

La construcción del ferrocarril mexicano (1837–1873). Arte e ingeniería

Dirk Bühler

Cuando el Presidente de México, Sebastián Lerdo de Tejada (1823–1889) inaugura el 1 de enero de 1873 el Ferrocarril Mexicano que conecta la Ciudad de México con el puerto de Veracruz a través de un recorrido de 423,7 kilómetros no solo se habían superado cuantiosas dificultades económicas, políticas y sociales que obstaculizaban la realización del proyecto durante los 36 años pasados sino que se habían resuelto sobre todo enormes problemas topográficos, técnicos y de ingeniería civil, creando un recorrido de superlativos. Tan solo en el tramo entre San An-

drés Chalchicomula en el altiplano y Veracruz en la orilla del mar, un trayecto de 203 kilómetros de largo con 23 estaciones, fue necesario construir 39 puentes y 16 túneles, incluyendo los 66 kilómetros¹ más difíciles entre Fortín y Esperanza que salvan 1.444 metros de altura bajo condiciones topográficas extremas. La literatura coetánea (Baz y Gallo 1874 y García Cubas 1877) no deja completamente al lado la tecnología del ferrocarril y sus instalaciones, pero hace énfasis sobre todo en la descripción de recursos y bellezas naturales y en la promoción de posibilida-



Figura 1
Mapa de México con el recorrido del Ferrocarril Mexicano ²

des para el desarrollo económico. Estudios posteriores sobre el ferrocarril en México han abocado mayoritariamente aspectos políticos, económicos y sociales, enfatizando el movimiento ferrocarrilero. Hoy, cuando la naturaleza poco a poco esta recuperando su primacía sobre las instalaciones que fueron abandonadas desde hace 26 años hay que emprender una nueva valoración bajo aspectos constructivos, estructurales, de diseño y por ende de conservación. En este estudio que se basa en la literatura contemporánea y en documentos disponibles en el Archivo Nacional del Ferrocarril en Puebla (México), se presenta un avance de trabajo que enfoca por primera vez los aspectos de historia constructiva y refleja los desafíos que tenían que enfrentar los ingenieros y constructoras que intervinieron y las soluciones que hallaron en las distintas etapas de construcción y de operación de este monumento histórico de la construcción antes de que caiga en el olvido.

LAS PAUTAS DE CONSTRUCCIÓN

Con el otorgamiento de la primera concesión para la construcción de un Ferrocarril entre la Ciudad de Veracruz y la Capital de México a Francisco Arrillaga el 22 de agosto de 1837, se inicia la planeación de una de las primeras líneas grandes de ferrocarril en América (Chapman 1975, 22). En los Estados Unidos se había inaugurado en 1830 la primera línea del Ferrocarril del continente por la *Baltimore and Ohio Rail Road Company* y tan solo unos años más tarde estaba por terminarse la primera línea latinoamericana en la isla de Cuba entre La Habana y Güines cuya primera parte fue inaugurada unos meses después³ del establecimiento del Ferrocarril Mexicano.

A pesar de que se promueve ampliamente el proyecto, problemas políticos, económicos y financieros impiden su realización inmediata. Entre los años de 1837 y 1851 se construyen tan solo 11,5 km de vía y el gobierno mexicano se limita más que nada a otorgar concesiones de construcción a posibles inversionistas, donde pronto interviene la adinerada familia Escandón, que será finalmente la principal promotora del Ferrocarril Mexicano. También la búsqueda de un camino tanto topográficamente como económicamente aceptable entre el Puerto de Veracruz y el Altiplano desalentó el proyecto durante los primeros años.

El primer concesionario Arrillaga buscó personalmente, apoyado por un ingeniero civil, un trayecto para el ferrocarril cuyo pendiente no pasaba de los 4% (Chapman 1975, 24). Ellos examinaron y favorecieron un camino hasta entonces inexplorado por terrenos poco poblados con el resultado de que su proyecto se frustró por su deficiente factibilidad y rentabilidad.

El 31 de mayo de 1842 se otorga una segunda concesión por el entonces Presidente y General Santa Ana favoreciendo el trayecto Perote-Jalapa-Veracruz porque el camino parecía topográficamente viable y el General tenía ranchos y haciendas cerca de la ruta prevista. La concesión estipulaba el alquiler de unas haciendas del General y el derecho a explotar los depósitos naturales de materiales de construcción (Chapman 1975, 28). Las obras para el ferrocarril de una sola vía se iniciaron el 30 de noviembre de 1842 en el Puerto de Veracruz basándose en un levantamiento topográfico de la ruta del Ingeniero José Faure.⁴ Muchos de los técnicos contratados para la obra provenían de Bélgica⁵ y también la primera generación de locomotoras se ordenó en aquel país. Junto con los recursos humanos, técnicos y materiales de Bélgica se adaptó también la anchura de la vía con 1,435 metros, una vía ancha, llamada «normal» que los belgas habían adoptado a su vez de Robert Stephenson quién lo empleaba en sus construcciones en Gran Bretaña y una medida que más tarde se empleara también mayoritariamente en México. A pesar de los derechos de explotación otorgados, la mayoría de los materiales de construcción eran de importación: de tal manera —y para dar tan solo unos ejemplos— una cuarta parte del material empleado provenía de Gran Bretaña (Chapman 1975, 31) y la madera de ciprés para las traviesas se compró en Luisiana.

