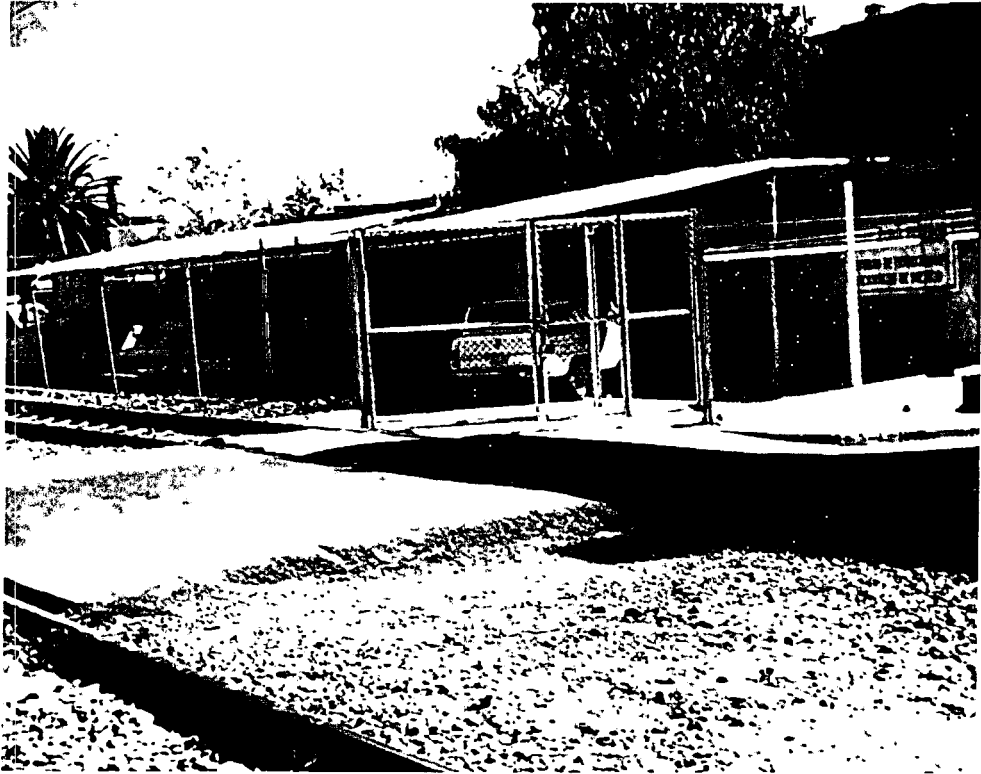


Figura 4.33. Área adyacente al cruce de la calle Invierno.

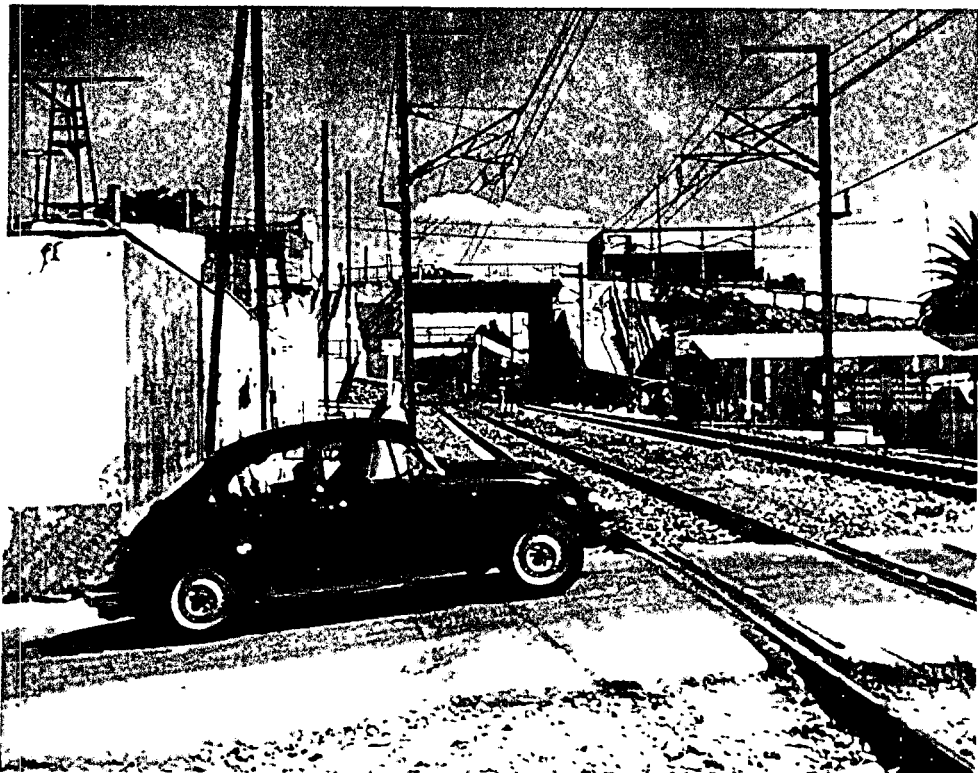


Figura 4.34. Visibilidad reducida para los autotransportistas en el cruce de la calle Invierno.

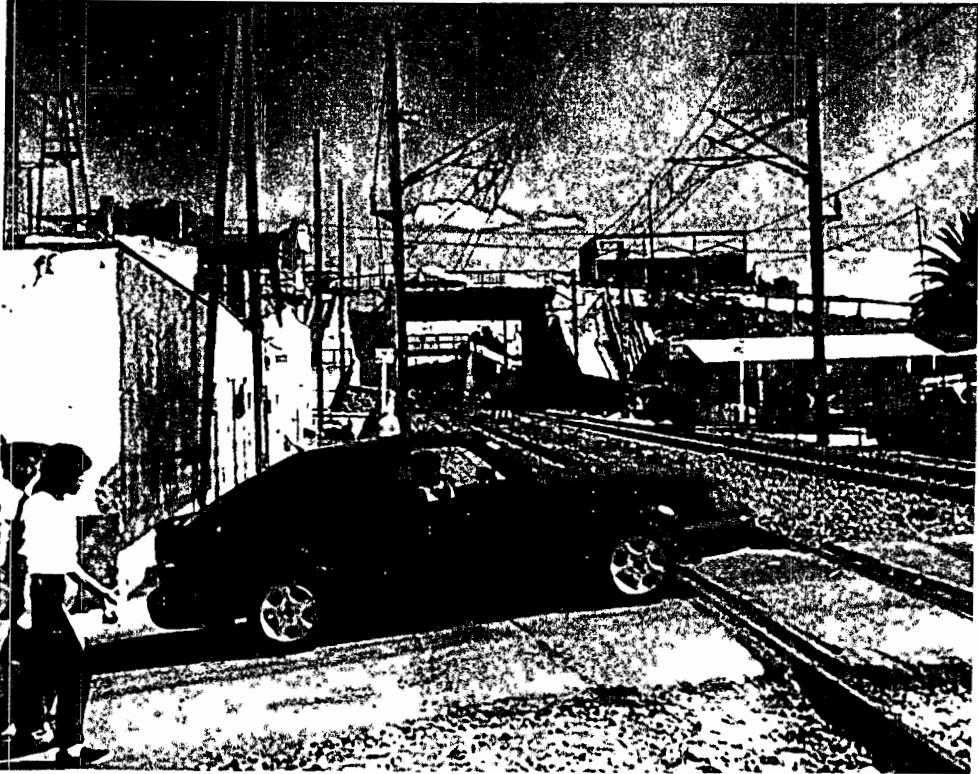


Figura 4.35. Lugar donde el conductor aprecia si se aproxima algún tren al cruce.



Figura 4.36. Visibilidad de un tren aproximándose al cruce de la calle Invierno.

En este cruce ferroviario, durante el período 1992-1996, se han presentado dos accidentes por choque contra vehículos automotores (accidentes No. 34 y 58), conforme el tránsito de trenes, automotores y peatones aumente, es previsible que se produzcan más accidentes de este tipo en el cruce, a menos que se implementen medidas adecuadas para abatirlos.

Las recomendaciones para prevenir los accidentes en este cruce y en los dos casos siguientes, se indican más adelante en el inciso 4.2.

Segundo caso, cruce ferroviario en zona suburbana.

Este cruce, se ubica en el kilómetro 271 de la línea férrea -B- y el Acceso IV del Fraccionamiento Industrial Benito Juárez, situado en una zona suburbana de la ciudad de Santiago de Querétaro. Este cruce se forma por una sola vía que corre en forma paralela al Acceso III del mismo fraccionamiento. En el cruce, el tránsito de vehículos automotores es en ambos sentidos (W-E y E-W), el tránsito de peatones es en los cuatro sentidos del cruce, por su parte, el tránsito de trenes por la vía es en las direcciones N-S y S-N.

El trazo de la vía en el cruce es en tangente (ver Figura 4.37.), al igual que el trazo del camino asfaltado del Acceso IV, aunque este último presenta una tenue curva vertical, por lo que forma una pequeña hondonada en el cruce (ver Figura 4.38.), el ángulo de cruce es de 90°. En el cruce y en su área cercana, la condición del camino asfaltado es en general regular, dado que presenta baches incipientes sobre todo a los lados de los rieles (ver Figura 4.37.). Debe notarse que en el área del cruce no se observan banquetas para los peatones.

En la Figuras 4.38. y 4.39. se aprecia el arreglo y posición de las señales de tránsito para los autotransportistas, tal como estos las ven cuando se aproximan al cruce. La Figura 4.38 muestra una aproximación al cruce con dirección E-W y la Figura 4.39. con dirección W-E, como se observa, en ambos casos la visibilidad de las señales es reducida, debido principalmente a la presencia de árboles situados muy cerca de ellas; en el caso de la aproximación con dirección E-W, las señales que están semiocultas son: la señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35), señal informativa de destino (SID), que indica que el siguiente es el Acceso III, señal informativa que indica las empresas establecidas adelante y las localizaciones de los accesos II y III, y finalmente la menos visible de todas esas señales, la señal preventiva (SP-32), que indica que el cruce es frecuentado por peatones. En este lugar los peatones son comúnmente trabajadores de las empresas cercanas al cruce. Las cuatro señales anteriores se aprecian mejor en la Figuras 4.40. y 4.41. Además de su reducida visibilidad, hay que remarcar que dos de estas cuatro señales son redundantes, por lo que la señal informativa de destino para el Acceso III podría ser eliminada. En el caso de una aproximación de vehículos automotores con dirección W-E, se presentan las siguientes señales (ver Figura 4.39): señal informativa de destino (SID), que indica la entrada al Acceso III, señal en "blanco" (sin ninguna información, pero obstruyendo la visibilidad de la siguiente señal), y la señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35). Nuevamente aquí se hace evidente la reducida visibilidad de las señales por las ramas de los árboles y por la obstrucción entre las mismas señales.

En este cruce ferroviario, no se observa señalamiento horizontal, ni dispositivos de advertencia o control activos, sólo se observan dispositivos de advertencia pasivos.

En cuanto al alumbrado, éste consiste de cuatro lámparas del alumbrado público, situadas en los cuatro extremos del cruce (ver Figuras 4.37. a 4.39.).



Figura 4.37. Vía en tangente en el cruce ferroviario del Acceso IV.



Figura 4.38. Aproximación al cruce ferroviario con dirección E-W.



Figura 4.39. Aproximación al cruce ferroviario con dirección W-E.



Figura 4.40. Señalamiento vertical, obstruido parcialmente.



Figura 4.41. Otras señales del cruce ferroviario obstruidas parcialmente.

Poco antes de llegar al cruce ferroviario sólo algunos conductores de vehículos automotores reducen su velocidad, pero sin hacer alto. Esta reducción en velocidad se debe en ocasiones al tránsito que se presenta en el cruce. Sin embargo, si el flujo de vehículos lo permite, algunos conductores, sobre todo de automóviles, pasan por el cruce sin reducir su velocidad.

Como ya se mencionó antes, este cruce se ubica dentro de una zona industrial, pero dado que adelante de está se localiza un extensa zona de casas habitación, muchos de sus habitantes tienen que pasar por este cruce para trasladarse hacia sus lugares de trabajo en el centro de la ciudad de Querétaro. En el sentido opuesto, habitantes del centro y de otras áreas de la ciudad, pasan por este cruce para ir a sus distintos centros de trabajo en alguna de la empresas de esta zona industrial.

Debido a lo anterior, por este cruce se observa regularmente todo tipo de autotransporte, incluyendo autobuses y microbuses de pasajeros, y hasta autotransporte de materiales peligrosos.

En este cruce ferroviario, durante el período 1992-1996, sólo se ha presentado un accidente por choque contra un vehículo automotor (accidente No. 35).

Tercer caso, cruce ferroviario fuera de la ciudad.

Este cruce ferroviario se ubica en el kilómetro 255 de las líneas paralelas -Juárez- y -Morelos- y el kilómetro 7.5 de la carretera a Tlacote, fuera de la ciudad de Santiago de Querétaro. El tránsito de vehículos automotores por la carretera a Tlacote es en los sentidos N-S y S-N, por su parte, el

tránsito de trenes por las vías es en las direcciones W-E y E-W. En cuanto al tránsito de peatones por este cruce, a diferencia de los cruces urbanos y suburbanos, prácticamente no existe.

El trazo de las dos vías en el cruce es en tangente (ver Figura 4.42.), en cambio el diseño de la carretera presenta curvas horizontales en los dos sentidos de aproximación al cruce (ver Figuras 4.43. a 4.45.). Una de estas curvas (al aproximarse desde la ciudad de Santiago de Querétaro hacia Tlacote), es una curva peligrosa (ver Figura 4.43.), en el cruce mismo, la carretera presenta una ligera curva vertical en cresta, el ángulo de cruce es de 75° .

En el área cercana al cruce, la condición del camino asfaltado es en general regular, sin embargo, en el cruce, y sobre todo a los lados de los rieles, se observa deterioro del asfalto (ver Figuras 4.45. y 4.46.). En cuanto a los elementos de la vía cercanos al área del cruce (riel, durmientes de concreto y accesorios), a pesar de que se observa ligera oxidación en sus componentes metálicos, su condición general es buena (ver Figuras 4.46. y 4.47.).

En cuanto a las señales de tránsito para los autotransportistas en la Figuras 4.48. a 4.52., se observa como éstas consisten en una aplicación parcial del señalamiento pasivo mínimo. Además se observa como varias de las señales requieren mantenimiento, incluso las señales y marcas en el piso.

En este cruce, no se observan dispositivos de advertencia o control activos, sólo se observan dispositivos de advertencia pasivos.

En cuanto al alumbrado, este cruce no cuenta con ningún tipo de iluminación artificial.



Figura 4.42. Cruce ferroviario en el kilómetro 7.5 de la carretera a Tlacote.



Figura 4.43. Curva peligrosa en la carretera al aproximarse al cruce ferroviario.

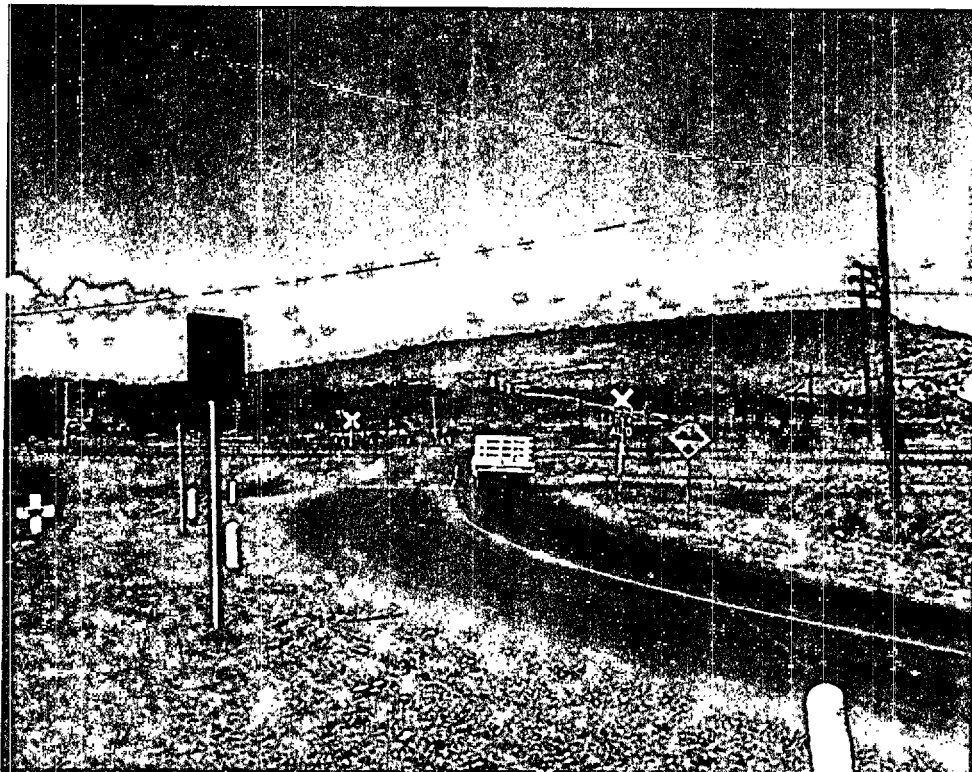


Figura 4.44. Aproximación final al cruce ferroviario, por carretera.

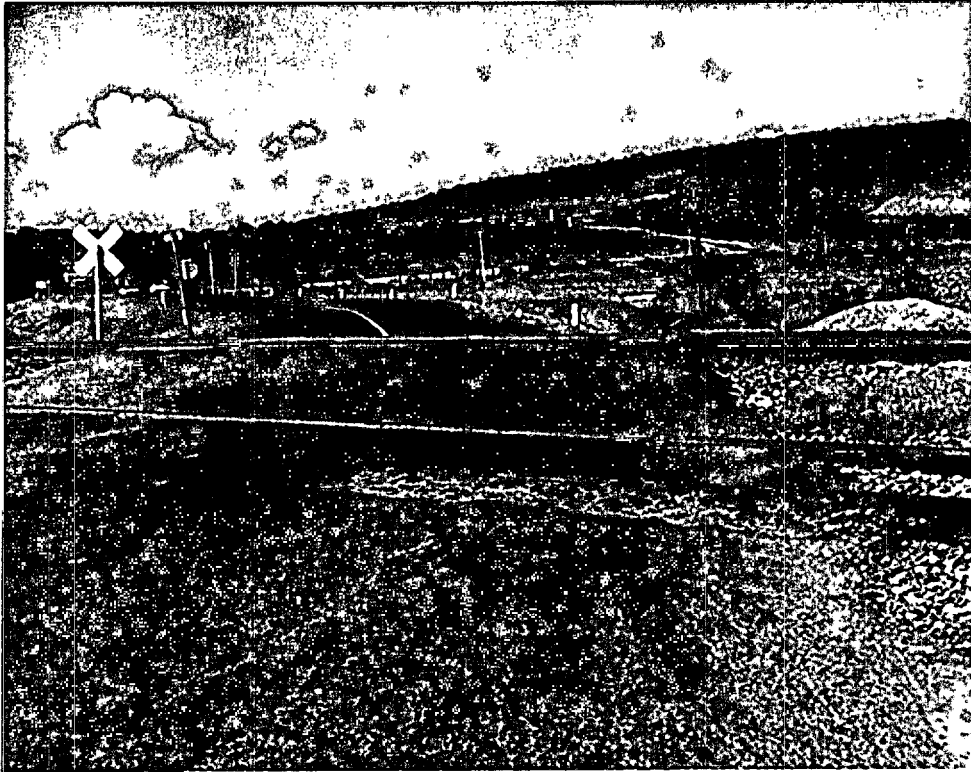


Figura 4.45. Deterioro del asfalto en el área del cruce ferroviario.



Figura 4.46. Aspecto general del cruce ferroviario.



Figura 4.47. Aspecto general de los elementos de la vía en el cruce ferroviario.



Figura 4.48. Señales observadas al aproximarse al cruce ferroviario.



Figura 4.49. Otras señales observadas al aproximarse al cruce ferroviario.

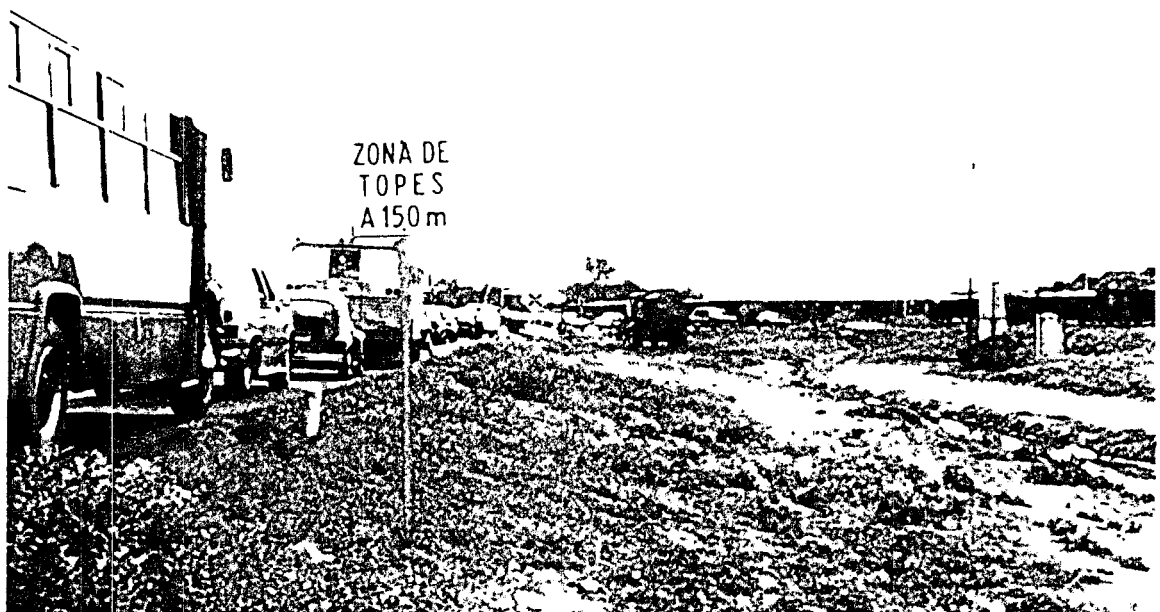


Figura 4.50. Señales cercanas al cruce ferroviario.

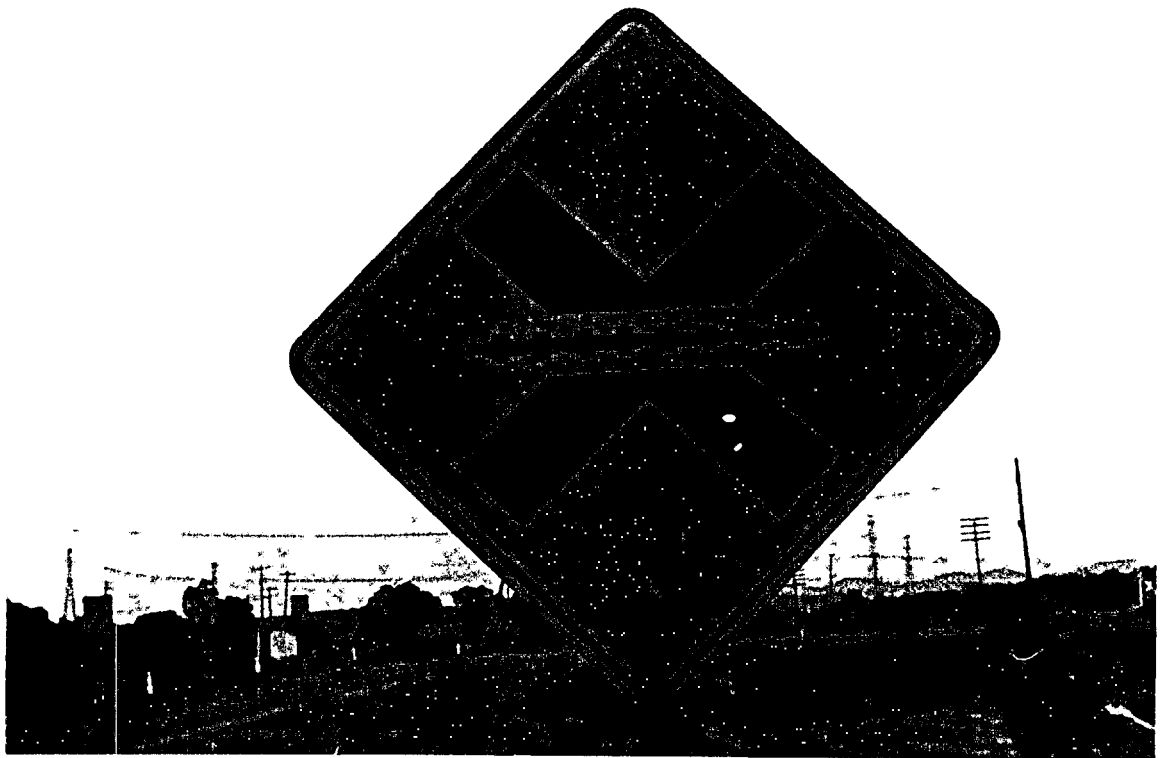


Figura 4.51. Señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35) dañada.



Figura 4.52. Aspecto general y arreglo de las señales en el cruce ferroviario.

Algunas mediciones de campo indican que los trenes pasan por este cruce con una velocidad de 32 ± 2 kilómetros/hora, y al aproximarse al cruce, hacen uso del silbato para alertar y llamar la atención de los conductores de vehículos automotores. Por su parte, los conductores del autotransporte reducen su velocidad al acercarse al cruce debido a la señalización y a las curvas que presenta la carretera, y finalmente debido a los topes, hacen prácticamente alto antes de cruzar las vías.

Por este cruce se observa regularmente todo tipo de autotransporte.

A un par de metros del área asfaltada del cruce empieza una ladera, el cual algunas veces es usado para almacenar equipo ferroviario, sin embargo, dada su cercanía con el cruce cuando esta situación se presenta, la visibilidad para los conductores de vehículos automotores se reduce, sobre todo para aquéllos que van con dirección a Tlacote. En la Figura 4.53. se aprecia esta situación. Las góndolas situadas a la izquierda, son equipo ferroviario almacenado, a su derecha, se observa un tren pasando y que lleva carga de azufre, al fondo se observan dos filas de vehículos sobre la carretera esperando que pase el tren. Sin embargo, los conductores situados a la izquierda en esta figura y que van hacia Tlacote, tienen una visibilidad reducida a su lado derecho debido a las góndolas estacionadas.

En las Figuras 4.54 a 4.56. se observan varios obstáculos en el área adyacente al cruce. Nótese que se trata de material usado para el mantenimiento de las vías y que ha sido abandonado en el lugar más crítico del cruce, puesto que reduce la visibilidad tanto para los maquinistas de los trenes como para los conductores de vehículos automotores, constituyendo además un peligro adicional contra el que pueden chocar los autotransportistas en caso de que, por cualquier razón, se salgan de la carretera.

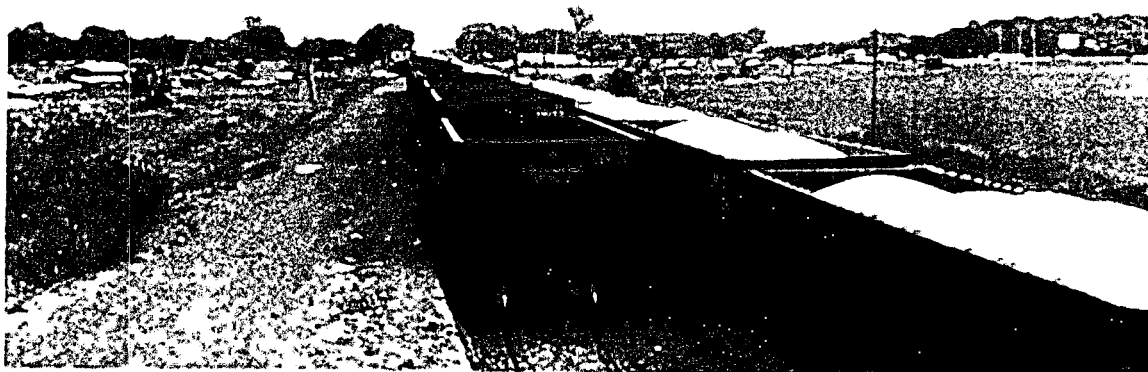


Figura 4.53. Unidades de arrastre almacenadas en ladero adyacente al cruce ferroviario.

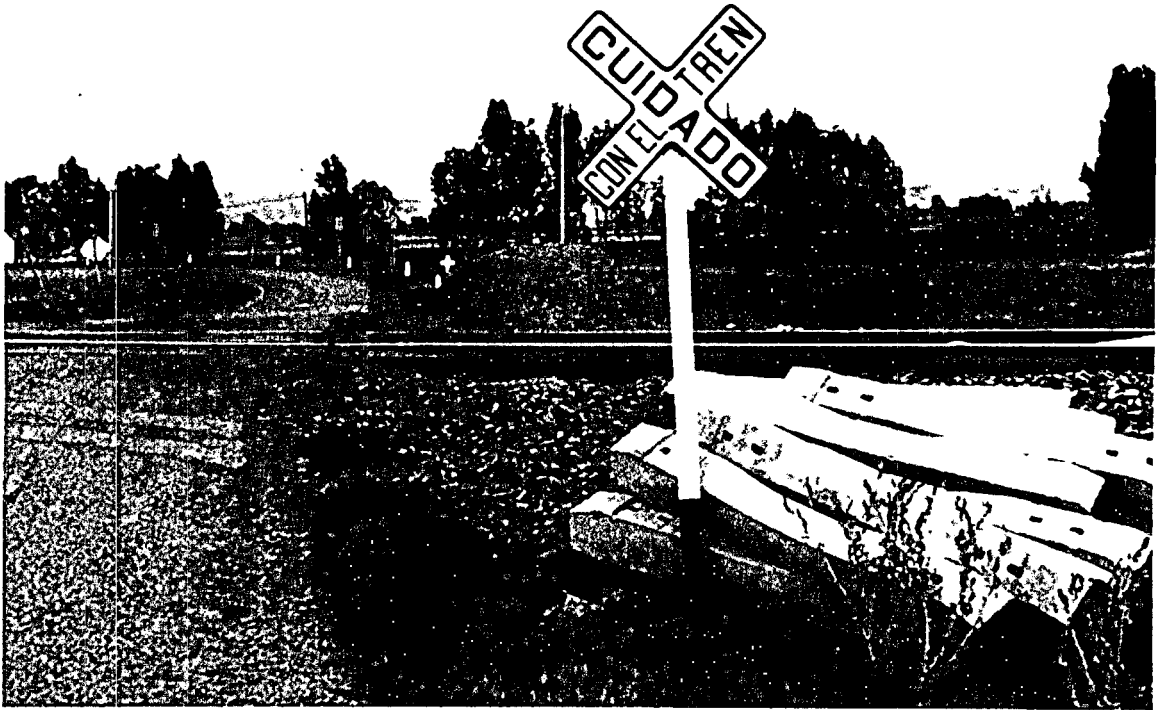


Figura 4.54. Grava y durmientes abandonados en el área adyacente al cruce ferroviario.



Figura 4.55. Obstáculos en el cruce ferroviario, un peligro adicional.



Figura 4.56. El material abandonado en el cruce ferroviario reduce la visibilidad.

En este cruce ferroviario, durante el período 1992-1996, se han presentado dos accidentes por choque contra vehículos automotores (accidentes No. 86 y 91), uno de ellos con resultados mortales.

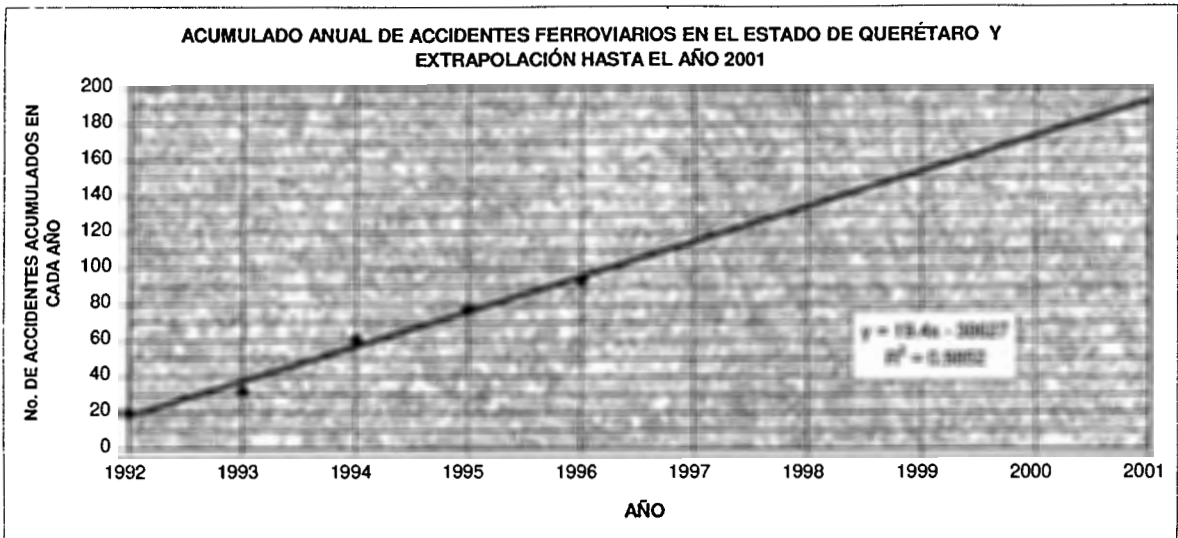
4.2. Prevención de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro.

La estrategia básica para la prevención de accidentes, mediante el uso de medidas, consistirá básicamente en la combinación de programas de tramos negros y esquemas de área extensa, es decir, en la aplicación de varios tratamientos en la entidad, para los distintos tipos de accidentes en los tramos negros (para más detalles ver inciso 3.2.).

En la Figura 4.57 se muestra el número anualizado de accidentes acumulados desde el año 1992 y hasta el año 1996 en la red ferroviaria del estado de Querétaro, además, se muestra la extrapolación obtenida con estos valores desde el año 1997 y hasta el año 2001. Esta extrapolación se obtuvo mediante una ecuación obtenida por regresión lineal, obsérvese que esta ecuación tiene un coeficiente de correlación alto.

Esta figura hace evidente que de seguir tomándose las mismas medidas que hasta ahora se han considerado para la prevención de accidentes y suponiendo que todos los demás factores no cambien, el número anual de accidentes en el estado de Querétaro se mantendrá constante en el orden de 19.4 accidentes por año²¹⁸.

²¹⁸ Este valor es muy similar al promedio de accidentes anuales del período analizado, que es igual a 18.8 accidentes/año.



Fuente: elaboración propia con base en la Tabla 4.9.

Figura 4.57.

4.2.1. Medidas recomendadas.

El análisis de los accidentes ferroviarios del inciso 4.1. ha identificado los distintos tipos de accidentes, sus características y sus principales factores cooperantes, ahora con esta información, es posible establecer tratamientos específicos para abatir los accidentes ferroviarios.

Lo primero que se debe tener presente es que las líneas -Morelos-, -B- y -A- concentran al 81% de los accidentes ferroviarios en la entidad (ver Figura 4.6.), por lo tanto, son estas líneas férreas las que requieren la mayor atención posible, sobre todo considerando que la disponibilidad de recursos para abatir los accidentes es limitada. Por otro lado, también se debe tener en mente que los principales tipos de accidentes en el estado de Querétaro son los descarrilamientos (55%) y los choques (27%), puesto que tan sólo estos dos tipos de accidentes conforman el 82% de los accidentes totales en la entidad (ver Figura 4.16.).

De acuerdo con el tipo de accidente y sus principales factores cooperantes, a continuación se presentan las diferentes medidas recomendadas, para la red ferroviaria del estado de Querétaro.

Accidentes por descarrilamiento.

Al observar en forma desagregada las causas de los descarrilamientos en las Figuras 4.19., 4.20. y 4.21. se observa fácilmente que los siguientes tramos de vías requieren una atención inmediata de mantenimiento, puesto que su principal factor cooperante para que se suscitarán fue el mantenimiento inadecuado de la vía: para la línea -A- son los kilómetros 171, 176 y 185 a 191; para la línea -B-, los kilómetros 198, 202 a 203, 214, 264 y 270 a 271; y para la línea -Morelos-, los kilómetros 203, 212, 215 y 245 a 246²²¹. Para más detalles sobre el mantenimiento adecuado de la vía férrea, véase el inciso 3.3.3.C.

²²¹ Obsérvese que estos tramos hacen un total de 21 kilómetros de vías, es decir, el 5% de la longitud total de la red del estado de Querétaro, pero en ellos se han presentado 28 accidentes por mantenimiento inadecuado de la vía, lo que representa el 54% de los accidentes por descarrilamiento, y el 30% de los accidentes ferroviarios totales de la entidad.

Otra medida importante para abatir los accidentes por descarrilamiento es proporcionar un mantenimiento adecuado al equipo de arrastre, puesto que la falta de éste ha conducido a que se presentaran nueve accidentes por descarrilamiento, el 9.5% de los accidentes totales. Para más detalles sobre el mantenimiento adecuado del equipo de arrastre, véase el inciso 3.3.3.D.

Otra importante acción a tomar consiste en establecer una supervisión especializada en la operación del servicio ferroviario, con lo cual se podrían reducir los descuidos del personal ferroviario y los procedimientos inadecuados de carga en los carros de ferrocarril. En el pasado reciente, esto ha producido el 7% de los accidentes totales (siete accidentes). Para más detalles sobre recomendaciones para el procedimiento de carga y en relación con el descuido del personal ferroviario, véanse los incisos 3.3.3.E. y 3.3.3.G. respectivamente.

Finalmente, respecto a este tipo de accidente, una mejor inspección de las vías para detectar obstáculos y una mejor vigilancia de ellas puede reducirlos, aunque su contribución de acuerdo con los datos estadísticos no será muy significativa, puesto que los descarrilamientos por obstáculos en la vía y por vandalismo han sido muy pocos, tan sólo se han presentado tres accidentes por estas causas durante el período 1992-1996. Por lo anterior, no es recomendable contrarrestar estos factores con la implementación de dispositivos costosos, tales como detectores de obstáculos sobre las vías o cercas detectoras de derrumbes. Para más detalles sobre descarrilamientos por obstáculos en la vía y por vandalismo, véanse los incisos 3.3.3.F. y 3.3.3.H. respectivamente.

Accidentes por choque.

Los dos factores cooperantes principales para este tipo de accidente son la imprudencia de los conductores del autotransporte, sobre todo en los cruces a nivel, y los errores humanos por parte del personal de ferrocarriles.

Los lugares donde inicialmente se deben aplicar medidas para abatir los accidentes por choque entre el autotransporte y el equipo ferroviario, son los siguientes nueve cruces ferroviarios (referencia Tabla 4.7.²²²), puesto que en estos lugares se han presentado todos los accidentes de este tipo durante el período de análisis:

- Línea ferroviaria -A-, kilómetro 187.
- Línea ferroviaria -Juárez-, kilómetro 246 (cruce con la calle Invierno).
- Línea ferroviaria -B-, kilómetros 225, 244, 245, 271 y 278.
- Línea ferroviaria -Morelos-, kilómetros 244, 246 (este lugar es el mismo cruce ferroviario del kilómetro 246 de la línea -Juárez- con la calle Invierno) y 255.

Las diversas medidas que pueden ser usadas para abatir este tipo de accidentes ya fueron discutidas en el inciso 3.3.2.1., sin embargo, a continuación se presentan las recomendaciones específicas para prevenir los accidentes en los tres cruces ferroviarios analizados en el inciso 4.1.4.

²²² El accidente por choque contra un camión, en el kilómetro 40 de la línea ferroviaria -BC- (accidente No. 92), no ocurrió en un cruce ferroviario sino en un sitio despoblado, puesto que en el lugar del accidente no hay ningún camino o carretera que cruce la vía férrea.

⇒ Recomendaciones para el cruce ferroviario situado en el kilómetro 246 de las líneas férreas paralelas -Juárez- y -Morelos- y la calle Invierno de la Colonia Centro, en la ciudad de Santiago de Querétaro.

Dado que este cruce es un lugar potencial de accidentes por choque contra vehículos automotores y de arrollamiento de peatones, debido a la baja visibilidad tanto para los conductores de vehículos automotores como para los maquinistas que se aproximan al cruce y como consecuencia de la falta de consideración de las necesidades de los peatones para su paso por el cruce, se recomienda en el corto plazo lo siguiente:

- Indicar la máxima altura permitida para los vehículos automotores que pasan por el cruce, corrigiendo o eliminando aquellas señales que causan confusión.
- Reubicar las señales situadas en lugares inadecuados.
- Cumplir con los requerimientos de señalamiento pasivo mínimo mencionados en el inciso 3.3.2.1.
- Adecuar el área para el cruce seguro de peatones, por ejemplo, prolongado la continuidad de las banquetas mediante la aplicación de asfalto y delineando el área de cruce peatonal.
- Establecer dispositivos de advertencia activos (semáforos y campanas).

Y a mediano y largo plazo:

- Mejorar la iluminación.
- Incorporar un puente para el cruce peatonal.
- Incorporar dispositivos de control activos.

⇒ Recomendaciones para el cruce ferroviario ubicado en el kilómetro 271 de la línea férrea -B- y el Acceso IV del Fraccionamiento Industrial Benito Juárez, en la ciudad de Santiago de Querétaro.

En este cruce los principales problemas detectados son relativos a la poca visibilidad de la señalización y por la falta de consideración de las necesidades de los peatones para su paso por el cruce, por lo que se recomienda en el corto plazo lo siguiente:

- Relocalizar las señales de tránsito de tal forma que sean visibles convenientemente por los conductores de vehículos automotores.
- Cumplir con los requerimientos de señalamiento pasivo mínimo mencionados en el inciso 3.3.2.1.
- Remover aquellas señales redundantes y aquellas que no presentan información.
- Recortar las ramas de los árboles que obstruyan la visibilidad de las señales de tránsito.
- Relocalizar de ser posible aquellos árboles que obstruyan la visibilidad de las señales a pesar de que sus ramas sean cortadas.
- Instalar banquetas para los peatones en el área cercana al cruce y delinear el área de cruce peatonal.

Y a mediano plazo:

- Establecer dispositivos de advertencia activos (semáforos y campanas).

⇒ Recomendaciones para el cruce ferroviario ubicado en el kilómetro 255 de las líneas férreas paralelas -Juárez- y -Morelos- y el kilómetro 7.5 de la carretera a Tlacote, fuera de la ciudad de Santiago de Querétaro.

Los principales problemas detectados en este cruce son relativos al inadecuado mantenimiento del área asfaltada del cruce y de la señalización, además de una reducción en la visibilidad del cruce por la presencia de obstáculos, por lo que se recomienda en el corto plazo lo siguiente:

- Dar mantenimiento a las señales de tránsito tanto horizontales como verticales.
- Dar mantenimiento al área asfaltada del cruce.
- Cumplir con los requerimientos de señalamiento pasivo mínimo mencionados en el inciso 3.3.2.1.
- Remover los obstáculos detectados en el cruce y no abandonar materiales de mantenimiento en el área cercana al cruce.
- En caso de estacionar equipo ferroviario en el ladero adyacente al cruce, almacenar dicho equipo a una distancia tal que no se reduzca significativamente la visibilidad del cruce para los conductores que se aproximan a él.

A mediano plazo:

- Incorporar iluminación artificial.
- Establecer dispositivos de advertencia activos (semáforos y campanas).

Y a largo plazo:

- Mejorar el trazo del diseño geométrico de la carretera en el cruce.
- Incorporar dispositivos de control activos.

Por otro lado, en relación con los accidentes por choque entre equipo ferroviario que se presentan como consecuencia de errores humanos por parte del personal de ferrocarriles, se recomienda que se refuercen las labores de inspección y supervisión especializada en las operaciones de los trenes, en particular en las líneas férreas -BC- y -Morelos-, sobre todo en esta última y específicamente entre las estaciones San Juan del Río Pasajeros (km. 184) y la estación Querétaro Carga (km. 247), puesto que en estas líneas férreas se han presentado frecuentemente accidentes de este tipo (ver Tabla 4.7.). Para más detalles de estas medidas véase el inciso 3.3.2.2.

Otros tipos de accidentes.

Con la aplicación de las medidas anteriores se puede esperar una reducción substancial de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro, aunque podrían reducirse todavía más al tratar de abatir al restante 18% de accidentes que se presentan en la entidad, el cual está formado por los siguientes tipos de accidentes: arrollamiento de peatones (2.1%), incendio de la carga (3.2%), rozamientos (3.2%), volcamientos (2.1%) y otros accidentes (7.4%).

Algunas de las medidas aplicadas previamente para evitar los choques ya han considerado brindar mayor seguridad a los peatones, como lo es incorporar mayor y mejor iluminación, acondicionar el área de cruce peatonal y la instalación de puentes peatonales (para más detalles de medidas véase el inciso 3.3.1.). Algunas medidas como la supervisión especializada y la mayor vigilancia también

sirven para abatir los accidentes por rozamiento (véase inciso 3.3.5.). En cuanto a los accidentes por volcamiento (véase el inciso 3.3.6.), para prevenirlos se debe evitar el deslizamiento y movimiento del embalaje dentro de los carros durante su transporte, y al cargar o descargar los carros, se debe considerar la posición de su centro de gravedad con el objeto de evitar condiciones inseguras donde se tenga un centro de gravedad inestable (véase el inciso 3.3.3.E.). En relación con los accidentes por incendio de la carga, para abatirlos se recomienda considerar los principales factores señalados en el inciso 3.3.4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En primer lugar, se señalan las conclusiones particulares derivadas de la aplicación del método propuesto a la red ferroviaria del estado de Querétaro, en seguida se presentan las conclusiones generales que aplican a la red ferroviaria nacional y finalmente se mencionan las conclusiones relativas al método propuesto para abatir los accidentes ferroviarios.

Conclusiones particulares para la red ferroviaria del estado de Querétaro:

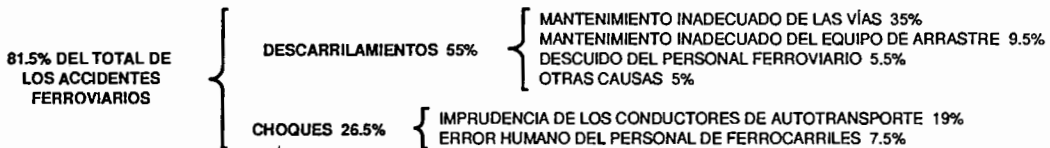
Si se siguen aplicando las mismas medidas que hasta ahora han sido implementadas para prevenir los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro, es muy probable que el número de accidentes en esta entidad se mantenga constante en aproximadamente 19.4 accidentes por año, los cuales producirán daños materiales con un monto anual mayor a 4.6 millones de dólares.

El estado de Querétaro cuenta actualmente con diez estaciones ferroviarias en operación, sin embargo, en tan sólo tres de estas estaciones se concentra más del 94% del movimiento de carga que tiene como origen o destino a esta entidad. Estas estaciones son: Querétaro Carga, que remite y recibe más de la mitad de la carga transportada en el estado, San Juan del Río Carga y Tlacote.

Una de las primeras consideraciones que se debe tener presente para abatir los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro, es que en tres de las seis líneas férreas con que cuenta (-Morelos-, -B- y -A-) se concentra más del 80% de los accidentes ferroviarios de la entidad, por lo tanto, son estas líneas férreas las que requieren la mayor atención posible, sobre todo considerando que la disponibilidad de recursos para abatir los accidentes es limitada. Además, los accidentes ferroviarios tienden a aglomerarse en las estaciones ferroviarias o cerca de ellas. Así, en los últimos años, en las estaciones ferroviarias en operación o a una distancia de cuatro kilómetros de ellas, se ha presentado el 69% de los accidentes ferroviarios. Sin embargo, la concentración de accidentes es aún más marcada en ciertos tramos ferroviarios, dado que en tan sólo cinco kilómetros de vías se concentra el 36% de los accidentes totales (línea -A- kilómetro 187, línea -Juárez- kilómetro 246, línea -B- kilómetro 271, y línea -Morelos- kilómetros 212 y 246); y en un sólo tramo de un kilómetro (línea -Morelos- kilómetro 246) se presenta el 17% de todos los accidentes ferroviarios. Por otra parte, dado que las líneas -Juárez- y -Morelos- son vías paralelas, el kilómetro 246 de ambas es el tramo de toda la red estatal que requiere la mayor atención, puesto que en este pequeño segmento de la red se concentra el 22% de todos los accidentes ferroviarios de la entidad. También fue observado que en las principales zonas urbanas del estado de Querétaro (Santiago de Querétaro y San Juan del Río) se concentra el 40% de todos los accidentes ferroviarios de la entidad. Lo anterior nos conduce a asumir que las zonas urbanas afectan en forma adversa la seguridad ferroviaria.

Los accidentes por descarrilamiento son los más frecuentes en el estado de Querétaro, ya que conforman el 55% de todos los accidentes ferroviarios; le siguen en frecuencia los accidentes por choque, con el 26.5% de los accidentes totales. Lo anterior señala el trato prioritario que se debe dar a estos dos tipos de accidentes, dado que engloban al 81.5% del total de los accidentes ferroviarios de la entidad. Además, aunque el comportamiento anual de los dos tipos predominantes de accidentes tiene fluctuaciones, la tendencia general de los descarrilamientos es a aumentar, en cambio la tendencia de los choques es a disminuir. Los principales factores cooperantes de los accidentes por descarrilamiento son el mantenimiento inadecuado de la vía (35% del total de accidentes ferroviarios) y del equipo de arrastre (9.5% del total de accidentes), conformando estos dos factores el 80% de los accidentes de este tipo y el 44.5% del total de los accidentes

ferroviarios. También se observa que el descuido del personal ferroviario contribuye con una parte importante a este tipo de accidentes (5.5% del total). Por su parte los dos factores cooperantes principales de los accidentes por colisión en el estado de Querétaro son: imprudencia por parte de los conductores de autotransporte en los cruces ferroviarios a nivel, lo cual ha producido el 72% de los accidentes de este tipo en la entidad (el 19% de los accidentes totales); y errores humanos por parte del personal de ferrocarriles, lo cual conforma el 28% de este tipo de accidentes (el 7.5% de los accidentes totales).



En el estado de Querétaro, durante los años 1992-1996, las líneas férreas con más accidentes por descarrilamiento fueron las líneas -Morelos-, -A- y -B-.

Una importante medida para abatir los accidentes por descarrilamiento consiste en proporcionar un mantenimiento adecuado a las vías férreas, sobre todo en los tramos negros, puesto que en tan sólo el 5% de la longitud total de la red férrea del estado de Querétaro (21 kilómetros de vías) se han presentado 28 accidentes por mantenimiento inadecuado de la vía, lo que representa el 54% de los accidentes por descarrilamiento y el 30% de los accidentes ferroviarios totales de la entidad. Otras medidas importantes para abatir los accidentes por descarrilamiento en la entidad son: proporcionar un mantenimiento adecuado al equipo de arrastre y establecer una supervisión especializada en la operación del servicio ferroviario, con lo cual se podrían reducir los descuidos del personal ferroviario y los procedimientos inadecuados de carga en los carros de ferrocarril. Finalmente, respecto a los accidentes por descarrilamiento, una mejor inspección de las vías para detectar obstáculos y una mejor vigilancia para evitar el vandalismo, pueden reducirlos. Sin embargo, debido a la reducida frecuencia de estos factores cooperantes, no debe esperarse una reducción significativa de los accidentes originados por ellos. Por lo tanto, la implementación de dispositivos costosos, tales como detectores de obstáculos sobre las vías o cercas detectoras de derrumbes, no son justificables, puesto que el abatimiento esperado para los descarrilamientos originados por obstáculos en la vía y por vandalismo sólo es de aproximadamente un dos por ciento de los accidentes totales.

Las líneas férreas -Morelos- y -B- son las que más accidentes por colisión presentan. Además, dado que en la línea -Morelos- se presentó el mayor número de accidentes originados por error humano del personal de ferrocarriles (el 86%), en esta línea se deben reforzar las labores de inspección y supervisión. En cambio, en el resto de las líneas férreas, los accidentes son causados principalmente por imprudencia de los conductores del autotransporte. Obsérvese, por otro lado, cómo en la línea -AL- no se han presentado accidentes por colisión durante el período de análisis. Un porcentaje significativo de los accidentes ferroviarios por choque contra autotransporte han ocurrido en los cruces a nivel dentro de la ciudad de Santiago de Querétaro o en su periferia (el 61%), debido a los numerosos cruces ferroviarios que hay en la ciudad y al gran volumen de tránsito de vehículos de autotransporte que circulan en ésta. Los lugares donde inicialmente se deben aplicar medidas para abatir los accidentes por choque entre el autotransporte y el equipo ferroviario se concentran en nueve cruces ferroviarios (ver Tabla 4.7.). A continuación se indican en forma general las medidas comunes para abatir los accidentes en los cruces ferroviarios del

estado de Querétaro, pero antes cabe señalar que la mayoría de estas medidas deben aplicarse en el corto plazo y además que la incorporación de éstas es menos costosa que las medidas que se sugieren para el mediano y largo plazo.

En el corto plazo:

- ◊ Dar mantenimiento a las señales de tránsito tanto horizontales como verticales.
- ◊ Dar mantenimiento al área asfaltada del cruce.
- ◊ Cumplir con los requerimientos de señalamiento pasivo mínimo mencionados en el inciso 3.3.2.1.
- ◊ Adecuar el área para el cruce seguro de peatones
- ◊ Recortar las ramas de los árboles que obstruyan la visibilidad de las señales de tránsito.
- ◊ Remover aquellas señales redundantes y las que no presentan información.
- ◊ Relocalizar las señales de tránsito de tal forma que sean visibles convenientemente por los conductores de vehículos automotores.
- ◊ Remover los obstáculos detectados en el cruce.
- ◊ En caso de estacionar equipo ferroviario en los laderos adyacentes al cruce, almacenar dicho equipo a una distancia tal que no se reduzca significativamente la visibilidad del cruce para los conductores que se aproximan a él.

A mediano plazo:

- ◊ Incorporar o mejorar la iluminación artificial.
- ◊ Incorporar dispositivos de advertencia activos (semáforos y campanas).
- ◊ Incorporar puentes para el cruce de peatones, principalmente en zonas urbanas.

Y a largo plazo:

- ◊ Incorporar dispositivos de control activos.
- ◊ Mejorar el trazo del diseño geométrico de la carretera en el cruce.

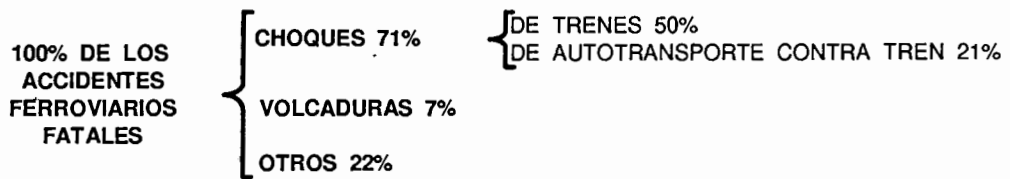
En el estado de Querétaro, las colisiones entre equipo ferroviario no son muy frecuentes, dado que la entidad tiene un promedio de 1.4 accidentes de este tipo por año. Sin embargo, cuando se presentan, producen grandes pérdidas por daños materiales y además la mitad del total de muertes ocasionadas por accidentes ferroviarios. Durante el período de análisis, el costo de los daños materiales para este tipo de accidente tuvo un valor mayor a los 23 millones de dólares, el cual es un monto muy significativo.

Aunque no son disponibles totalmente los valores de los costos derivados como consecuencia de los accidentes ferroviarios, es posible hacer algunas evaluaciones con los escasos datos disponibles. Durante el período 1992-1996, el costo de los daños materiales derivados de los accidentes en las carreteras federales del estado de Querétaro tuvo un monto de 13.08 millones de dólares²²³. En contraparte, para el mismo período, tan sólo el costo de los daños materiales del equipo de arrastre y tractivo derivado de los accidentes por choque entre equipo ferroviario, tuvo un monto mayor a los 23 millones de dólares. Por lo que, en el caso del estado de Querétaro, los costos derivados de los accidentes ferroviarios superan cuando menos en un 75 % a los costos derivados de los accidentes en las carreteras federales. No obstante, que el estado de Querétaro tiene un índice de

²²³ Calculado con base en Dirección General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Informe Anual de Accidentes en la Red Carretera Federal del Estado de Querétaro 1992, 1993, 1994, 1995 y 1996, México, 1993, 1994, 1995 1996 y 1997 respectivamente.

accidentes ferroviarios muy por abajo del promedio nacional (aproximadamente es cinco veces menor). Lo anterior señala la conveniencia de aumentar los esfuerzos para incrementar la seguridad del transporte ferroviario nacional.

En general, los accidentes fatales tienen como principal factor cooperante al error humano, tanto del personal ferroviario como de los conductores de autotransporte y en menor medida, de los peatones. Para disminuir el número de pérdidas humanas originadas por los accidentes ferroviarios, se deben abatir principalmente los accidentes por colisión, puesto que este tipo de accidente ha producido el mayor número de defunciones (el 71%). Es importante señalar que aunque los accidentes por descarrilamiento son los más frecuentes, no han contribuido al fallecimiento de personas.



Conclusiones generales para la red ferroviaria nacional:

Los programas de ayuda a lesionados, originados en los accidentes por choque en el transporte ferroviario, deben considerar el hecho de que la mayor proporción de las defunciones como consecuencia de ellos, ocurren dentro de las dos primeras horas inmediatas después de que se presenta el accidente.

Desde el año 1992, el índice de accidentes ferroviarios por tonelada-kilómetro ha tendido a disminuir en nuestro país, a pesar de ello, en el año 1996 este índice comparado con el de Estados Unidos era 8.3 veces superior. Si se siguen utilizando los mismos métodos de seguridad ferroviaria aplicados hasta ahora, transcurrirán aproximadamente 15 años para que nuestro país alcance niveles de seguridad ferroviaria similares a los de Estados Unidos, por lo que es recomendable implementar métodos sistemáticos para el abatimiento de estos accidentes, con lo que se obtendrán mejores niveles de seguridad en un período más corto.

Un requisito previo al establecimiento de medidas para reducir los accidentes ferroviarios es garantizar que el personal técnico ferroviario posea las habilidades necesarias, además de la experiencia y conocimientos técnicos para el desempeño de sus actividades.

Los accidentes ferroviarios tienden a concentrarse alrededor de las áreas urbanas y de las estaciones de ferrocarril. Las zonas urbanas propician los accidentes debido a que dentro de ellas hay numerosos cruces de ferrocarril a nivel, los cuales causan conflicto con el movimiento del autotransporte y de los peatones. Por su parte, las estaciones de ferrocarril propician los accidentes debido a que dentro de sus patios se realizan numerosas maniobras que implican riesgos, debido al movimiento de los trenes, a la operación de los juegos de cambio, a la carga, descarga, acoplamiento, desacoplamiento, aseguramiento y desaseguramiento de los carros, etcétera. Sin embargo, los lugares más peligrosos se presentan cuando se conjugan las dos condiciones anteriores, es decir, cuando las estaciones se encuentran dentro de las zonas urbanas. El

conocimiento de este hecho es un factor importante para aumentar la eficiencia en abatir los accidentes ferroviarios, dado que esto permite concentrar los recursos de mantenimiento, vigilancia y supervisión en estos lugares. Como medida preventiva, es fundamental que en la planeación de las ciudades se respete el derecho de vía con el objeto de que los accidentes ferroviarios sean menos susceptibles de presentarse o tengan consecuencias menos graves.

Actualmente existen modernas y sofisticadas tecnologías que pueden ser aplicadas a las redes ferroviarias para mejorar su seguridad, sin embargo, las medidas que se requieren en la red ferroviaria nacional, de acuerdo con los principales factores cooperantes detectados y generalizando lo observado en el estado de Querétaro, son por ahora aquellas que emplean tecnologías de uso común, sin que se requieran todavía tecnologías sofisticadas o costosas. No obstante, es necesario que la aplicación de estas tecnologías sea con mayor eficiencia, para la cual se requiere el establecimiento de métodos que logren esto. Lo anterior confirma que la reducción potencial de accidentes a bajo costo, mediante medidas de ingeniería en los lugares peligrosos, es particularmente alta. Medidas simples pueden reducir significativamente los problemas en tales sitios.

Los accidentes en los cruces de ferrocarril tienden a ser severos. Para evitarlos se recomienda tener especial cuidado en el diseño y arreglo de los cruces y en su integración con la carretera o camino que los cruza. Generalmente, los cruces en desnivel no son justificados, sin embargo, los dispositivos de advertencia y control activos son adecuados cuando el tráfico de vehículos automotores es alto y/o cuando el movimiento de trenes es frecuente. Comúnmente, en la mayoría de los cruces con poco tránsito de automotores, lo único que podría ser justificado son los dispositivos de advertencia pasivos. Cuando se presenten elevados tránsitos de peatones que crucen por las vías del tren, lo cual es muy frecuente en las zonas urbanas, alguna forma de protección debe ser considerada para ellos. En todos los casos, debe darse atención especial a los requerimientos de visibilidad.

A diferencia de los accidentes carreteros, los accidentes ferroviarios son menos frecuentes. En el ámbito nacional, los accidentes ferroviarios son 23.8 veces menos frecuentes que los accidentes carreteros y también tienen menos efectos en cuanto a pérdidas humanas. En contraparte, los accidentes ferroviarios implican elevados costos por daños materiales, debido a los elevados costos de los equipos tractivos que resultan dañados como consecuencia de los accidentes. Por ello, muy aparte de las cuestiones humanitarias para abatir los accidentes ferroviarios, hay fuertes argumentos económicos para hacerlo. Este hecho debe ser considerado al definir las políticas y presupuestos de seguridad en el sector transporte durante los próximos años. Un abatimiento significativo de los accidentes ferroviarios, podría generar grandes ahorros para nuestro país.

Parte de la reglamentación relacionada con la seguridad del transporte ferroviario muestra obsolescencia (debido a que fue establecida hace varias décadas) u omisiones importantes (en el caso de algunas reglamentaciones recientes), por lo que se recomienda su revisión inmediata con el objeto de que jurídicamente se apoye la seguridad de este modo de transporte. Algunas recomendaciones para esto ya han sido mencionadas dentro del contenido de este trabajo.

Se sugiere efectuar un análisis, para cada entidad federativa, en relación con el índice de accidentes por tonelada-kilómetro, monto de los daños materiales y pérdidas humanas originados por los accidentes ferroviarios, con el objeto de identificar aquellos estados que requieren reforzar su seguridad operativa.

Conclusiones relativas al método propuesto para abatir los accidentes ferroviarios:

Mediante este método se propone identificar en forma sistemática los tramos negros de la red ferroviaria nacional, para después aplicar las medidas que apliquen de acuerdo al tipo, factores cooperantes y características comunes de los accidentes identificados durante la fase de análisis. Por medio de este método se logra un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, puesto que se detectan aquellos lugares que requieren atención prioritaria en cuanto a seguridad se refiere y donde las labores de supervisión, inspección, mantenimiento y vigilancia entre otras, son esenciales. Además, las medidas para abatir los accidentes en estos lugares tendrán mayores probabilidades de ser económicamente factibles y también seguramente serán más efectivas.

Como fue mencionado al inicio de este trabajo, los accidentes son una consecuencia inevitable de la movilidad. Lo anterior supone un conflicto entre movilidad y seguridad, es decir habrá una renuencia para aceptar aquellas medidas de seguridad que sean percibidas como limitantes de la movilidad (límites de velocidad, uso de topes o barreras abatibles en cruces ferroviarios, etcétera). En cambio, aquellas medidas que no entren en conflicto con la movilidad tendrán una mayor aceptación (coches de ferrocarril con distribución controlada de la energía del impacto, interiores de coches de ferrocarril que disipan la energía de las colisiones secundarias, uso de cinturones de seguridad, etcétera), excepto cuando se presente algún otro inconveniente, como por ejemplo, el costo de su implementación. Desde luego, habrá medidas que mejorarán tanto la movilidad como la seguridad y por ello no es sorprendente que estas medidas sean aceptadas con mayor facilidad (mejoras en el trazo de la vía férrea, uso de mayores calibres de riel, dispositivos de control de tránsito, etcétera). Desde el punto de vista social hay argumentos humanitarios y fuertes razones económicas para abatir los accidentes ferroviarios, pero debe tenerse presente que el problema social y el personal no son iguales. Desde el punto de vista personal el riesgo de sufrir un accidente ferroviario es percibido como muy reducido. Por lo anterior frecuentemente, los objetivos de movilidad más que los de seguridad tienden a tener un mayor peso. Aún con todo, existen evidencias de que la seguridad ferroviaria nacional puede mejorar significativamente mediante la aplicación sistemática de programas de abatimiento de accidentes. Sin embargo, el resultado final dependerá también de la participación activa de cada ciudadano, por lo que sería conveniente retomar el lema establecido hace más de medio siglo por los Ferrocarriles Nacionales de México, *seguridad ante todo*.

REFERENCIAS.

- Armstrong Jhon H., The Railroad, What It Is, What It Does. Segunda edición, Estados Unidos, 1988.
- Backhoff Pohls M.A. y Garcia Ortega G., Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte. Publicación Técnica No. 32, IMT, México, 1992.
- Bayley J.M. y Uber C.B., A comprehensive program to improve road safety at railway level crossings. Australian Road Research Board Conference, Australia, 1990.
- Bowman B.L., Analysis of railroad-highway crossing active advance warning devices. Transportation Research Record No. 1114, E.U.A., 1987.
- Buffa Elwood S., Administración y Dirección Técnica de la Producción. Editorial Limusa, México, 1982.
- Carrasco Carmona Matias y Ramirez Ortiz Ismael, La Seguridad de los Cruceros a Nivel de los Ferrocarriles Nacionales de México. Temas Ferroviarios, Edición Especial II, México, 1991.
- Celorio Blasco Carlos, Diseño de Embalaje para Exportación. México, 1993.
- Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, Manual de Distribución Física de las Mercancías para la Exportación. Suiza, 1988.
- Chavarría Vega Jesús, Mendoza Díaz Alberto y Mayoral Grajeda Emilio, Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales. Publicación Técnica No. 89, Instituto Mexicano del Transporte, México, 1996.
- Claudio Mataix, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Editorial Harla S.A., México, 1976.
- Comité Técnico de Seguridad, Ferrocarriles Nacionales de México, Guía para el Transporte Seguro de Productos Químicos.
- De Buen Richkarday Oscar, Apuntes de Tecnología del Transporte y Manejo de Carga (documento inédito).
- Delgadillo Macías Javier, Desastres Naturales. Aspectos Sociales para su Prevención y Tratamiento en México. Ediciones Delegraf S.A. de C.V., México, 1996.
- Dirección de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos.
- Dirección General de la Policía Federal de Caminos, Curso de Accidentes y Peritajes. México, 1995.
- Dirección General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Informe Anual de Accidentes en la Red Carretera Federal del Estado de Querétaro 1992, 1993, 1994, 1995 y 1996. México, 1993, 1994, 1995 1996 y 1997 respectivamente.
- Enciclopedia Autodidáctica Océano, Volumen 6, México, 1987.
- Enciclopedia de México, Tomo I, Editorial Rand McNally, Estados Unidos de América, octubre de 1993.
- Fambro D.B., Heathington K.W. y Richards S.H., Evaluation of two active traffic control devices for use at railroad-highway grade crossings. Transportation Research Record No. 1244; E.U.A., 1989.
- Federal Railroad Administration Office of Safety Home page,* E.U.A., 1998.
- Fernández y Adame Manuel, Equipo Ferroviario, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997.
- Ferrocarriles Nacionales de México, Series Estadísticas 1995, México, 1996.
- Gil Anaya Claudia Z., Modelación de los Flujos Ferroviarios Nacionales de Carga, México, 1997.
- Gran Enciclopedia del Mundo, Tomo 1, Editorial Marín, S.A., España, 1972.

- Gran Enciclopedia Larousse, Tomo 1, Editorial Planeta, Tercera edición, España, diciembre de 1990.
- Heathington K.W., Fambro D.B. y Richards S.H., Field evaluation of a four-quadrant gate system for use at railroad-highway grade crossings, Transportation Research Record No. 1244, E.U.A., 1989.
- INEGI, Resultados Definitivos por Entidad Federativa. Censo de Población y Vivienda 1995., México, 1995.
- International Monetary Fund, International Financial Statistics, E.U.A., 1996.
- Javier L. Collazo, Diccionario Enciclopédico de Términos Técnicos, Volumen 2, McGraw-Hill Book Company, México, 1987.
- Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación 1992 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Operación, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1993.
- Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación 1993 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1994.
- Jiménez Sánchez José E. y Mendoza Díaz Alberto, Evaluación Económica de Mejoras a la Infraestructura del Sistema Nacional Ferroviario, Publicación Técnica No. 82, IMT, México, 1996.
- Jun Wang, The Application of an Improved Accident Analysis Method for Highway Safety Evaluations, HSIS (Highway Safety Information System) Summary Report, U.S. Department of Transportation, FHWA, 27 de enero de 1997.
- K.D. Wood, Aircraft Design, Volumen I, Johnson Publishing Company, E.U.A., 1968.
- K.W. Ogden, Safer Roads: a Guide to Road Safety Engineering, University Press, Cambridge, Inglaterra, 1996.
- Landskroner Lawrence, The importance of investigating railroad crossing accidents, lawyers@landskroner.com, E.U.A., 1996.
- Ley de Vías Generales de Comunicación (publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de febrero de 1940).
- Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario (publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 12 de mayo de 1995).
- López Zavala Jesús, Medios de Transporte Internacional, BANCOMEXT, México, 1995.
- Lozada Bautista Antonio, et. al., Seguridad en Cruceros a Nivel de Vías Férreas y Caminos, Temas Ferroviarios, Revista Técnica, México, 1989.
- Manzo García Gustavo, Director de Vialidad y Proyectos, DGST, Ponencia "Determinación y Análisis de Puntos y Tramos Peligrosos" del Curso Internacional de Seguridad en Carreteras, del día cinco de junio de 1997 en el Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.
- Martínez Alejos Ramiro y Segura Mellado C. Julia, Manual Estadístico del Sector Transporte 1994, IMT, México, 1996.
- McDermott T. C. y Cound D. M., Inspección y Control de Calidad, Biblioteca de Ingeniería Industrial, Tomo 3, CECSA, México, 1986.
- Mercado Carrillo Pedro P., Guía Práctica de Envase y Embalaje para Exportación, México, 1993.
- Miranda Hernández J.C. y Machado D. Jorge, Clasificación de Vías y Requisitos Mínimos de Conservación, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997.
- Miranda Hernández Juan C., Situación Actual de los Ferrocarriles Mexicanos, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997.
- Miranda Hernández Juan Carlos, Control y Gestión Ferroviaria, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997.

- Münch Galindo Lourdes, Métodos y técnicas de investigación para administración e ingeniería, México, 1995, Editorial Trillas.
- Naciones Unidas, Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas, Octava edición revisada, Nueva York, E.U.A., 1994.
- Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1994 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1995.
- Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1995 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1996.
- Pérez Arzate Vicente, Informe de Evaluación 1996 del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro, Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario, México, 1997.
- Planos, Publicidad y Diseño S. de R. L. de C.V., Mapa de Santiago de Querétaro 1997, México, 1997.
- Poder Ejecutivo Federal, Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, 1995-2000, México, 1996.
- Programa de Trabajo 1997 del Sector Comunicaciones y Transportes.
- Reglamento de Tránsito del Estado de Querétaro (publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro el día 8 de julio de 1993).
- Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales (publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 10 de junio de 1975)
- Reglamento del Servicio Ferroviario (publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 30 de septiembre de 1996).
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 7 de abril de 1993).
- Richards S.H. y Heathington K.W., Motorist understanding of railroad-highway grade crossings and associated traffic laws, Transportation Research Record No. 1160, E.U.A., 1988.
- Ross Silcock Partnership, Towards Safer Roads in Developing Countries, Transport and Road Research Laboratory (TRRL) y Overseas Development Administration (ODA), primera edición, Inglaterra, 1991.
- Ruibal Handabaka Alberto, Gestión Logística de la Distribución Física Internacional, Grupo Editorial Norma, Colombia, 1994.
- Sacristán Roy Emilio, La Reestructuración de los Ferrocarriles Mexicanos, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México, 1997.
- Sánchez Sánchez Antonio y García Hernández Julio, La Medicina Preventiva en el Transporte, un medio insustituible de prevención de accidentes en el transporte ferroviario, Temas Ferroviarios, Edición Especial I, México, 1994.
- Sanders J.H., Driver performance in countermeasure development at railroad-highway grade crossings, Transportation Research Record No. 562, E.U.A., 1976.
- Schoppert D.W. y Hoyt D.W., Factors influencing safety at highway-rail grade crossings, National Cooperative Highway Research Program Report 50, Transportation Research Board, E.U.A., 1968.
- Shinar D. y Raz S., Driver response to different railroad crossing protection systems, E.U.A., 1982.
- Sriram Panchanathan y Ardeshir Faghri, Knowledge-Based Geographic Information System for Safety Analysis at Rail-Highway Grade Crossings, Transportation Research Record No. 1497, Estados Unidos, 1995.
- State of Illinois Home Page, <http://www.state.il.us/Gov> , Railroad Crossing Program, E.U.A., 1996.

- Stephen C. Brich, Investigation of retroreflective sign materials at passive railroad crossings, Transportation Research Council, E.U.A., 1995.
- Subdirección de Programación y Sistemas, Ferrocarriles Nacionales de México, Informe de Tráfico de Flete Comercial por Artículos Clasificados por Estaciones Remitentes y Receptoras (E2).
- Subdirección General de Operación de Ferrocarriles Nacionales de México, Reglamento de Transporte de FNM, México, 1990 (vigente desde el 1 de enero de 1944).
- Subhasish Chatterjee y Jhon F. Carney III, Passenger Train Crashworthiness-Primary Collisions, Transport Research Record No. 1531, National Academy Press, E.U.A., 1996.
- Subhasish Chatterjee y Jhon F. Carney III, Passenger Train Crashworthiness- Secondary Collisions, Transport Research Record No. 1531, National Academy Press, E.U.A., 1996.
- Subsecretaría de Infraestructura, Dirección General de Servicios Técnicos, S.C.T., Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, quinta edición, México, 1986.
- Subsecretaría de Operación, Dirección General de Ferrocarriles, S.C.T., Estadística Ferroviaria Nacional 1974, 1979, 1982 y 1987, México 1976, 1980, 1984 y 1989 respectivamente.
- Subsecretaría de Transporte, S.C.T., Accidentes y Asaltos en Caminos y Puentes Federales 1996, México, 1997.
- Tello Sandoval Javier, Operación Ferroviaria, Curso Administración y Operación Ferroviaria, México.
- Tenkink E.A. y Van Der Horst R., Car driver behaviour at flashing light railroad grade crossings, Accident Analysis and Prevention No. 22, 1990.
- Togno Purón Francisco M., Ferrocarriles, Segunda edición, México, 1982.
- Toro Guardado Giovanni, Curso Internacional Sobre Seguridad en Carreteras, Ponencia "Políticas de Medicina Preventiva" del día 11 de junio de 1997, impartido en Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.
- Tyrell D., Severson-Green K. y Marquis B., Evaluation of Selected Crashworthiness Strategies for Passenger Trains, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995.
- Ullman Kenneth B. y Bing Alan J., Operations and Safety Considerations in High-Speed Passenger/Freight Train Corridors, Transportation Research Record No. 1489, E.U.A., 1995.
- Unidad Estatal de Protección Civil., Gobierno del Estado de Querétaro, Anuario Estadístico de Registro de Siniestros en el Estado de Querétaro 1994, México, 1995.
- Unidad Estatal de Protección Civil, Gobierno del Estado de Querétaro, Coordinación de Emergencias, Reportes de Llamadas y de Emergencias (1992-1996).
- Vázquez Paulín J.C. y Backhoff Pohls M.A., Mapa del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte del Estado de Querétaro, Instituto Mexicano del Transporte, México, 1994.
- Wigglesworth E.C., How can safety be improved at open level crossings?, Australian Road Research No. 20, Australia, 1990.
- Wigglesworth E.C., Human factors in level crossing accidents, Accident Analysis and Prevention No. 10, Australia, 1978.
- Zegeer C.V., Methods for identifying hazardous highway elements, National Cooperative Highway Research Program, E.U.A., 1986.

ANEXO A

Tabla A

Costos de algunos elementos de los tratamientos para abatir los accidentes ferroviarios.

Elemento	Costo (dólares)
Cercas detectoras de derrumbes ²²⁴	25,000 a 100,000
Detectores de obstáculos sobre las vías ²²⁵	25,000 a 100,000
Dispositivo de advertencia pasivo en cruce ferroviario (semáforo y campanas) ²²⁶	62,575
Dispositivo de control activo en cruce ferroviario (barreras automáticas, semáforo y campanas) ²²⁷	74,500 a 76,462
<u>Mantenimiento de la vía férrea (costo por kilómetro de vía)²²⁸</u>	
- Durmientes de concreto nuevos	99,373
- Durmientes de madera nuevos	41,745
- Riel nuevo (calibre 115 libras/yarda)	107,392
- Accesorios de sujeción	25,608 a 55,471
- Juegos de cambio	15,686
- Mano de obra del armado de la vía	7,784 a 11,980
- Balasto (1800 m ³)	12,706
- Carga y descarga del balasto	2,804 a 2,882
- Fletes y maniobras	20,745 a 28,843
- Nivelación de la vía	43,667
Paso inferior de carretera en cruce de ferrocarril (cruce a desnivel de la calle Felipe Ángeles, en la ciudad de Santiago de Querétaro) ²²⁹	1,372,549
Señal de cruce de ferrocarril ²³⁰	87.5
<u>Sistema de advertencia a bordo de vehículos automotores para indicar la aproximación de trenes en los cruces ferroviarios²³¹</u>	
- Equipamiento del cruce ferroviario	50,000
- Dispositivos en los vehículos automotores	50 a 100

Fuente: elaboración propia, ver notas al pie de pagina.

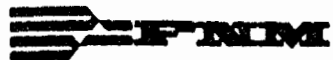
²²⁴ Armstrong Jhon H., *op. cit.*, p. 121.²²⁵ Ibid.²²⁶ Esta cotización fue proporcionada por la compañía estadounidense Safetran Systems International (correo electrónico rsbarinas@aol.com).²²⁷ La cotización más baja corresponde a la compañía Safetran Systems International, esta empresa ha instalado en el área metropolitana de la ciudad de México más de 50 dispositivos de control activos en cruces ferroviarios, para FNM. La cotización más alta fue proporcionada por la compañía SWAROMEX S.A. de C.V., localizada en Naucalpan, Estado de México (correo electrónico 105110.2346@compuserve.com.mx). Esta última cotización es para un cruce típico de ferrocarril con una calle de dos carriles, el costo que se indica ya incluye el IVA.²²⁸ Martínez Alejos Ramiro, et. al., *op. cit.*, p. 230.²²⁹ Esta obra vial, que contó para su construcción con el apoyo de FERRONALES y del ayuntamiento de la ciudad de Santiago de Querétaro, fue inaugurada el día 22 de julio de 1994. Este paso a desnivel tuvo un costo de 7 millones de nuevos pesos. Fuentes: Diario de Querétaro y Noticias del día 23 de julio de 1994, pp. 1-A en ambos. Para la estimación de su costo en dólares, se uso un tipo de cambio de 5.10 nuevos pesos por dólar.²³⁰ Stephen C. Brich, *Investigation of retroreflective sign materials at passive railroad crossings*, Transportation Research Council, E.U.A., 1995, pp. 33 y 34.²³¹ State of Illinois Home Page, *op. cit.*, pp. 1 y 2.

ANEXO B



SECTOR
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

MOVIMIENTO PARA EL PROGRESO



FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO

"EL TREN NO SE ANDA CON RODEOS"...
...!CUIDE SU VIDA!

Amigo conductor:

no se confíe al cruzar la vía del tren...

La mayoría de los accidentes ocurren en cruces cercanos a la casa del automovilista o en trayectos de transportes urbanos y suburbanos con ruta fija. ¿Por qué?. Porque nos volvemos descuidados al pasar todos los días, a la misma hora, por el mismo lugar.

TODOS LOS CRUCEROS DE VIA SON PELIGROSOS !!!
!!EL TREN PUEDE PASAR EN CUALQUIER MOMENTO.
EN CUALQUIER DIRECCION!!!

No se confíe si es de día. Dos de cada tres accidentes ferroviarios ocurren a plena luz.

Hágale caso al silbato de la locomotora. Es para protegerlo y no es la voz de "arrancan". No juegue carreras con el tren. Nunca nadie ha podido ganarle. Si lo intenta, lleva la de perder, porque un convoy tiene en promedio, casi cuatro mil veces mayor peso al de su auto. Además, un tren necesita por lo menos, un kilómetro y medio para frenar.

Recuerde: antes de cruzar la vía, haga ALTO TOTAL ..., vea y oiga. Si no se acerca un tren, siga adelante. Y no se distraiga. Ponga toda su atención porque... EL TREN NO SE ANDA CON RODEOS.

*Ferrocarriles Nacionales de México
Coordinación General Ejecutiva
Gerencia de Prevención de Accidentes*

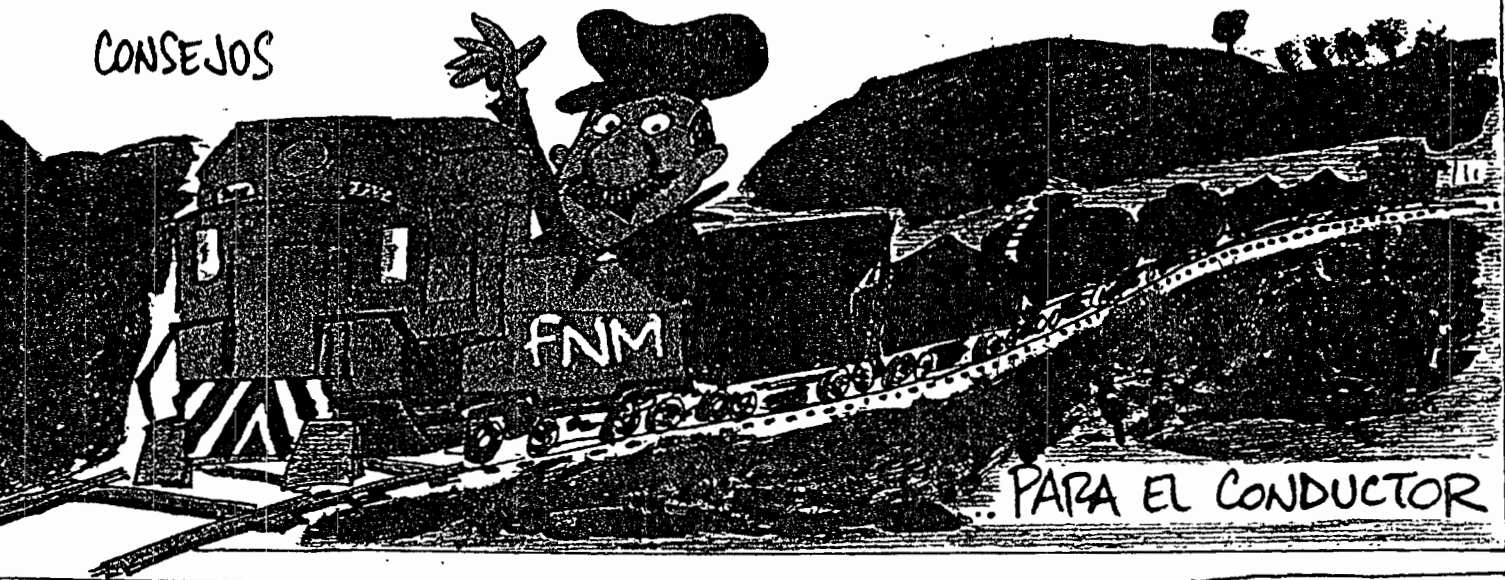
SR. CONDUCTOR:



**¡ ESTE
MENSAJE ES
MUY IMPORTANTE
PARA USTED!**



CONSEJOS



PARA EL CONDUCTOR

EN NUESTRO QUEHACER COTIDIANO UTILIZAMOS DIVERSOS MEDIOS PARA TRANSPORTARNOS...



AL SEGUIR LA MISMA RUTA, MUCHAS VECES OLVIDAMOS ATENDER SEÑALES QUE ORDENAN LA CIRCULACION, PERMITEN LA CONVIVENCIA, DAN SEGURIDAD Y PRESERVAN NUESTRA VIDA



EN LA PRISA DIARIA, INTENTAMOS GANAR PERO...



¡ EL TREN NO SE ANDA CON RODEOS !



POR ESO ES MEJOR NO TRATAR DE GANARLE EL PASO AL TREN POR SU PESO NO PUEDE PARAR NI HACER MANIOBRAS RAPIDAS...

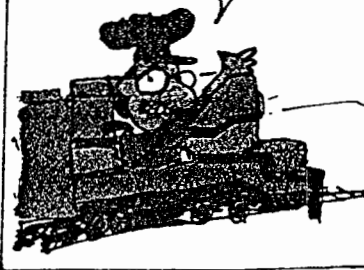


... Y UN ACCIDENTE ¡ PUEDE SER DE CONSECUENCIAS FATALES !

USTED, SEÑOR AUTOMOVILISTA DEBE HACER ALTO TOTAL ANTES DE CRUZAR LA VIA



TODOS LOS DIAS RECUERDE ESTE CONSEJO Y DISFRUTE LA VIDA ¡ TRATAMOS DE SERVIRLE MEJOR !



ANEXO C

d Agrogen, S.A. de C.V.

CARRETERA A TLACOTE EL BAJO KM., 5.5 C.P. 76000 TEL. 16-18-18 QUERETARO, QRO.

HOJA DE EMERGENCIA EN TRANSPORTACION		
NOMBRE / DIRECCION DE LA COMPAÑIA	NOMBRE DEL PRODUCTO	COMPAÑIA TRANSPORTADORA
AGROGEN S.A. DE C.V.	AZUFRE CRUDO	FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
CARRETERA A TLACOTE EL BAJO KM. 5.5	CLASIFICACION	TELEFONOS DE EMERGENCIA
QUERETARO , QRO. C.P. 76000	4	MEXICO, D.F. 91-5-547-90-60 5-47-86-41
TELEFONO DE EMERGENCIA	Nº DE MATERIAL	ESTADO FISICO
91 (42) 16-18-18	U.N. 1350	SOLIDO A GRANEL
ASPECTO FISICO	AVISAR A LAS AUTORIDADES LOCALES	
APERDIGONADO COLOR AMARILLO	BOMBEROS, FEDERAL DE CAMINOS, CRUZ ROJA.	
RIESGOS		
SI OCURRE ESTO	HAGA ESTO	
INTOXICACION / EXPOSICION	INHALACIONES: CAUSA MOLESTIAS LIGERAS. NO TOXICO. CONTACTO CON LOS HOJOS: EL POLVO DE AZUFRE CAUSA LIGERA IRRITACION.	
CONTAMINACION	SOLO EN CASO DE FUSION DEL AZUFRE RETIRARSE A UNOS 20 MTS. DEL AREA AFECTADA.	
INFORMACION MEDICA	POR INHALACION: SOLO EN CASO DE FUSION DEL AZUFRE RETIRE LA PERSONA AFECTADA AL AIRE LIBRE DE DIOXIDO DE AZUFRE. EN CASO NECESARIO DE RESPIRACION ARTIFICIAL. CONTACTO CON LOS OJOS: LAVE CON ABUNDANTE AGUA. CONTACTO CON LA PIEL: SOLO EN CASO DE FUSION LAVE CON ABUNDANTE AGUA LA ZONA AFECTADA.	
DERRAMES Y FUGAS.	FUGAS: NO EXISTEN. DERRAMES: SOLO EN CASO DE UNA GONDOLA VOLTEADA. HUMEDEZCA EL AZUFRE.	
FUEGO.	EL AZUFRE PUEDE FUNDIRSE POR CERILLOS, INCENDIO, COLILLAS DE CIGARROS, ETC. ETC. SE ELIMINA FACILMENTE CON AGUA O SOFOCANDO CON EL MISMO AZUFRE, USANDO PALAS.	
ESTA HOJA DEBERA ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SU USO EN CASO DE EMERGENCIA.		
LIC. FRANCISCO ROJAS RUIZ.		

ANEXO D

TELEGRAMA URGENTE.-

QUERETARO QRO., ENERO 30 DE 1997.

DIR. GRAL. F.C. EN OPERACION. S.C.T.-
 SUB. DIR. GRAL. DE OPERACION.-
 SUB. DIR. GRAL. DE RECURSOS HUMANOS Y REL..LAB.-
 COORDINADOR EJECUTIVO COMERCIAL Y SERVICIOS.-
 COORDINADOR DE OPERACIÓN.-
 COORDINADOR TEC. DE VIA Y ESTRUCTURAS.-
 GERENTE DE TRANSPORTE.-
 GERENTE DE VIA Y ESTRUCTURAS.-
 GERENTE ASUNTOS JURIDICOS.-
 GERENTE COMUNICACION SOCIAL.-
 GERENTE DE PRODUCCION F.M. & E.A.-
 GERENTE DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES
 MEXICO D.F.

HUMBERTO BALDERAS LUNA.-
 JUAN RAMIREZ R.-
 ING. EDUARDO H. CALVILLO.-
 GUILLERMO PALLARES RAMIREZ.-
 F.C. DEL NORESTE.-
 QUERETARO QRO.-

ING. ARMANDO BOJORQUEZ JAUREGUI.-
 CELAYA GTO.-

11H55M.

ERNESTO RAMIREZ CERON.-
 EDUARDO SEGOVIA MOLINA.-
 AYTES. SUPTE. S.T. & S.L.-
 DIVN. QUERETARO.-
 ING. RESIDENTE DIVN. QRO.-
 JEFE DE VIA DIVN. QUERETARO.-
 TERM. VALLE DE MEXICO.-
 A. RUFINO JIMENEZ.-
 EPIFANIO VIVEROS MEJIA.-
 FAUSTO RODRIGUEZ ROMERO.-
 RENE PALOS PACHECO.-
 FERROCARRIL DE NORESTE
 MONTERREY N.L.

JOSE LUZ GONZALEZ.-
 JESUS QUIÑONES HERNANDEZ.-
 JAVIER TELLO SANDOVAL.-
 GUADALAJARA JAL.-
 ANTONIO SANCHEZ SANCHEZ.-
 G. M. AGUILERA ACOSTA.-
 IRAPUATO GTO.-

.....INFORME DE ACCIDENTE.....

- 1.- ARROLLAMIENTO EN CRUCERO A NIVEL.
- 2.- SAN LUIS.-
- 3.- SAN MIGUEL ALLENDE.-
- 4.- KILOM. B. 320 POSTE 10.
- 5.- ESCOBEDO Y RINCONCILLO.
- 6.- ENERO 30 DE 1997 A LAS 10H00M.
- 7.- NO. 465 MAQS- 14557-14575.
- 8.- CONDR. MIGUEL ANGEL LÓPEZ TOBIAS MAQTA. ANTONIO FONSECA ALCOCER.
- 9.- MAQUINA 14575 CON ESTRIBO PASAMANOS FRENTE LADO IZQUIERDO CHOCADO. MAQUINA 14557
 TODA SU CARROCERIA ABOMBADA DEL CENTRO CON PARTES DESPRENDIDAS.
- 10.- MAQUINISTA A. FONSECA ALCOCER Y AYUDANTE CON QUEMADURAS EN MAÑOS Y CARA SE
 TRASLADARON AL SEGURO SOCIAL DE COMONFORT.
- 11.- BOMBEROS DE COMONFORT SAN MIGUEL DELEGACION DEL IMSS DE CELAYA COMONFORT AGENTE
 DEL MINISTERIO PUBLICO.
- 12.- POR IMPRUDENCIA DEL CHOFER.-
- 13.- AL APROXIMARNOS AL CRUCERO AL PARECER DENOMINADO SAN MIGUEL ALLENDE NO OBSTANTE ---
 QUE EL MAQUINISTA ANUNCIABA LA APROXIMACIÓN A CITADO CRUCERO CON LA BOCINA Y CAMPANA
 DE LA MAQUINA Y LA LUZ DE LA FAROLA ENCENDIDA A TODA SU INTENSIDAD INTESPECTIVAMENTE E
 IMPRUDENTEMENTE SE ATRAVESO AL PASO DEL TREN IMPACTANDOSE EN LA PARTE MEDIA -----
 TRASERA LADO DERECHO EXPLOTANDO AL IMPACTO Y CALCINANDOSE TRACTOMOTOR ASI COMO ---
 MOTOR UNIDAD VOLKSWAGEN MODELO PASADO PLACAS GHR-1925 ESTADO DE MEXICO, ADEMÁS ----
 INFORMAN QUE HAY GENTE CIVIL HERIDA, Y TAMBIEN INFORMO QUE HAY CASAS DAÑADAS POR LA -
 EXPLOSION, POSTERIORMENTE INFORMARE DATOS CON EXACTITUD.
 VIA PRINCIPAL OBSTRUIDA CON LAS DOS MAQUINAS Y 15 CARROS, RESTO DE LAS UNIDADES -----
 FUERON JALADAS CON MAQUINA 9810 DEL SERVICIO DE PATIO DE ESCOBEDO.

581--FS--6--30202-

ERNESTO RAMIREZ CERON
 SUPTE. DIVN. QUERETARO

ANEXO E

TABLA E**Accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro durante los años 1992 a 1996²³²**

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
1	01/FEB/92 Sábado	08H00M	Km. BQ-244; vía particular de Industria del Hierro, patio Querétaro.	Servicio de patio. Máquina NM-7235.	Choque contra vehículo VW Sedán. Placas UKA-765.	Imprudencia del operador del vehículo VW Sedán.
2	21/MAR/92 Sábado	14H08M	Km. BQ-246, cruce a nivel en calle Felipe Ángeles.	Extra 11056-11043 Norte. Rápido NY-41.	Choque contra microbús Chevrolet placas 56225-T.	Imprudencia del operador del microbús. La máquina NM 11056 resultó con placa frontal y pasamanos frontales del lado derecho averiados. Aplanaduras ligeras en las ruedas motrices. Por fortuna, todos los pasajeros del microbús lograron salir y sólo dos resultaron lesionados ²³³ .
3	15/ABR/92 Miércoles	08H45M	Km. BQ-246, vía No. 2, patio Querétaro.	Máquina NM-6738 y servicio de patio NM-7270.	Choque.	Descuido del Jefe de Patio al operar indebidamente máquina NM-6738, chocó contra máquina NM-7270. Resultó bolsa de acoplador delantero roto.
4	11/MAY/92 Lunes	11H05M	Km. B-214 planta sur, vía de bodegas San Nicolás.	Extra 11017 sur, turno Escobedo-Huichapan.	Descarrilamiento.	Por romperse base de árbol de cambio, corrió descarrilado 23 m. Reparación de vía en 9 horas, y 25 minutos.

²³² Los datos básicos para la elaboración de esta tabla fueron tomados de Jiménez Peralta Ramón, Informe de Evaluación del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro años 1992 y 1993 (2 volúmenes), México 1993 y 1994 respectivamente, y Pérez Arzate Víctor; Informe de Evaluación del Sistema Ferroviario en el Estado de Querétaro años 1994, 1995 y 1996 (3 volúmenes), México 1995, 1996 y 1997 respectivamente, publicados por el Centro SCT Querétaro, Subdirección de Transporte, Departamento de Transporte Ferroviario.

²³³ Fuente, periódico Noticias del día 23 de marzo de 1992, p. 2-B.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
5	22/JUN/92 Lunes	19H00M	Km. BQ-246.	Servicio de patio, Máquina NM-7405.	Desprendimiento de acoplador.	Material fatigado de la máquina NM-7405.
6	02/JUL/92 Jueves	22H30M	Km. B-270 patio Querétaro.	Extra 8540 Norte.	Descarrilamiento.	Furgón NM-79529 con 15 toneladas de cartón descarriló por carga mal estibada.
7	03/JUL/92 Viernes	18H05M	Km. B-245, poste 8, carretera a Ezequiel Montes.	No. 14, Máquina NM-8251.	Choque contra vehículo Ford LTD, placas UKK-1214.	Imprudencia del conductor del vehículo Ford LTD. Furgón NM-93204 descarrilado con rotura de la ceja de la rueda No. 1 del lado derecho. Vía principal obstruida hasta las 21h.
8	31/JUL/92 Viernes	19H30M	Km. AQ-246, patio Querétaro.	Extra 11082 Sur.	Choque contra vehículo Datsun, placas UKE-1069.	Imprudencia del conductor del vehículo Datsun. Obstrucción de la vía durante 35 minutos.
9	24/AGO/92 Lunes	10H30M	Km. AQ-185, poste 10, autopista México-Querétaro.	----	Camioneta de tres toneladas con carga de vinos y licores, placas SS-16458, cayó en las vías del tren desde el paso superior de la carretera.	La camioneta era conducida con velocidad inmoderada y además el pavimento estaba mojado por la lluvia, por lo que el chofer perdió el control. La camioneta cayó al paso a desnivel 8m. abajo, al caer destruyó un poste de catenaria (No. 29) y dañó 800 m. de alambre. Perecieron el chofer y su ayudante. La camioneta y su carga resultaron totalmente destruidas. Pérdidas multimillonarias ²³⁴ .

²³⁴ Fuente, periódico Noticias, del día 26 de abril de 1992, p. 1-B.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
10	25/AGO/92 Martes	19H50M	Km. BQ-246, crucero a nivel en calle Felipe Ángeles.	Extra 8738-8703-8727 Norte .	Choque contra vehículo Spirit, placas UKE-8026.	Imprudencia del conductor del vehículo Spirit (de 15 años de edad). Máquina averiada del elevador y pasamanos lado izquierdo y aplanaduras de ruedas. Vía obstruida durante 55 minutos.
11	26/AGO/92 Miércoles	19H53M	Km. B-278.	Extra 8332 Sur.	Choque contra vehículo Shadow, placas UKA-5080.	Imprudencia del conductor del vehículo Shadow. Máquina 8331 resultó con placa frontal del lado derecho aplastada, escalón inferior del pasamanos derecho roto, aplanaduras en ruedas y barra interna del estribo rota. Obstrucción de vía por 1 hora y 12 minutos.
12	03/SEP/92 Jueves	13H20M	Km. B-246, patio Viborillas en vía del público ²³⁵ .	Extra 11020 Sur.	Tolva rodó y trilló cambio.	Tolva ICG-765831 con 73 toneladas de maíz, rodó y trilló cambio sur de vía pública.
13	21/SEP/92 Lunes	08H23M	Km. B-244.	Extra 8321 Norte, tren de trabajo.	Choque contra autobús de pasajeros Dina, Flecha Blanca, placas 56287.	Imprudencia del conductor del autobús. La máquina NM-8321 resultó con escaleras aplastadas y aplanaduras en ruedas. El carro-tanque NM-19085 resultó con dobladuras en su escalera y pasamanos del lado derecho. Obstrucción de vía por 9 horas y 15 minutos.

²³⁵ Se entiende por vías del público las destinadas a los usuarios para efectuar la carga y descarga de sus mercancías, así como la infraestructura, caminos, plataformas, estacionamientos y demás instalaciones necesarias para prestar el servicio. Referencia Reglamento del Servicio Ferroviario, op. cit., artículo 119.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
14	21/SEP/92 Lunes	20H00M Aprox.	Entre calle Felipe Ángeles y Los Alcanfores.	Tren de carga.	Hombre arrollado por el tren.	Un individuo ebrio, tuvo muerte instantánea al ser arrollado ²³⁶ .
15	22/SEP/92 Martes	06H53M	Km. B-225	Extra 8321 Norte, tren de trabajo.	Choque contra autobús de pasajeros Dina, placas 56430.	Imprudencia del conductor del autobús. La máquina 8321 resultó con estribo, pasamanos y andamio del lado derecho en su parte trasera averiados. La vía quedó libre a las 7 horas con 55 minutos.
16	03/OCT/92 Sábado	11H20M	Km. BQ-246, escape Pilgrims Pride, patio Querétaro.	Servicio de patio, máquina NM-7468.	Descarrilamiento.	Por riel suelto a paso de tren descarrilaron las tolvas TM-1428 y TM-721. Corrieron descarriladas 50 m.
17	03/OCT/92 Sábado	11H25M	Km. BQ-246, cola "Y", patio Querétaro.	Servicio de patio máquina NM-7468.	Descarrilamiento.	Por ceja delgada descarriló tolva ENOX-107562, corrió descarrilada 15 m. La vía quedó libre a las 14 horas 10 minutos.
18	06/OCT/92 Martes	08H30M	Km. A-188, entre postes 5 y 6, patio de San Juan del Río Carga.	Tren de trabajo, máquina NM-8301.	Descarrilamiento.	La máquina descarriló por falta de resistencia transversal de la vía, corrió descarrilada 5m. La vía quedó libre a las 10 horas y 25 minutos.
19	12/OCT/92 Lunes	12H30M	Km. A-186, escape Kimberly Clarck, patio San Juan del Río Carga.	Servicio de patio. máquina NM-8310.	Descarrilamiento.	La máquina 8310 descarriló.

²³⁶ Fuente, periódico Noticias de los días 22 y 23 de septiembre de 1992, p. 1-B, en ambos.

TABLA E. (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
20	15/OCT/92 Jueves	13H30M	Km. BQ-246, Zona Industrial, patio Querétaro.	Servicio de patio, máquina NM-7468.	Descarrilamiento.	Máquina 7468 descarriló del lado izquierdo, al igual que la tolva ANAX-3148, por falta de resistencia transversal. Corrieron descarriladas 98 m.
21	23/ENE/93 Sábado	17H35M	Km. B-203, poste 9, entre Mercader y Bernal.	Extra 13096 Norte.	Descarrilamiento.	<i>Golpe de vía</i> ²³⁷ , una tolva vacía corrió descarrilada 300 m.
22	25/MAR/93 Jueves	00H21M	km. BQ-237, entre La Griega y Hércules.	Extra 13101 y 13103, equipo No. 5.	Choque contra auto-armón.	Falta de protección del motor de vía (auto-armón) V-9915 sobre la vía. En el choque el auto-armón quedó atorado en la máquina y se incendió.
23	02/ABR/93 Viernes	13H15M	Km. BQ-246, patio Querétaro, escape particular Industria Astral.	Servicio de patio Máquina 7468.	Descarrilamiento.	Descuido de tripulación. La máquina de patio al intentar enganchar carro falló, por lo que éste corrió provocando el descarrilamiento del furgón NM-102754, cargado con refrigeradores.
24	01/MAY/93 Sábado	02H50M	Km. BQ-212, patio Ahorcado.	Extra 14582 y 14595.	Descarrilamiento.	Al entrar tren al escape del Ahorcado, se rompió talón de aguja que une a la vía No. 1, al paso del tren (a 10 km/h). Se descarrilaron los furgones R.BOX-34270, 39247, 39358 y CSTX-123344.

²³⁷ Esta es una palabra del argot de los ferrocarrileros. El *golpe de vía* se presenta cuando las ruedas del equipo rodante pasan por la unión de dos rieles, y uno de estos tiene un desgaste mayor que el del otro, por lo que se forma un escalón.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
25	16/MAY/93 Domingo	17H43M	Km. AQ-246, cruce a nivel en calle Felipe Ángeles.	Extra 11155 y 11080 Norte.	Choque contra tractocamión Kenworth, placas 822TZZ, propiedad de Lácteos y Derivados de Querétaro S.A. de C.V.,	Imprudencia del chofer al aproximarse al cruce. La máquina 11155 resultó averiada en su pasamanos y faldón ²³⁸ . Obstrucción de la vía por 3 horas y 55 minutos
26	22/MAY/93 Sábado	15H45M	Km. BQ-246, patio Querétaro.	Extra 11046 y 11048.	Rozamiento.	Descuido de la tripulación por no asegurar dos carros cargados.
27	15/JUN/93 Martes	21H58M	Km. B-202, entre los postes 13 y 14, entre Bernal y Mercader.	Rap. B-26-B	Descarrilamiento.	Corrimiento de carga, por lo que se descarrilaron los furgones CR-208166, 208107, 208069 y 231674.
28	20/JUN/93 Domingo	23H20M	Km. A-191, patio de San Juan del Río Carga.	Máquina 8783.	Descarrilamiento.	Personal ajeno a FNM, levantó la leva de cambio al entrar la máquina 8783 al peine del patio entre las vías 1 y 2, por lo que ésta se descarriló.
29	26/SEP/93 Domingo	19H10M	Km. A-191, patio San Juan del Río Carga.	Máquinas 3714 y 8758.	Descarrilamiento.	Al internarse máquinas 3714 y 8758 a la vía de fosa y al parar sobre el cambio de vía, se rompió aguja izquierda al paso del tren.

²³⁸ La caja del tractocamión, que transportaba leche, fue destruida por el paso del tren. No hubo víctimas, pero los daños materiales fueron cuantiosos debido a que gran cantidad de leche se echó a perder. Fuente, periódico Noticias del día 17 de mayo de 1993, p. 1-B.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
30	03/OCT/93 Domingo	12H15M	Km. A-187, entre San Juan del Río Carga y San Juan del Río Pasajeros.	Extra 6734 Sur. Servicio de patio.	Choque contra camioneta Ford modelo 79, placas MIV-629	Imprudencia del chofer, de la camioneta, al aproximarse al crucero a nivel en la carretera a Tequisquiapan. Durante el choque la camioneta fue arrastrada 30 m. ²³⁹ . Ver Figura E.1. La locomotora resultó con pasamanos y estribo averiados.
31	13/OCT/93 Miércoles	12H55M	Km. B-244, poste 9, en crucero a nivel con la carretera Querétaro-Ezequiel Montes.	No. 13., de pasajeros. El tren estaba compuesto de solamente una locomotora y el vagón NM-4898.	Choque contra auto-tanque, placas SS 42594, marca Dina, modelo 1981, que transportaba 10,000 litros de diesel.	Imprudencia del chofer del auto-tanque, el cual resultó muerto al igual que su acompañante. El auto-tanque se impactó en el lado izquierdo del tren descarrilándolo ²⁴⁰ .
32	17/DIC/93 Viernes	12H35M	B-271, vía industrial Benito Juárez.	Servicio de patio, máquina 7420.	Descarrilamiento.	Vía obstruida por piedras al paso del tren en el crucero el Capulín de la zona industrial, se descarriló tolva ENDX 5087 cargada con arena sílica. Corrió descarrilada 10 metros.

²³⁹ La camioneta, después del fuerte impacto, quedó finalmente a un lado del crucero, sus cuatro ocupantes resultaron con fracturas no mortales en maxilares, clavícula y pelvis. Fuente, periódico Noticias del día 4 de octubre de 1993, p. 1-B.

²⁴⁰ Al aproximarse al crucero el maquinista del tren hizo sonar los silbatos de la locomotora por lo que los vehículos que circulaban en ambos sentidos de la carretera se detuvieron, sin embargo, el auto-tanque se salió de la fila y empezó a rebasar a los carros estacionados acelerando al máximo, intentando ganarle el paso al tren. Desafortunadamente, no logró su propósito dado que chocó contra el tren, por lo que murieron al instante el chofer del auto-tanque y su acompañante. El auto-tanque fue arrastrado más de 150 metros por lo que resultó totalmente destruido y todo su contenido de diesel fue derramado, sin que, afortunadamente explotara. Sorprendentemente, los 75 pasajeros del tren no resultaron lesionados. La locomotora y su único vagón se descarrilaron abriendo los rieles y poco faltó para que se volcaran, ya que quedaron inclinados. Fuente, periódico Noticias del día 14 de octubre de 1993, pp. 1-B y 3-B.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
33	09/ENE/94 Domingo	10H10M	Km. BQ-246, patio Querétaro.	Carros de ferrocarril NM-5515, 4387, 5630 y 5600.	Rozamiento y descarrilamiento.	Personal ajeno a FNM, aflojó los frenos de mano de los carros y retiró cuñas de aseguramiento, deslizándose los carros rumbo al norte provocando rozamiento con carro NM-144291.
34	29/ENE/94 Sábado	00H25M	Km. BQ-246, patio Querétaro cruce calle de Invierno.	Extra 13102 Norte, con equipo de tren No. 5.	Choque contra vehículo Datsun, modelo 79, placas UKC-8081.	Imprudencia del chofer del vehículo Datsun que se atravesó intempestivamente al paso del tren. No hubo daños a equipo y vía.
35	29/ENE/94 Sábado	12H20M	Km. B-271, vía en la zona industrial Benito Juárez, Acceso IV.	Servicio de patio, máquina 7420.	Choque contra vehículo Volkswagen sedán, placas UKL-4861.	Imprudencia del conductor del vehículo Volkswagen que se atravesó intempestivamente al paso del tren. El automóvil resultó severamente dañado ²⁴¹ . Ver Figura E.2.
36	29/ENE/94 Sábado	20H30M	Km. BQ-204, poste 14, entre San Juan del Río Pasajeros y el Ahorcado.	Máquina sola 8704.	Choque contra auto-armón B-130, de la sección AQ-1.	Falta de protección del auto-armón.
37	04/FEB/94 Viernes	11H48M	Km. BQ-184, patio San Juan del Río Pasajeros.	Tren de trabajo máquina 8752 y servicio de patio máquina 8706.	Choque de trenes.	Descuido de la tripulación de la máquina 8706, que empujando furgón NM-110999 y plataforma NM-144430 vacía, chocaron contra máquina 8752 estacionada en el patio esperando orden de trabajo.

²⁴¹ El conductor del automóvil desoyó los señalamientos del maquinista, aunque logró salvar la vida. Fuente, periódico Noticias del día 30 de enero de 1994, p. 1-B.



Fuente: periódico Noticias del día 4 de octubre de 1993, p. 1-B.

Figura E.1. Camioneta dañada al chocar contra el tren Extra 6734 Sur (accidente No. 30).



Fuente: periódico Noticias del día 30 de enero de 1994, p. 1-B.

Figura E.2. Vehículo dañado durante un choque, en cruceo a nivel (accidente No. 35).

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
38	02/MAR/94 Miércoles	20H25M	Km. BQ-245, patio Querétaro.	Servicio de patio, máquina 7420.	Descarrilamiento.	Al estar haciendo maniobras, la máquina 7420 descarriló completamente por <i>cuatrapeo</i> ²⁴² de las agujas en el juego de cambio.
39	20/MAR/94 Domingo	17H35M	Km. BQ-184, San Juan del Río Pasajeros.	Directo Irapuato, máquinas 6727, 6721 y 6709.	Incendio.	Dos góndolas (NM-115130 y 86244) cargadas con azufre y con destino a la empresa Agrogen S.A de C.V., se incendiaron. Los bomberos de San Juan del Río sofocaron el fuego ²⁴³ .
40	22/MAR/94 Martes	15H22M	Km. BC-40, entre Chichimequillas y Puerto Carozas.	Extra 14093, 14553 y 14561. Norte Rápido B43.	Descarrilamiento.	<i>Via chicoteada</i> ²⁴⁴ al paso del tren, diecisiete unidades resultaron dañadas.
41	22/MAR/94 Martes	17H00M Aprox.	Patios de la aduana interior de Querétaro. Entre la Colonia Santa Mónica y la nueva aduana.	-----	Incendio en góndola.	Fuego en una góndola cargada con durmientes impregnados de aceite. Los bomberos en pocos minutos lograron acabar con el fuego, no hubo pérdidas humanas o lesionados ²⁴⁵ .

²⁴² Palabra del argot de los ferrocarrileros. El *cuatrapeo*, significa una falla por desajuste y/o desgaste de las agujas de los juegos de cambio.

²⁴³ El incendio en azufre crudo, se puede sofocar fácilmente con agua o incluso con el mismo azufre usando palas. Para más detalles ver "Hoja de emergencia en transportación", en el Anexo B, obsérvese que esta hoja es precisamente la usada por la empresa Agrogen S.A. de C.V. para el transporte de azufre crudo por medio de Ferrocarriles Nacionales de México.

²⁴⁴ Palabra del argot de los ferrocarrileros. Una *via chicoteada* significa una vía abierta en forma ondulada, es decir una vía que a partir de un escantillón dentro de los límites de tolerancia, aumenta esta dimensión más allá de lo permitido en forma paulatina, y después regresa a su dimensión original.

²⁴⁵ No hubo necesidad de desenganchar el furgón, pues los bomberos en pocos minutos lograron acabar con el fuego. Se manejó como hipótesis que el frotamiento de los durmientes impregnados de aceite, llega a producir fuego en estos. El movimiento propio de los trenes en marcha produce dicho frotamiento en forma continua. Fuente, periódico Diario de Querétaro, del día 23 de marzo de 1994, p. 5-B.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
42	15/ABR/94 Viernes	15H15M	Km. BQ-259, poste 3, entre Querétaro y Fertimex.	Extra 11103 y 11119. Norte Rápido NY-29.	Descarrilamiento.	Góndola NM-93393 descarriló debido a un muñón degollado.
43	26/ABR/94 Martes	12H20M	Km. B-271, vía Industrial Benito Juárez.	Servicio de patio, máquina 7420.	Descarrilamiento.	Por aguja de cambio baja, en vía particular de empresa Astral. Descarrilaron los furgones NM-101733 y 105153.
44	27/ABR/94 Miércoles	13H00M	Km. AQ-246, vía del público, patio Querétaro.	Servicio de patio, máquina 7420.	Volcadura.	Al moverse máquina 7420 para pasar de la vía del público a la vía de la rampa, se provocó la volcadura de la plataforma TTZX-85038, la cual se estaba descargando inadecuadamente. Falleció en el lugar del accidente un garrotero de FNM ²⁴⁶ . Ver Figuras E.3. a E.6.
45	28/ABR/94 Jueves	04H00M	Km. BQ-246, poste 25 de catenaria , patio de Querétaro.	Extra 6713 y 6718 Norte Rápido. GA-53.	Rozamiento.	Al estar pasando tren extra por la vía del ladero BQ la máquina 11112 con cabús NM-43479 se deslizó al paso del tren ocasionando rozamiento, pegándole a góndola NM-55943. Ver Figuras E.7. y E.8.

²⁴⁶ La plataforma de ferrocarril, cargada con alrededor de 40 toneladas de tablas de madera, le cayó encima a un trabajador de FNM el cual murió instantáneamente en las instalaciones de carga del ferrocarril. Esto se debió a la descarga inadecuada de la madera, ya que la plataforma indica mediante un dibujo (y mediante texto escrito en idioma inglés) que la descarga se debe efectuar en forma uniforme (ver Figura E.6.), es decir manteniendo aproximadamente el mismo nivel de la carga en cada lado de la plataforma, durante su carga y descarga. Sin embargo, la descarga de la plataforma se realizaba inicialmente en un sólo lado, por lo que se generó un momento de torsión que volcó la plataforma. Fuente, periódico Noticias del día 28 de abril de 1994, p. 3-B., con comentarios del autor.



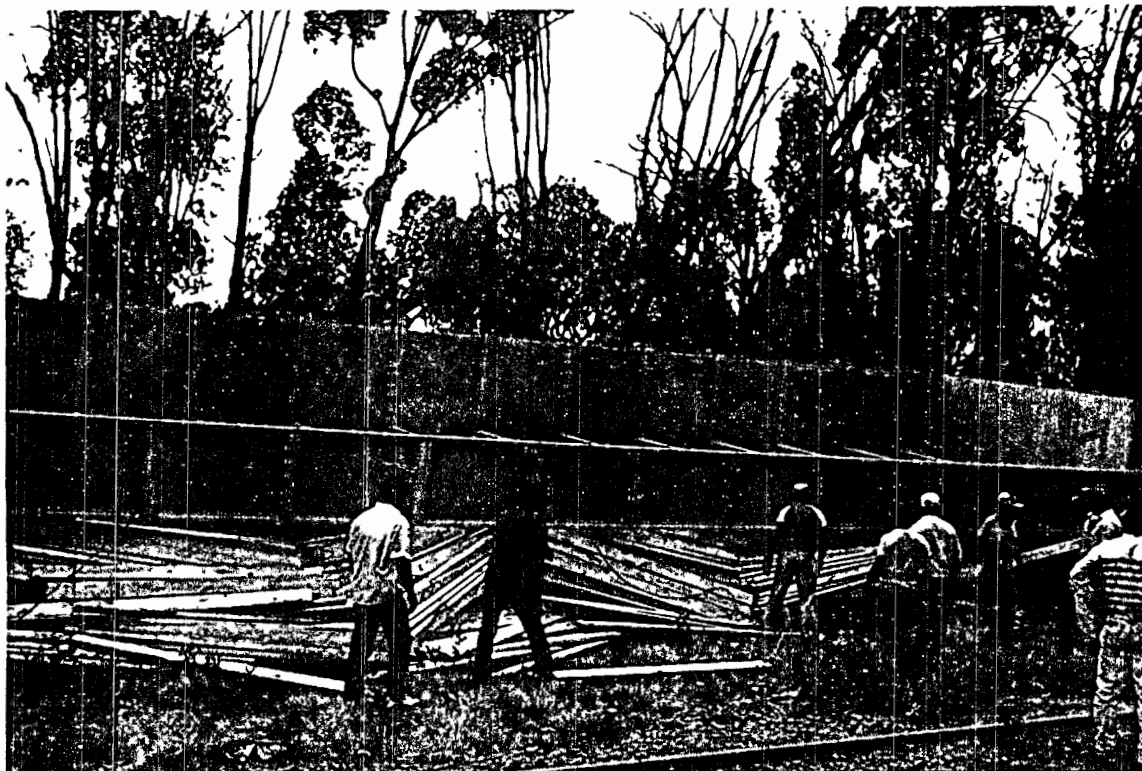
Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.3. Volcadura de la plataforma TTZX-85038 (accidente No. 44).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.4. Otro aspecto de la plataforma volcada.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.5. Plataforma volcada con 40 toneladas de tablas de madera (accidente No. 44).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.6. Obsérvese el mensaje en la plataforma volcada (en idioma inglés), que recomienda tener precaución para evitar accidentes por volcamiento.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.7. Rozamiento en la góndola NM-55943 (accidente No. 45).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

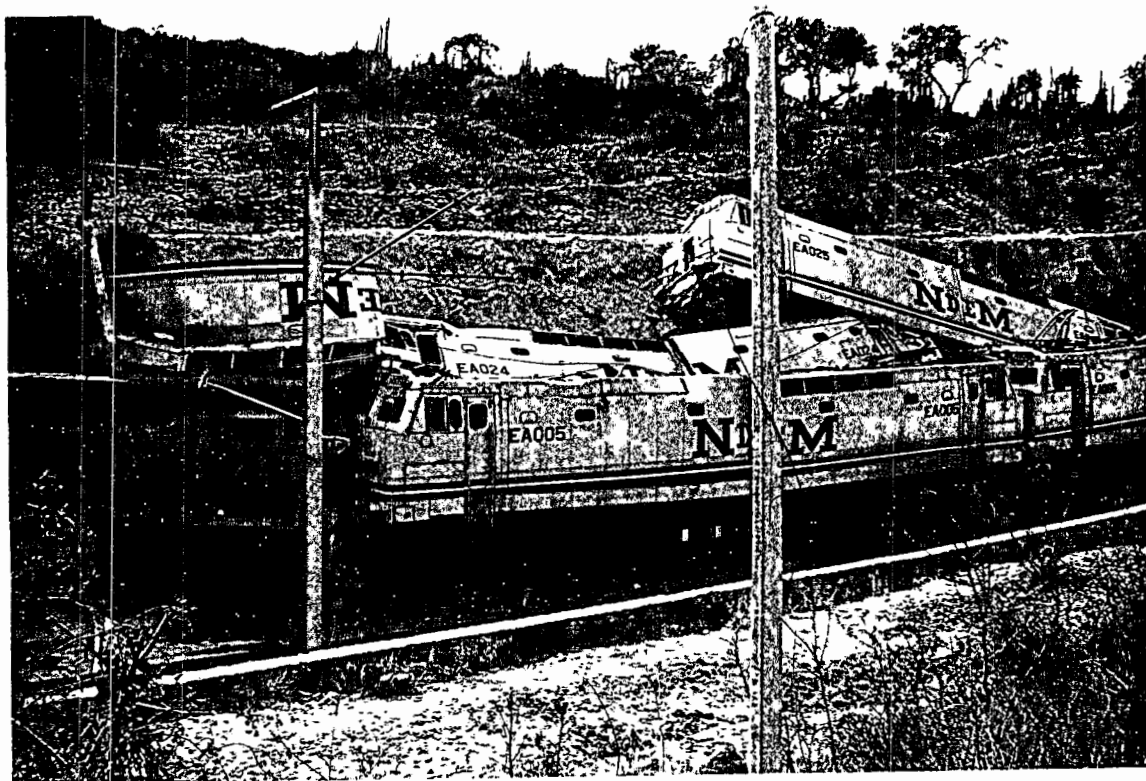
Figura E.8. Otro aspecto del rozamiento en la góndola.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
46	08/MAY/94 Domingo	12H00M Aprox.	Periferia de la ciudad de San Juan del Río (BQ-184).	Máquinas 6721 y 6748.	Incendio en 14 góndolas con azufre.	No hubo heridos aunque sí varios intoxicados ²⁴⁷ .
47	12/MAY/94 Jueves	02H38M	Km. BQ-236, entre postes 5 y 7 de catenaria.	Extra 6793-6747 Norte con máquinas eléctricas EA-024 y 025; y Extra 6753-6717 Sur con máquinas eléctricas EA-005 y 006.	Choque de trenes.	Por incumplimiento de Boleta CTC-2, No. 12 por parte de la tripulación Extra 6793-6747 Norte que la autorizaba a pasar señal D-59-2 operando cambios y pasar a línea AQ hasta el km. AQ-244 ²⁴⁸ . Ver Figuras E.9. a E.14.

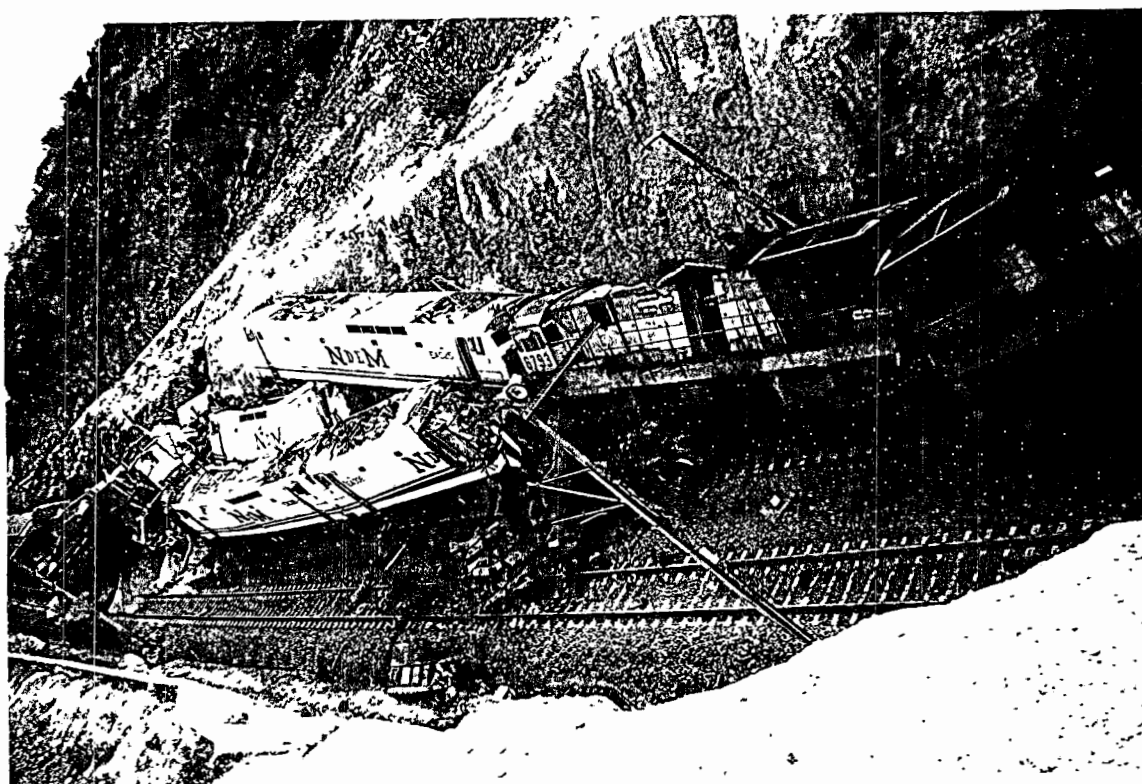
²⁴⁷El incendio fue controlado por los bomberos. Las máquinas 6721 y 6748 jalaban las catorce góndolas cargadas con aproximadamente 55 toneladas de azufre cada una. Dado que cada góndola tiene 18 metros de largo, los bomberos tuvieron que sofocar el fuego en un tramo de más de 250 metros de longitud. Para controlar la situación primero tuvieron que enfriar las góndolas y después subir a ellas para arrojar agua desde arriba, a pesar de que trabajaron con tanques de oxígeno, algunos sufrieron intoxicaciones. El principal riesgo de este accidente fue que el escenario de este incendio estaba rodeado de casas habitación. Fuente, periódico Diario de Querétaro del día 9 de mayo de 1994, p. 6-B.

²⁴⁸ El choque frontal entre los dos trenes de carga se debió a un error humano, en la doble vía electrificada, a la altura de los Socabones en la Cañada. El saldo fue de cinco personas muertas y diez lesionadas, todas ellas formaban parte de la tripulación de los trenes. La muerte de estos trabajadores (un ayudante de superintendente y cuatro maquinistas) fue instantánea ya que casi todos presentaban traumatismo craneoencefálico, además de amputación de extremidades superiores e inferiores y todos con múltiples fracturas en todas las extremidades, contusiones en tórax y abdomen y estallamiento de vísceras. De los diez lesionados, siete fueron hospitalizados y tres fueron atendidos en el lugar del accidente. Además, hubo grandes pérdidas materiales debido a la destrucción de seis locomotoras (dos diesel y cuatro eléctricas, prácticamente nuevas), trece carros de ferrocarril se convirtieron en chatarra y también se tuvieron daños en las vías y el electrificado. El tren que iba del Distrito Federal a Guadalajara con 42 vagones presentó nueve vagones descarrilados y dañados (algunos inservibles), transportaba durmientes, diferentes granos y otros productos y dos carros-tanque con 76,000 litros de óxido de etileno cada uno (producto altamente corrosivo), los cuales resultaron intactos porque precisamente por seguridad dichos carros van arrastrados al final de los convoyes, estos fueron los primeros en ser retirados del lugar debido a su peligrosidad. El tren que iba en el otro sentido (de Querétaro hacia el Distrito Federal), estaba formado por 75 vagones cargados con sorgo. El cual quedó derramado en grandes cantidades junto a la vía electrificada. Cabe señalar que no se suspendió la circulación de trenes por la entidad, para ello el gerente regional de FNM, explicó que los 20 a 24 convoyes que atraviesan diariamente territorio queretano, fueron desviados a una vía alterna. Finalmente, hay que indicar que un factor cooperante adicional que contribuyó a no poder evitar el choque, fue que las nuevas máquinas eléctricas son más silenciosas y no pueden frenar en corto. Fuentes: periódicos Noticias, p. 1-B y Diario de Querétaro, pp. 4 y 5-B, del día 13 de mayo de 1994.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.9. Choque de trenes en el kilómetro BQ-236 (accidente No. 47).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.10. Observe los daños en el equipo tractivo.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.11. Equipo tractivo y de arrastre dañado durante el accidente No. 47.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.12. Grúa W-250 removiendo el equipo dañado después del choque de trenes.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.13. Parte del equipo de arrastre dañado por el choque de trenes (accidente No. 47).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.14. Derrame de la carga transportada (granos).

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
48	28/JUN/94 Martes	14H15M	Km. BC-38, entre Puerto Carozas y Chichimequillas.	Extra 13088 - U.P. 3415 - 3440 Norte.	Choque contra auto-armón.	Auto-armón con personal de vía haciendo reparaciones, sin protección.
49	13/JUL/94 Miércoles	13H50M	Km. B-271, vía Industrial Benito Juárez.	Servicio de patio, máquina 7442.	Descarrilamiento.	Al estar circulando por vía particular de la empresa Astral, se descarriló furgón NM-110162 debido a <i>truck</i> rígido.
50	22/JUL/94 Viernes	19H30M	Km. B-264, vía de operaciones industriales.	Servicio de patio, máquina 7442.	Descarrilamiento.	Por ceja delgada y aguja desgastada de cambio de vía particular, de compañía Pilgrim's Pride. Furgones ENDX-44304 y NM-91198 descarrilados.
51	23/JUL/94 Sábado	09H15M	Km. A-185, poste 12, patio de San Juan del Río Carga.	Servicio de patio Máquina 8321.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren, descarrilando máquina del lado derecho y furgón SP-240066 y tanque CHUX-280926 descarrilados totalmente.
52	01/AGO/94 Lunes	22H40M	Km. A-186, entre postes 1 y 2, del patio de San Juan del Río Pasajeros.	Extra Norte 8324-11123. Tren de trabajo.	Descarrilamiento.	Por falta de candado de seguridad en el cambio de vía, al paso del tren se levantó la leva de dicho cambio <i>cuatrapeandose</i> las agujas, lo que originó que se descarrilaran la máquina 11123 y el cabús NM-123038.

TABLA E (continuación).

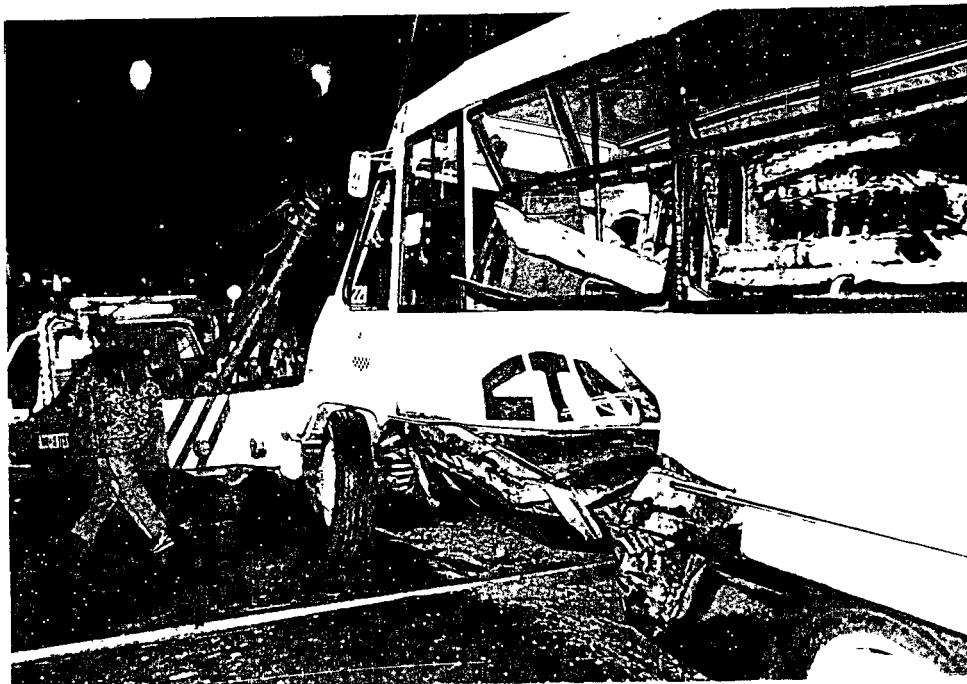
No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
53	04/AGO/94 Jueves	00H25M	Km. BQ-246, patio Querétaro.	No. 7, máquina 9223.	Arrollamiento.	Una persona no identificada fue alcanzada por el tren. Después del accidente la víctima quedó con vida y recibió atención médica por parte de la Cruz Roja local.
54	16/AGO/94 Martes	02H55M	Km. BQ-246, patio Querétaro.	Extra 14559-11038.	Descarrilamiento.	Por descuido del garrotero delantero, al no quitar el descarrilador. La máquina 11038 resultó descarrilada totalmente.
55	22/AGO/94 Lunes	15H45M	Km. B-271, vía Industrial Benito Juárez.	Servicio de patio, máquina 7442.	Descarrilamiento.	Al hacer movimientos para salir de la vía particular de la empresa Astral, una rueda del furgón NM-103216 brindó una zapata que había caído sobre el riel, descarrilándolo.
56	01/SEP/94 Jueves	02H45M	Km. BQ-207, entre postes 1 y 3; conexión San Juan del Río Carga y Ahorcado.	Extra UP-3229-2409 Norte.	Ruptura de rueda.	A una velocidad de aproximadamente 40 km/h. se rompió la rueda No. 3 del lado derecho del furgón NM-111048, no se descarriló la unidad.
57	04/SEP/94 Domingo	02H00M	Km. AQ-243, entre postes 8 y 10 de catenaria, entre Querétaro y La Griega.	Extra EA-009-0035 Sur Directo México.	Descarrilamiento.	El furgón NM-91593 que tenía como destino a Pantaco y cargado con trigo, corrió descarrilado debido a una rueda rota por ensamble defectuoso.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
58	06/OCT/94 Jueves	19H00M	Km. AQ-246, patio Querétaro, cruce a nivel con la calle Invierno.	Servicio de patio máquina 11118.	Choque contra autobús de servicio público de pasajeros, placas 560854T.	Al ir pasando máquina de ferrocarril sobre cruce a nivel en la calle Invierno, se atravesó imprudentemente un microbús con pasajeros, no hubo daños al equipo ferroviario pero sí en el microbús y además resultaron tres personas heridas ²⁴⁹ . Ver Figuras E.15. y E.16.
59	14/OCT/94 Viernes	06H39M	Km. B-257, entre La Griega y La Cañada.	Extra 11020 y 11023.	Ruptura de la manguera de la línea del tren.	Furgón OTX-74191, fue reparado inmediatamente.
60	14/OCT/94 Viernes	11H35M	Km. B-202, entre Bernal y Mercader.	Extra 14590, 11145 y 14069 Sur.	Descarrilamiento.	<i>Riel virado</i> ²⁵⁰ al paso del tren, las tres máquinas resultaron descarriladas al igual que cinco unidades de arrastre.
61	04/DIC/94 Domingo	02H17M	Km. B-198, en el poste cinco, entre Bernal y Mercader.	Extra 15028 y 13091 Sur.	Descarrilamiento.	Riel roto al paso del tren. La máquina 15028 descarriló y la 13901 resultó semivolcada. Además siete unidades de arrastre resultaron volcadas y descarriladas. Ver Figuras E.17. y E.18.

²⁴⁹ El saldo que se registró al chocar la máquina de ferrocarril con el microbús fue de tres personas heridas, dos de ellas de consideración, por lo que fueron hospitalizadas. El conductor del microbús, quien por cierto resultó ileso, no logró esquivar el paso del tren, por lo que éste se impactó en el costado izquierdo de la pequeña unidad, volcándola y arrastrándola a lo largo de 20 metros. El microbús involucrado en este percance pertenecía a la ruta ocho con dirección Central-Santa Catarina. Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 7 de octubre de 1994, p. 5-B. Más tarde, a las 23:00 horas del día del accidente, fue informado que las dos personas hospitalizadas se encontraban en observación, sin fracturas y solamente con contusiones, por lo que fueron dadas de alta en la mañana del día siguiente. Fuente: Unidad Estatal de Protección Civil, Coordinación de Emergencias, Reporte de Llamada No. 185, pp. 1 y 2.

²⁵⁰ Palabra del argot de los ferrocarrileros. El *riel virado* es aquel que se presenta cuando el escantillón de la vía disminuye más allá de los límites permitidos.



Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 7 de octubre de 1994, p. 5-B.

Figura E.15. Microbús dañado durante un choque en cruce ferroviario (accidente No. 58).



Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 7 de octubre de 1994, p. 5-B.

Figura E.16. Interior del microbús de pasajeros dañado.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.17. Descarrilamiento de un tren en el kilómetro B-198 (accidente No. 61).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.18. Otro aspecto del descarrilamiento.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
62	04/ENE/95 Miércoles	15H10M	Km. B-206, entre los postes once y doce, entre San Nicolás y Bernal.	Extra 15011, 15006 y 14063 Sur.	Descarrilamiento.	Por haberse salido el perno de la cuña del acoplador del cabús NM-44092.
63	12/ENE/95 Jueves	14H30M	Km. B-270, entre Querétaro y Mariscalá.	Servicio de patio, máquina 8233.	Descarrilamiento.	Cambio <i>cuatrapeado</i> al paso del tren, descarrilándose tres unidades vacías: SOU-528820, SOU-523456 y CP-204639. Tanto la vía como las unidades no resultaron dañadas.
64	02/FEB/95 Jueves	16H35M	Km. A-187, entre postes once y doce, entre San Juan del Río Carga y San Juan del Río Pasajeros.	Servicio de patio, máquina 8330.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren. Se descarriló rueda derecha (No. 3) del "truck" No. 1 de la máquina.
65	26/FEB/95 Domingo	21H45M	Km. BQ-246, en la vía de coches del patio Querétaro.	Máquina sola 11077.	Descarrilamiento.	La máquina 11077 se deslizó debido a que no fue asegurada debidamente.
66	24/MAY/95 Miércoles	20H50M	Km. AL 0+230, entre San Juan del Río Carga y San Nicolás.	Tren de trabajo Pachuca, máquina 8321.	Descarrilamiento.	Descarriló la máquina por estar el cambio desajustado y las agujas despuntadas.
67	28/MAY/95 Domingo	19H20M	Km. BQ-241, entre postes seis y ocho de catenaria.	Extra 6701 y 6774 Norte.	Descarrilamiento.	La máquina 6701, corrió descarrilada 200 metros por deslave de tierra y piedra sobre la vía.
68	29/MAY/95 Lunes	06H05M	Km. AQ-206, entre San Juan del Río y Ahorcado.	Extra EA-023 y 022.	Pantógrafo dañado.	Caída de tensión de catenaria Km. AQ-210 al AQ-207.
69	22/JUL/95 Sábado	11H35M	Km. A-190, patio de San Juan del Río Carga.	Máquina 8310, de servicio de patio.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren. Se descarrilaron: la máquina 8310 y los tanques UTLI-67847 y GATX-56684.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
70	01/AGO/95 Martes	12H00M	Km. A-187, entre San Juan del Río Pasajeros y San Juan del Río Carga.	Servicio de patio, máquina GA-4176.	Descarrilamiento.	La máquina descarriló en la vía de la empresa Kimberly Clark de México. La vía se abrió al paso del tren debido a un durmiente podrido.
71	01/AGO/95 Martes	07H21M	Km. AQ-184, entre San Juan del Río Pasajeros y Ahorcado.	Extra EA-003 y 001.	Descarrilamiento.	Aguja abierta al paso del tren, la máquina EA-003 corrió descarrilada.
72	11/AGO/95 Viernes	07H22M	Km. BQ-234, entre los postes 37 y 39 de catenaria, en el tramo Querétaro-La Griega.	Extra EA-007 y 008 Norte y Extra 13009 Sur.	Choque de trenes.	Incumplimiento de ordenes de tren por parte del conductor y maquinista del Extra 13009 y autorización indebida por parte del despachador en turno. Como consecuencia del choque resultaron dos muertos, siete heridos y pérdidas por alrededor de ocho millones de dólares ²⁵¹ . Ver Figuras E.19. a E.22.

²⁵¹ El choque frontal de trenes fue en la ruta México-Querétaro, en una curva encañada y a una velocidad de entre 70 y 80 kilómetros por hora. Uno de los trenes, el tren extra EA-007-008 Norte Directo que iba de México hacia Juárez, estaba formado por dos máquinas eléctricas, que jalaban 40 carros de ferrocarril; y el otro, el extra 13009 Sur, estaba formado por una locomotora diesel y seis carros. El impacto de la colisión fue tan fuerte que las dos máquinas eléctricas quedaron sobre la diesel, por lo que ésta quedó totalmente destruida. Como resultado de este accidente se tuvieron pérdidas materiales cercanas a los 8 millones de dólares (cada máquina eléctrica cuesta 3 millones de dólares; y una máquina diesel cuesta aproximadamente 1.5 millones de dólares). En cuanto a lesionados y pérdidas humanas, hubo dos muertos (el maquinista y su ayudante, del tren extra 13009) y siete heridos, cuatro de ellos graves, de ambas tripulaciones. Fuente, periódico Diario de Querétaro del día 12 de agosto de 1995, pp. 1-G y 4-G.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.19. Choque de trenes en el kilómetro BQ-234 (accidente No. 72).



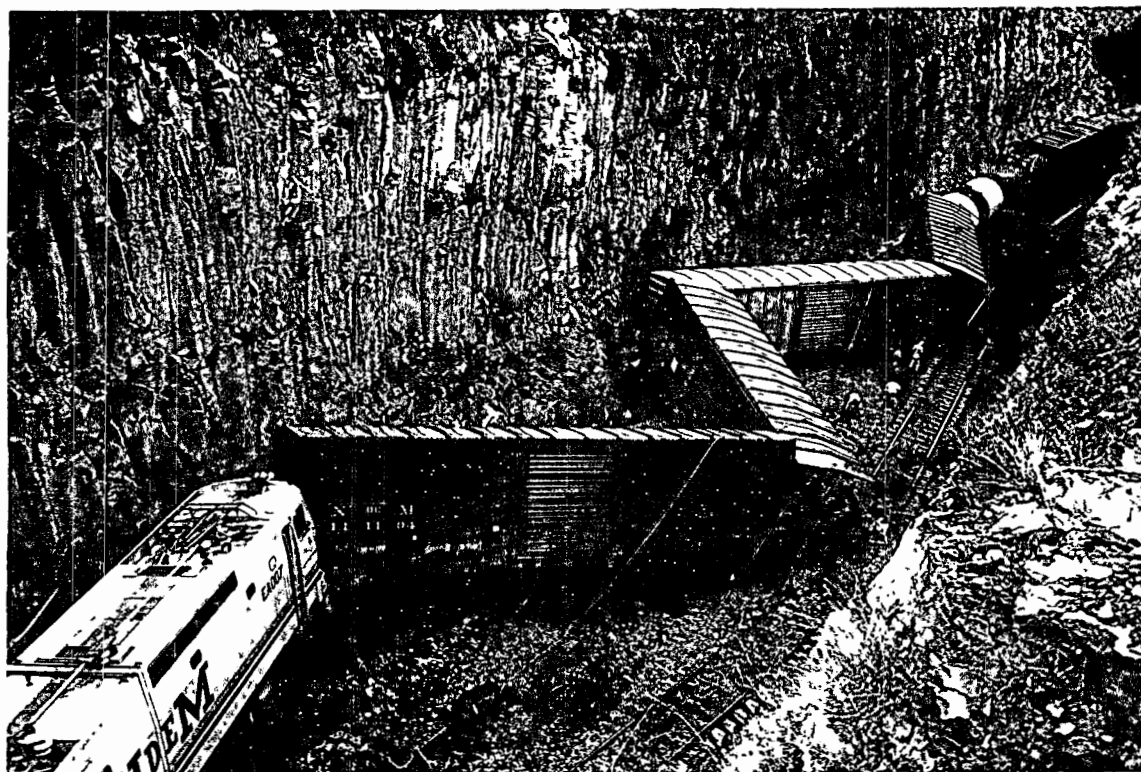
Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.20. Parte del equipo tractivo dañado por el choque de trenes.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.21. El choque de trenes se presentó en una curva encañada (accidente No. 72).

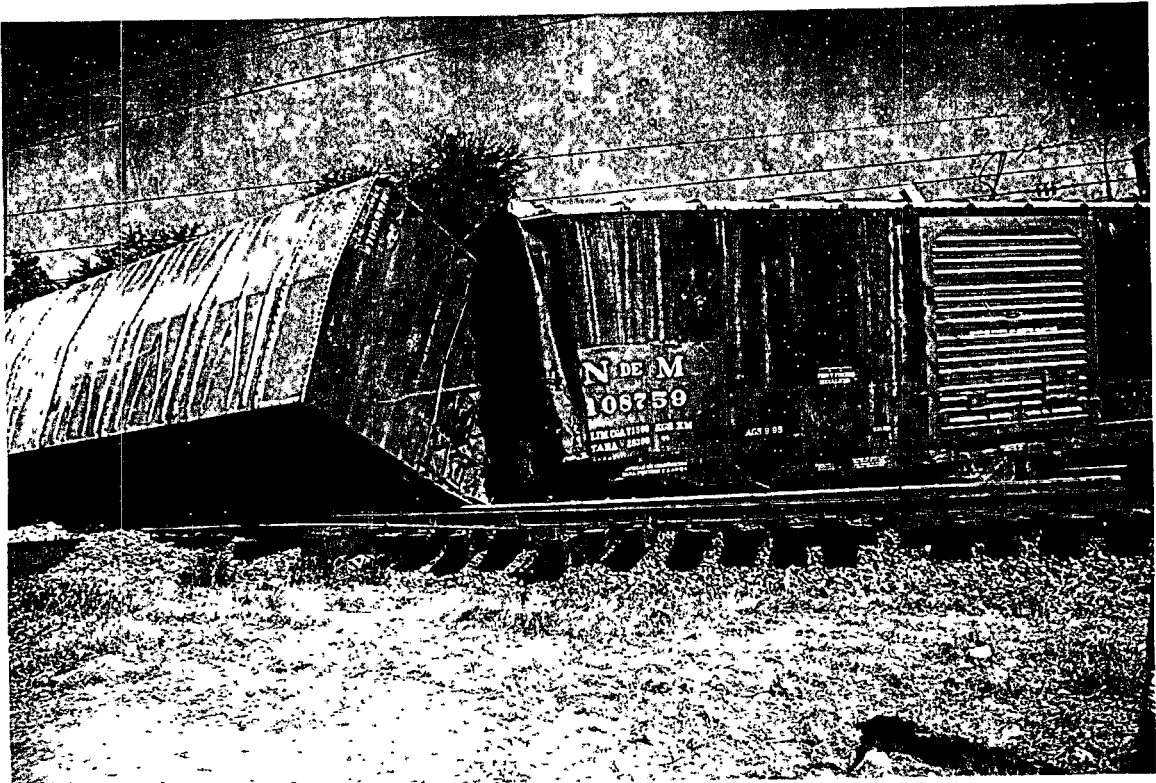


Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.22. Obsérvese también el daño en la infraestructura.

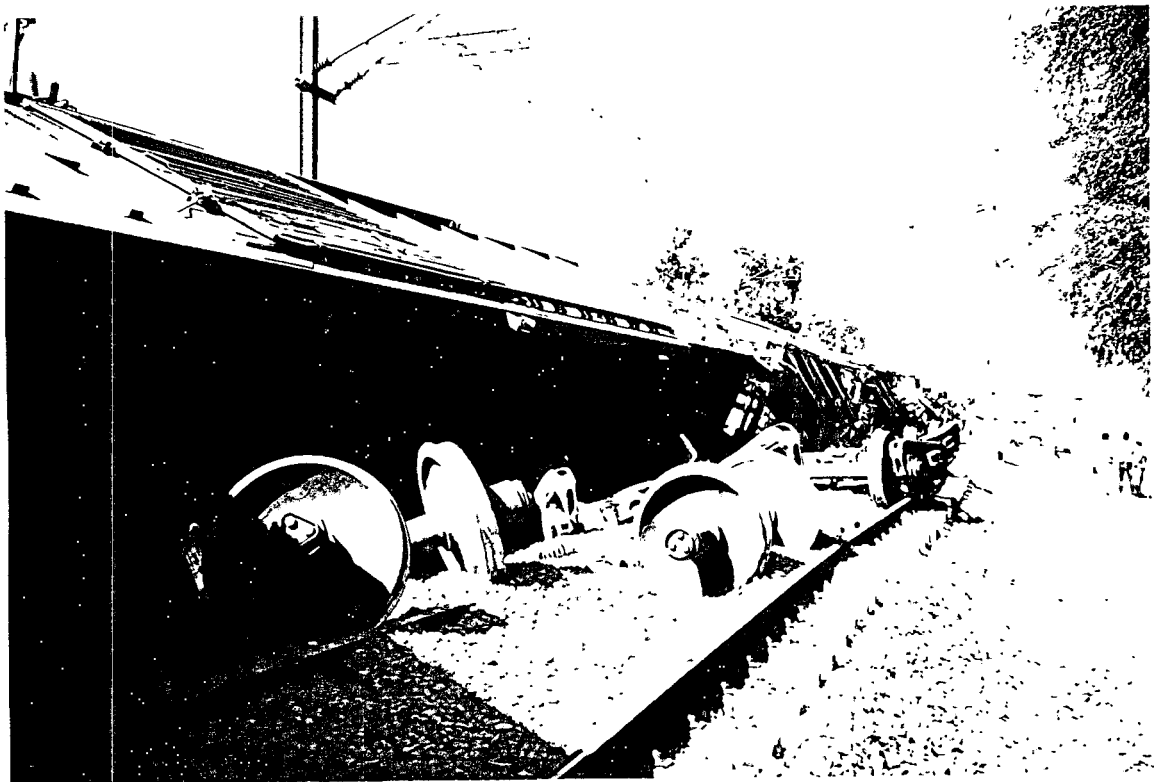
TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
73	28/OCT/95 Sábado	05H50M	Km. Morelos-244, poste veintiuno de carros del patio Querétaro.	Servicio de patio, máquina 7466.	Descarrilamiento.	La máquina 6733 estacionada en punta sur de vía de carros se deslizó y empujó al carro NM-3553, el cual se enganchó con la máquina 7466 descarrilándola. Lo anterior se suscitó por no haber asegurado debidamente la unidad.
74	31/OCT/95 Martes	06H35M	Km. Juárez-166, entre Palmillas y Polotitlán.	Extra EA-025-027 Sur.	Descarrilamiento.	Cambio <i>cuatrapeado</i> al paso del tren, descarrilándose tolva TLCX-31737 y furgón NM-107523.
75	01/NOV/95 Miércoles	15H45M	Km. Morelos-212, patio Ahorcado.	Extra EA-001-027-026 Sur.	Descarrilamiento.	<i>Truck</i> rígido de la máquina EA-027 y vía con baja resistencia transversal.
76	22/NOV/95 Miércoles	20H10M	Km. A-187, entre San Juan del Río Pasajeros y San Juan del Río Carga.	Extra 9115 Norte.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren y sin mantenimiento.
77	01/DIC/95 Viernes	10H25M	Km. Morelos-246, patio Querétaro Carga, ladero Morelos.	Servicio de patio, máquina 9808.	Descarrilamiento.	Cambio <i>cuatrapeado</i> al paso del tren, descarrilándose carros ACFX-56235 y ACFX-55767. La máquina 9808 resultó con rozamiento del lado derecho en su parte inferior.
78	29/DIC/95 Viernes	07H27M	Km. Morelos-203, entre Conexión San Juan del Río Carga y San Juan del Río Pasajeros.	Extra EA-031 Norte.	Descarrilamiento (y volcamiento).	Agujas abiertas al paso del tren. Después de haber pasado las dos locomotoras y seis furgones cargados, se descarrilaron cuatro furgones y se volcaron dos tolvas y un furgón. Ver Figuras E.23. y E.24.



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.23. Descarrilamiento y volcamiento del tren Extra EA-031 Norte (accidente No. 78).



Fuente: Departamento de Transporte Ferroviario del Centro SCT Querétaro.

Figura E.24. Volcamiento del equipo de arrastre.

TABLA E (continuación).

Nº.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
79	02/ENE/96 Martes	00H40M	Km. BC-2, poste uno.	Extra 14572- 14558 Sur.	Descarrilamiento.	Cambio mal alineado, la máquina 14572 se descarriló.
80	03/ENE/96 Miércoles	12H15M	Espuela a la empresa Pilgrim's Pride, frente al No. 45 de la calle Miguel de Cervantes Saavedra, de la 1ª Sección de la Colonia Los Molinos (ref. km. B-264).	Máquina No. 9806.	Volcadura de una tolva cargada.	Durante las maniobras de reincorporación de la tolva descarrilada, TM-535, cargada con 120 toneladas de maíz, perdió el apoyo de sus rieles volcándose sobre su costado izquierdo, por lo que su carga fue derramada sobre la barda de una vivienda ²⁵² . Ver Figuras E.25. y E.26.
81	07/ENE/96 Domingo	16H20M	Km. Morelos-212, patio Ahorcado, punta Sur de vía No. 1.	Extra 036-038.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren. La máquina EA-038 y el furgón NM-116413 resultaron descarrilados.
82	07/ENE/96 Domingo	19H25M	Km. Morelos-215, entre postes 29 y 39 de catenaria.	Extra EA-036-027 Sur.	Descarrilamiento.	Agujas abiertas al paso del tren. Como consecuencia resultaron descarrilados los furgones NM-107159 y 179581, además el furgón NM-106016 resultó volcado.

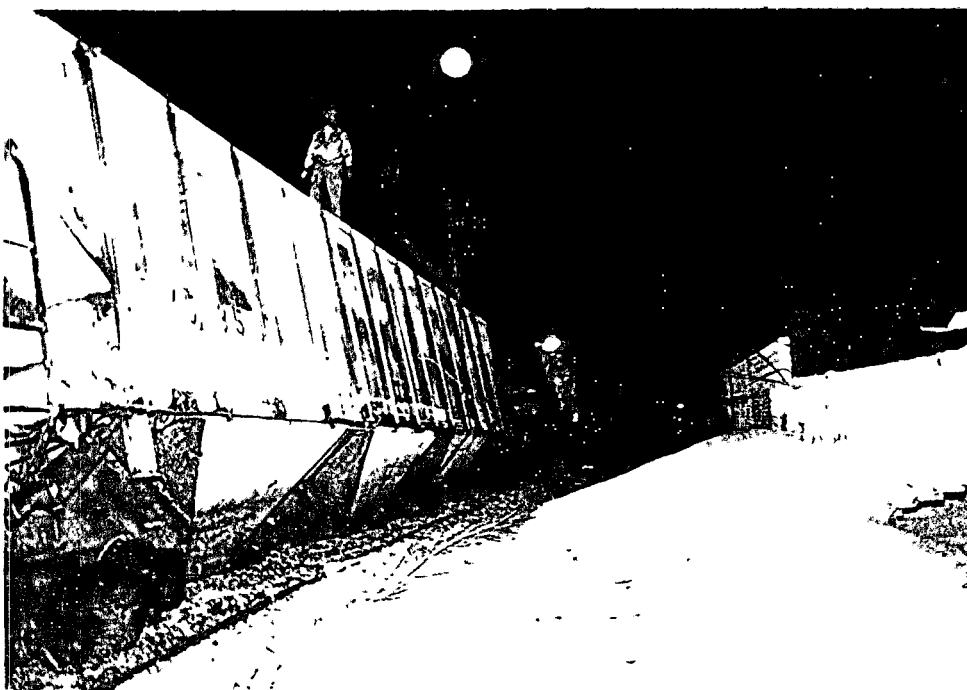
²⁵² La barda donde se derramó el maíz tenía una longitud de aproximadamente siete metros y debido a la presión ejercida por los granos, el muro fue parcialmente derribado, provocando la literal inundación de maíz sobre el patio trasero de la vivienda, afortunadamente no se registraron personas lesionadas, únicamente daños materiales. Fuente, Unidad Estatal de Protección Civil, Reporte de Emergencia No. 1304, del día 3 de enero de 1996, pp. 1 a 3.

Los hechos comenzaron cuando tres carros tolva de FERRONALES, cargadas con varias toneladas de maíz, que salían de la zona industrial ubicada cerca de la colonia Los Molinos segunda sección, se descarrilaron, al parecer como consecuencia de fallas en los durmientes y por la posterior separación de los rieles. Poco después comenzaron a trabajar varias cuadrillas para el reacomodo de las tolvas, las obras se prolongaron hasta entrada la noche. Durante las maniobras se presentó el accidente, que condujo a derramar varias toneladas de maíz sobre la parte posterior de la casa situada en el No. 45 de la calle Miguel de Cervantes Saavedra. Al respecto, varios vecinos de la colonia Los Molinos se quejan sobre las maniobras que con frecuencia realiza FERRONALES, sin avisarles, lo cual pone en peligro constante a los habitantes de esa área. Fuente, periódico Diario de Querétaro del día 4 de enero de 1996, pp. 1-G y 2-G.



Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 4 de enero de 1996, p. 1-G.

Figura E.25. Reincorporación de la tolva volcada (accidente No. 80).



Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 4 de enero de 1996, p. 1-G.

Figura E.26. Tolva reincorporada y maíz derramado sobre la barda de una vivienda.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
83	07/ENE/96 Domingo	16H25M	Km. A-188, entre San Juan del Río Pasajeros y San Juan del Río Carga.	Tren de trabajo, máquinas 13057 y 11072.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren, debido a madera de durmiente reblandecida. Ambas máquinas descarrilaron.
84	03/FEB/96 Sábado	18H45M	Km. Morelos-212, entre postes 15 y 17 de catenaria.	Extra 14582-14575 Sur.	Descarrilamiento.	Agujas abiertas al paso del tren. El furgón NM-936 resultó descarrilado.
85	24/FEB/96 Sábado	18H10M	Km. A-176, entre postes cuatro y cinco.	Tren de trabajo, máquinas 11045 y 11048.	Descarrilamiento.	Vía abierta al paso del tren. Por lo que las máquinas y el carro tanque ENDX-122 resultaron descarrilados.
86	26/FEB/96 Lunes	15H57M	Km. Morelos-255, entre postes dos y tres, crucero a nivel con la carretera a Tlacote (km. 7.5).	No. 13, máquina 10034.	Choque contra camión de carga.	Imprudencia del chofer del camión placas 7154TI del Servicio Público Federal ²⁵³ .
87	08/MAR/96 Viernes	08H19M	Km. Morelos-239	Extra EA-004-022 Sur.	Desprendimiento de pantógrafo.	Desprendimiento de pantógrafo de la máquina EA-022 por falla de la catenaria.

²⁵³ Al intentar ganarle el paso al tren, el chofer del tractocamión tolva tipo tándem marca Kenworth, que transportaba varias toneladas de gabazo de maíz ("macilla"), provocó un aparatoso accidente sobre la carretera a Tlacote, afortunadamente salvó su vida, aunque fue hospitalizado debido a que presentaba heridas en el tórax y antebrazos y por múltiples contusiones en cabeza y cuerpo. El accidente se presentó cuando el camión circulaba por la carretera con dirección a Tlacote, y el tren con la máquina No. 10034, con dos vagones (No. 4391 y 5505) y 154 pasajeros abordo, se dirigía a la ciudad de Irapuato, Guanajuato. El maquinista del tren al aproximarse al crucero a nivel con la carretera a Tlacote, como de costumbre, accionó varias veces el silbato de su locomotora, sin embargo, el chofer del camión aparentemente no le hizo caso e intentó ganarle el paso. Como consecuencia, el tren chocó contra el costado posterior derecho del camión, en forma tan contundente que lo arrastró varios metros, desprendiéndole la caja donde llevaba el gabazo. En relación con los numerosos ocupantes del tren de pasajeros, algunos resultaron con tan sólo golpes leves. Sin embargo, los daños materiales fueron cuantiosos dado que la carga se perdió y el camión quedó inservible. Debido a lo resbaloso del gabazo y a que éste impregnó la cinta asfáltica, un camión de pasajeros que pasó por ahí más tarde, se salió del camino y estuvo a punto de volcarse. Lo cual apresuró el trabajo de los bomberos para limpiar la carretera y con ello evitar otro accidente. Fuentes, periódico Noticias del día 27 de febrero de 1996, p. 1-B y Unidad Estatal de Protección Civil, Reporte de Emergencia No. 1432 del día 26 de febrero de 1996.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
88	08/MAR/96 Viernes	18H10M	Km. B-259, entre La Griega y La Cañada.	Extra 13003 Norte.	Descarrilamiento.	Truck rígido por adaptadores interiores rotos de la tolva AAMX-60625.
89	10/ABR/96 Miércoles	11H50M	Km. A-195.	Servicio de patio.	Descarrilamiento.	Por haberse caído del furgón NM-110789 una zapata de diamante de sapo, lo que ocasionó que se descarrilara dicha unidad.
90	22/ABR/96 Lunes	08H35M	(Km. B-245)	Auto-armón TMC-12 V-227.	Choque de auto-armón contra camión.	Un auto-armón se impactó de frente contra un camión Mercedes Benz, placas DD-37568 del estado de Chihuahua, debido a la imprudencia del conductor del camión, dado que no hizo alto en el cruce de Viborillas, seis trabajadores resultaron heridos ²⁵⁴ .

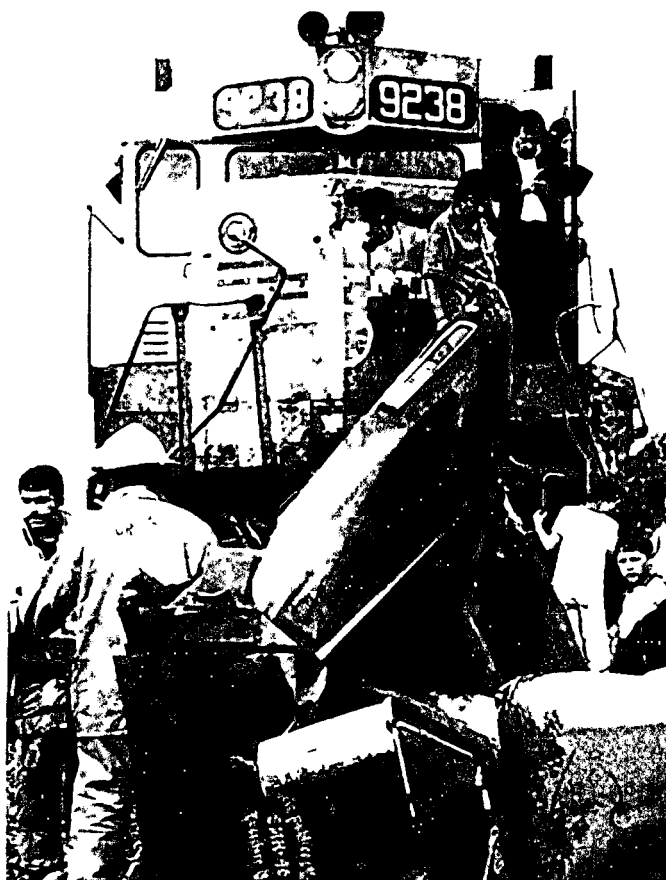
²⁵⁴ Un grupo de aproximadamente treinta trabajadores de FERRONALES que se desplazaba a bordo del auto-armón TMC-12 V-227, el cual había salido de la estación San Nicolás con destino a La Cañada, se impactó de frente contra la parte lateral derecha del camión Mercedes Benz tipo caja, modelo 1991, número económico 5 y con placas de circulación DD-37568. El conductor de éste vehículo no hizo alto en el cruce de Viborillas, a pesar de haber visto en movimiento al auto-armón sobre la vía y además a un autobús y a un automóvil particular que ya habían hecho alto, esperando el paso del vehículo ferroviario. De hecho el chofer del camión aceleró su vehículo tratando de ganarle el paso al auto-armón. Poco antes de la colisión, la mayoría de los trabajadores que viajaban en el auto-armón lograron saltar de él, hecho que ayudo a evitar una desgracia mayor. Aún con todo resultaron heridas seis personas, dos de las cuales debido a que presentaron fracturas fueron hospitalizadas, los otros cuatro fueron atendidos en el lugar del percance por socorristas de la Cruz Roja. El conductor del camión Mercedes Benz declaró que procedía de Chihuahua y que tenía como destino la ciudad de Cadereyta, con el propósito de cargar coliflor en ese lugar, y además en relación con el choque dijo que cuando llegó al cruce y vio al auto-armón acercarse, se le hizo fácil aventurarse para ganarle el paso, dado que supuso que lo lograría. Fuente: periódico Diario de Querétaro del día 23 de abril de 1996, p. 1G.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
91	22/JUN/96 Sábado	08H15M	Km. Morelos-255, entre postes dos y tres. En el cruce a nivel con la carretera a Tlacote (km. 7.5).	Máquina No. 14558.	Choque contra camión de mudanzas.	Imprudencia del conductor del camión de mudanzas placas 884AKI, marca Dodge, del servicio público federal. Como consecuencia del impacto en el costado anterior derecho del camión, resultó un lesionado grave y un muerto ²⁵⁵ .
92	06/OCT/96 Miércoles	12H30M	Km. BC-40.	Máquina 9238 con tres góndolas y tres vagones de pasajeros.	Choque contra un camión de volteo.	Un camión de volteo al ser abandonado imprudentemente, por una falla mecánica sobre las vías, fue arrollado por el tren ²⁵⁶ . Ver Figuras E.27. y E.28.

²⁵⁵ Por falta de precaución de su chofer, el camión de mudanzas marca Dodge del servicio público federal que circulaba de oriente a poniente por la carretera Querétaro-Tlacote, al intentar cruzar la vía del tren, fue impactado en su costado anterior derecho por la máquina No. 14558, la cual iba con destino a Lagos de Moreno, Jalisco. Después de ser arrollado el camión, fue arrastrado varios metros resultando heridos tanto el chofer como su acompañante, por lo que fueron trasladados al IMSS de la ciudad de Querétaro. Horas después el acompañante del chofer murió como consecuencia de las heridas del choque. El mayordomo de vía de Ferrocarriles Nacionales de México al valorar la situación de la vía, declaró que ésta no había sufrido deterioros por el accidente. Fuentes, periódicos Diario de Querétaro y Noticias, del día 23 de junio de 1996, páginas 1-G y 3-B respectivamente; y Unidad Estatal de Protección Civil, Reporte de Emergencia No. 1876, del día 22 de junio de 1996, pp. 1 a 4.

²⁵⁶ Por fortuna las consecuencias sólo se redujeron a daños materiales, sin que se presentaran lesionados a pesar de que el tren jalaba tres coches con pasajeros. El accidente ocurrió a escasos kilómetros de la estación Chichimequillas, donde imprudentemente el conductor del camión de volteo (marca Ford, y con placas extemporáneas SMH-46 del estado de Querétaro) lo dejó abandonado sobre la vía del tren, debido a una falla mecánica. Sólo la parte frontal del camión estaba obstruyendo la vía, su caja cargada con varias toneladas de piedra, afortunadamente estaba afuera de la vía, de otro modo habría producido daños mucho mayores al convoy. El tren detuvo su marcha casi un kilómetro después del primer impacto con el camión, quedando la cabina y el eje trasero de éste prácticamente incrustados en la parte frontal de la locomotora. El tren, que había salido de San Luis Potosí y se dirigía hacia la ciudad de México, pudo seguir su camino después de una demora de tres horas. Sin embargo, los trabajos para rehabilitar la circulación ferroviaria en el lugar, se prolongaron hasta por cinco horas. Los daños materiales incluyeron tanto la pérdida total del camión, así como daños severos en la parte frontal de la locomotora y en su tanque de diesel. Fuentes, periódicos Diario de Querétaro y Noticias del día 7 de octubre de 1996, pp. 1G y 1B respectivamente.



Fuente: periódico Noticias del día 7 de octubre de 1996, p. 1-B.

Figura E.27. Choque de tren contra camión de volteo (accidente No. 92).



Fuente: periódico Noticias del día 7 de octubre de 1996, p. 1-B.

Figura E.28. Otro aspecto de la locomotora y del camión arrollado.

TABLA E (continuación).

No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	TREN	DESCRIPCIÓN	CAUSAS, DETALLES Y COMENTARIOS
93	26/NOV/96 Martes	09H00M	Km. Juárez-246, poste doce de catenaria.	Extra 15018-10022 Sur.	Descarrilamiento.	Se originó por la ruptura de la vigueta central del carro-tanque PARX-86692 ²⁵⁷ .
94	03/DIC/96 Martes	01H02M	Km. A-171.	Extra 9230 Norte.	Descarrilamiento.	Cambio mal alineado, por lo que se descarriló la máquina.

²⁵⁷ El descarrilamiento del carro-tanque se presentó cuando la máquina 9808 de FERRONALES jalaba con dirección Este-Oeste un convoy de carros tanque, cada uno cargado con más de treinta mil litros de aceite vegetal. Las maniobras de remolque del carro dañado duraron más de tres horas. Por fortuna no hubo desgracias personales. Fuente, periódico Diario de Querétaro, del día 27 de noviembre de 1996, p. 1G.

ANEXO F

Tabla F

AÑO	TIPOS DE ACCIDENTES FERROVIARIOS Y SUS PRINCIPALES FACTORES COOPERANTES POR NÚMERO CONSECUTIVO DE OCURRENCIA EN EL ESTADO DE QUERÉTARO (AÑOS 1992-1996)													
	ARROLLAMIENTO DE PEATONES	CHOQUES			DESCARRILAMIENTOS						INCENDIOS, EXPLOSIONES, DERRAMES Y FUGAS DE LA CARGA	FOZAMIENTOS	VOLCAMIENTOS	OTROS
		IMPRUDENCIA DEL CONDUCTOR DE AUTOTRANSPORTE (CRUCEROS A NIVEL)	ERROR HUMANO PERSONAL DE FF.CC.	MANTENIMIENTO INADECUADO DE LA VÍA	MANTENIMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO RODANTE	PROCEDIMIENTO INADECUADO DE CARGA	OBSTÁCULOS EN LA VÍA	DESCUIDO DEL PERSONAL FERROVIARIO	VANDALISMO					
1992	14	1, 2, 7, 8, 10, 11, 13, 15	3	4, 16, 18, 19, 20	17	6								5, 9, 12
1993		25, 30, 31	22	21, 24, 29		27	32	23	28		26			
1994	53	34, 35, 58	36, 37, 47, 48	38, 40, 43, 50, 51, 60, 61	42, 49, 55, 57			52, 54		39, 41, 46	33, 45	44		56, 59
1995			72	63, 64, 66, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78	62		67	65, 73						68
1996		86, 90, 91, 92		79, 81, 82, 83, 84, 85, 94	88, 89, 93							80		87

Fuente: elaboración propia con base en el Anexo E.

ANEXO G

(Forma CTC-2).

ADMINISTRACION DE LOS
FERROCARRILES NACIONALES
DE MEXICO

Boleta de Permiso No.

Estación de 19.....
(Fecha)

Conductor y Maquinista de tren

En
(Lugar)

Queda autorizado a usar la vía principal de
.....
a

pasando la señal absoluta No.
y corriendo a velocidad restringida, pendiente
de encontrar un tren en el tramo, una obs-
trucción en la vía, un cambio abierto, un ca-
rro en el ladero que no libre, o un riel que-
brado.

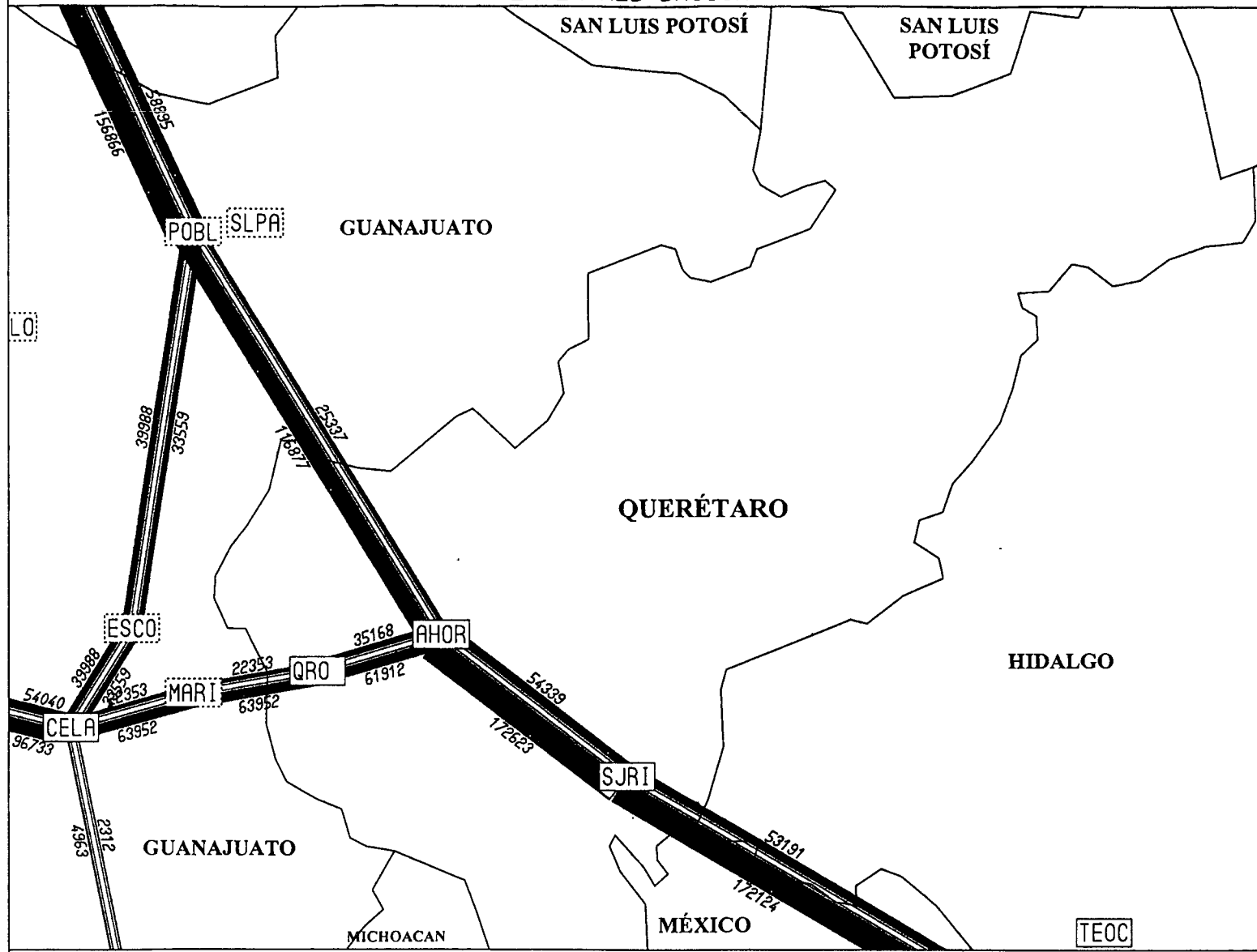
.....
Jefe de Despachadores

O.K. h. m.
(Hora en que se expide).

ANEXO H

VOLUMENES
EN LA RED BASICA

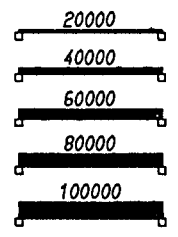
STAN



MODES:
f
LINKS:
all
PRODUCTS:
prod=10

TONS BY WEEK

SCALE: 10000



WINDOW:
-101/20.0614
-98.98/21.5786

STAN PROJECT: DESARROLLO DE UN PROCESO DE PLANEACION ESTRATEGICA
SCENARIO 19946: MODELACION DE LA RED FERROVIARIA. MATRIZ O-D CALBRADA

98-01-09 11:35
MODULE: 6.13
INMEXTRA...omd

ÍNDICE ANALÍTICO.

- Accidente 1, 2
 Accidentes carreteros 21
 Accidentes fatales en el estado de Querétaro 104
 Accidentes ferroviarios en los Estados Unidos 20
 Accidentes ferroviarios en México 15
 Accidentes ferroviarios ocurridos en el estado de Querétaro 151
 Accidentes por choque en el estado de Querétaro 98
 Accidentes por descarrilamiento en el estado de Querétaro 95
 Aceleración 65
 Aceleración de la gravedad 4
 Actividades sustantivas de la DGMPT 35
 Acuerdos institucionales 9
American Railway Engineering Association (AREA) 63
 Análisis de accidentes 28
 Análisis de accidentes detallado 29
 Análisis de accidentes preliminar 29
 Análisis de la información 87
 Análisis de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro 78
 Ángulo de cruce 48
 Ángulo de esviaje 48
 Aplicación del método 78
 Aptitud psicofísica 35
 Áreas de influencia de ingenieros y proyectistas 11
 Arrollamiento de peatones 40
 Asegurado 22
 Auto-armón 51
 Avances tecnológicos en el diseño de coches de ferrocarril para trenes de pasajeros 54
 Balanceo resonante 59
 Baleros 63
 Banco Mundial 10
 Barreras 42-44
 Boleta CTC-2 101, 190
Cajas calientes 64
 Calibres mínimos de riel 63
 Capacidad psicofísica 35
 Características de la red ferroviaria del estado de Querétaro 79
 Categoría de licencia ferroviaria 36
 Causas atribuibles de los accidentes 3
 Causas fortuitas y previsibles 22
 Cercas detectoras de derrumbes 67
 Choques 41
 Choques de ferrocarril contra vehículos automotores 41
 Choques entre equipo ferroviario 51
 Cinturón pélvico 56, 58
 Cinturón pélvico-torsal 56, 58
 Cinturones de seguridad 55, 56, 58
 Clase de vía 62
 Clasificación de la sustancias peligrosas 69
 Colisiones primarias 4, 55
 Colisiones secundarias 4, 55
 Compañía de seguros 22
 Comparación de tendencias en el tiempo 76
 Comparaciones en sitios de control 76
 Conclusiones y recomendaciones 131
 Consecuencias de los accidentes ferroviarios 7
 Conservación extraordinaria de la vía 60
 Conservación normal de la vía 60
 Constancia de Aptitud Psicofísica 37
 Contrato de seguro 22
 Costo de la póliza 23
 Costos de algunos elementos de los tratamientos para abatir los accidentes ferroviarios 142
 Criterios de selección de las medidas 39
 Cruce ferroviario en zona suburbana 113
 Cruce ferroviario en zona urbana 106
 Cruce ferroviario fuera de la ciudad 116
 Cruce *ultra-peligroso* 50
 Cruces ferroviarios a nivel en Querétaro 99
Cuatrapeo 160
 Cursos de educación vial 49
 Datos estadísticos de los accidentes y sus limitaciones 25
 Definiciones 1
 Defunciones 3
 Demoras 26
 Departamento de Transporte Ferroviario (DTF) 77
 Desarrollo de tácticas 38
 Descarrilamientos 59
 Descarrilamientos por descuido del personal ferroviario 67
 Descarrilamientos por mantenimiento inadecuado de la vía 60
 Descarrilamientos por mantenimiento inadecuado del equipo de arrastre 63
 Descarrilamientos por obstáculos en la vía 66
 Descarrilamientos por procedimiento inadecuado de carga 65
 Descarrilamientos por resonancia de los carros de ferrocarril 59
 Descarrilamientos por trenes largos 59
 Descarrilamientos por vandalismo 68
 Despachador 51
 Detectores de obstáculos sobre las vías 66
 Detectores de rayos infrarrojos 64
 Díptico de FNM 144, 145
 Dirección General de Medicina Preventiva en el Transporte (DGMPT) 34
 Discontinuidades 26
 Diseño de coches de ferrocarril con distribución controlada de la energía del impacto 55
 Diseño geométrico de los cruces de ferrocarril 48
 Disposición de semáforos y barreras en los cruces de ferrocarril 44
 Dispositivos de advertencia activos 43
 Dispositivos de advertencia pasivos 45
 Dispositivos de bloqueo 53
 Dispositivos de control activos 42
 Dispositivos de enclavamiento 53
 Dispositivos de seguridad en el tren 42
 Dispositivos de señales 52
 Distancia de visibilidad 48

- Doble vía electrificada 81
 Efecto de regresión hacia la media 76
 Efectos mecánicos que afectan la carga ferroviaria 65
 Eliminación de tramos negros 8
 Eliminación del cruce 42
Empirical Bayes Estimation of Safety and Transportation (EBEST) 76
 Encargados de auto-armones 51
 Error humano 51
 Errores de codificación 26
 Errores de localización 26
 Esquemas de área extensa 38
 Estaciones ferroviarias del estado de Querétaro 79
 Estimación Empírica de Bayes de Seguridad y Transporte 76
 Estrategias básicas para la reducción de accidentes 37
 Estudios de *antes y después* 76
 Etapas del análisis de accidentes 29
 Evaluación actual y potencial del movimiento de carga en el estado de Querétaro 82
 Exámenes Médicos en Operación 37
 Exámenes psicofísicos integrales 36
 Exámenes toxicológicos 37
 Experiencias de los países más industrializados 8
 Experimentación controlada 76
 Explosión de petardos 52
 Extrapolación de los índices de accidentes ferroviarios 21
 Factor humano 34, 35, 67
 Factores cooperantes 28
Federal Railroad Administration 5, 61, 63
 Forma CTC-2 101, 190
 Formas básicas de evaluar los tratamientos 76
 Frecuencias de los distintos tipos de accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro y sus principales factores cooperantes 94
 Fuerza centrífuga 72
 Fuerzas que intervienen durante los accidentes ferroviarios 3,4
 g 4
Golpe de vía 155
 Grado de curvatura 73
 Guía de Respuestas Iniciales en Caso de Emergencias Ocasionadas por Materiales Peligrosos 70
 Guía para el Transporte Seguro de Productos Químicos 70
 Hoja de emergencia en transportación 147
Hot boxes 64
 Identificación de los tramos negros 27
 Impactos de los accidentes 3
 Importancia del ferrocarril dentro de la economía nacional 7
 Incendios, explosiones, derrames y fugas de la carga 68
 Índice de importancia de la vía 62
 Índice de peligrosidad de los cruces ferroviarios 47
 Índices de accidentes en el estado de Querétaro 105
 Índices de accidentes ferroviarios en los Estados Unidos 20
 Índices de accidentes ferroviarios en México 18
 Influencia de la reestructuración de los ferrocarriles mexicanos en el monitoreo y evaluación de la seguridad 76
 Información de la red ferroviaria de Querétaro 78
 Información de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro 84
 Informe de accidente 84, 149
 Informe de trece puntos 84
 Inspección de sitios conflictivos 32
 Interrelaciones entre uso del suelo, transporte y seguridad 9
 Introducción 1
 Investigaciones de campo en el estado de Querétaro 105
 La Medicina Preventiva en el Transporte, como medio de prevención de accidentes en el transporte ferroviario 34
 Lesiones y defunciones originadas por los accidentes ferroviarios 3
 Ley de Vías Generales de Comunicación 68
 Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario 23, 24
 Limitaciones de los datos estadísticos 26
 Lista ilustrativa de características a verificar durante la inspección de sitios conflictivos 32
 Luces de bengala 52
 Lugares peligrosos en el transporte ferroviario 37
 Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras 43-46
 Maquinista 51
 Marcas en el pavimento 45
 Materiales y residuos peligrosos 68
 Medidas recomendadas para el estado de Querétaro 126
 Mejoras en la visibilidad 46
 Método de análisis de los accidentes ferroviarios 25
 Método de prevención de los accidentes ferroviarios 34
 Método para abatir los accidentes ferroviarios 78
 Mínima información que se sugiere para el análisis de los accidentes ferroviarios 30
 Monitoreo y evaluación 75
 Muertes originadas en los accidentes por choque 6
 Muros de concreto reforzado 66
 Niveles del análisis de accidentes 30
 Nuevas tecnologías para la recolección de datos estadísticos de accidentes 25
 Números de Accidente Equivalente (NAE) 28
 Objetivos específicos para la reducción de accidentes 11
 Orden de precaución 79, 81, 82
 Órganos densos 4
 Otros tipos de accidentes en el estado de Querétaro 103
 Parámetros relacionados con la seguridad de la red ferroviaria del estado de Querétaro 83
 Pares O-D más importantes 82, 83
 Perfil del personal técnico ferroviario 36
 Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y los accidentes ferroviarios 13
 Planes de acción en masa 38
 Planes de acción en ruta 38
 Planes de un sitio particular (programas de tramos negros) 37

- Ponderación de la severidad de los accidentes 28
 Prevención de los accidentes ferroviarios en el estado de Querétaro 125
 Prima 22
 Problemas de los dispositivos de advertencia activos 45
 Problemas ocultos 26
 Proceso de planeación, diseño y operación segura de la red de transporte ferroviario 12
 Programa de Cambio Estructural 76
 Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 13
 Programa de Trabajo 1997 del Sector Comunicaciones y Transportes 10
 Programas de tramos negros 37
Railroad Safety Act 61
 Rayas con espaciamiento logarítmico 46
 Recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) 69
 Recomendaciones elementales para colocar, repartir y estibar la carga en los carros de ferrocarril 66
 Recomendaciones específicas para prevenir los accidentes en los tres cruces ferroviarios analizados, en el estado de Querétaro 128
 Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas 69
 Reconstrucciones de la vía 61
 Red ferroviaria del estado de Querétaro 80
 Reestructuración de los ferrocarriles mexicanos 76
 Referencias 137
 Reglamento de Tránsito del Estado de Querétaro 99
 Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales 41, 99
 Reglamento de Transporte de Ferrocarriles Nacionales de México 51, 100
 Reglamento del Servicio Ferroviario 23, 52, 65
 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos 24, 69
 Rehabilitación de la vía 61
 Reparaciones e inspecciones de los carros y coches de ferrocarril 64
 Reportes incompletos 26
 Requisitos mínimos de conservación de vías 62
 Resumen de las medidas de mitigación de accidentes ferroviarios 73
Riel virado 171
 Riesgos de guerra, huelga y otros similares 23
 Rozamiento de trenes 71
Ruedas calientes 65
 Seguros y seguridad ferroviaria 22
 Selección y clasificación de medidas 47
 Semáforos 42-45
 Señal informativa de recomendación (SIR) 46
 Señal preventiva de cruce de ferrocarril (SP-35) 46
 Señal restrictiva de ALTO (SR-6) 46
 Señalamiento pasivo mínimo 46
 Sistema de control automático de trenes (ATC) 53
 Sistema de control de tráfico centralizado (CTC) 53
 Sistema de control directo de tráfico (CDT) 53
 Sistema de Información Geográfica para Análisis de Seguridad en Cruces a Nivel de Ferrocarril 26
 Sistema de órdenes de tren 53
 Sistema de parada automática de trenes (ATS) 53
 Sistemas de advertencia a bordo 50
 Sistemas de control de trenes en México 54
 Sistemas de información geográfica (SIG) 26
 Sistemas de posicionamiento global (GPS) 26
 Sobreelevación 72
 Supervisión especializada 67
 Tamaño y naturaleza del problema 7
 Tipos de accidentes en los cruces de ferrocarril 42
 Tipos de accidentes ferroviarios y sus principales factores cooperantes por número consecutivo de ocurrencia en el estado de Querétaro 188
 Tolerancia humana a la aceleración 4
 Tramos negros 27
Transportation Test Center 5
 Tratamientos en los cruces de ferrocarril 49
 Tratamientos para los accidentes ferroviarios 40
 Tren eléctrico 79, 81
 Triángulo de visibilidad 47
Truck 59
 Velocidad de equilibrio 72
 Velocidades máximas alcanzadas por los trenes 59
 Vértebras 3
Vía chicoteada 160
 Vía del público 153
 Vialetas 46
 Vibración 65
 Visitas de campo 29, 32
 Volcamientos 72
 Volúmenes de carga ferroviaria en el estado de Querétaro (toneladas/semana) 192
 Zanjas interceptoras de derrumbes 66
 Zona de vibradores 46
 Zonas de aplastamiento controlado 57
 Zonas de sacrificio 57