Este primer empuje de construcción permitió que el día 15 de septiembre de 1850 se pudo inaugurar, después de 12 años de esfuerzo, el primer tramo de 11,5 km de vías del Ferrocarril Mexicano entre el Puerto de Veracruz y El Molino (Chapman 1975, 32).

En septiembre de 1851 el proyecto recibió nuevos impulsos después de haber pasado oficialmente a manos del Ministerio de Relaciones (Chapman 1975, 37). El 31 de octubre de 1853 Santa Ana, nuevamente presidente, había otorgado una nueva concesión al británico John Laurie Rickards. Debido a la importancia que le dio Santa Ana a la promoción del ferro-

carril a partir de diciembre de 1853 (Chapman 1975, 44), los trabajos en México y los pedidos de material a Bélgica se reanudaron finalmente en 1854. En diciembre de 1854 ya se vieron los primeros resultados al inaugurarse el servicio de ferrocarril entre El Molino y Tejería.

En 1855 se les otorgó por otra parte una concesión a los hermanos Mosso (Chapman 1975, 46–47) quienes empezaron a construir la ruta entre la Ciudad de México y la Villa de Guadalupe. Como el material traído de Bélgica padecía de muchos defectos, compraron por primera vez locomotoras y materiales de construcción en los Estados Unidos y contrataron además a un ingeniero norteamericano: Robert S. Gorsuch (Chapman 1975, 49–50). Un reporte del ingeniero, publicado en 1881 (Chapman 1975, 48), nos informa que en enero del año 1856 las estaciones y el lecho para el carril estaba listo para recibir los raíles. Este trayecto de 5 km entre la Capital y la Villa de Guadalupe se terminó —al fin bajo la dirección de los hermanos Escandón— con la inauguración el 4 de julio de 1857, el día de la independencia de los Estados Unidos, una cortesía hacia los colaboradores norteamericanos (Garma 1985, 18). Puesto que la importancia del transporte de carga era casi nula, el tramo entró en servicio solo para pasajeros. Como también ellos eran escasos entre semana, el tren se usó primordialmente para irse de paseo los domingos y días festivos (Chapman 1975, 56–57).

En el otro extremo del trayecto se seguía prolongando la vía partiendo de Veracruz mas adelante de Tejería hasta casi llegar a San Juan. Estos trabajos se realizaron bajo la dirección del ingeniero Santiago Méndez, quién desde 1854 (Garma 1985, 12) estaba a cargo de la construcción de esta línea (Chapman 1975, 15 y 62). En septiembre de 1857 había un total de 25,67 km en operación (Chapman 1975, 50). Como a los hermanos Mosso les faltaba el capital necesario para seguir adelante, la familia Escandón —cuyo nombre de ahora en adelante se relacionará íntimamente con la historia del ferrocarril mexicano— entró al negocio (Chapman 1975, 52). Los hermanos Escandón, Manuel y Antonio, ya habían instalado el primer servicio regular de carruajes de pasajeros entre Veracruz y la Capital en 1830 (Chapman 1975, 53) y estaban conscientes de los obstáculos que había que enfrentar (Chapman 1975, 56). Ellos vieron el propósito principal del ferrocarril, como lo expresan panfletos editados en 1833 en

Nueva York o 1851 en Bélgica, en el fomento del transporte de carga y se prometieron un impulso para la agricultura mexicana y la economía nacional (Chapman 1975, 12–15).

A partir de su viaje a Estados Unidos en noviembre de 1857 Antonio Escandón fijará su atención cada vez menos hacia Europa, orientándose mucho más hacia inversionistas, ingenieros y material de construcción norteamericano. Su principal logro fue poder contratar en Washington al famoso ingeniero y topógrafo Andrew Talcott (1797–1890)⁶ (Chapman 1975, 65–73) para su empresa. Algunos años mas tarde encontraremos también a sus hijos Charles, Richard, George y T. M. R. involucrados en el proyecto de ferrocarril. Charles G. Talcott, ingeniero como sus hermanos y contratado por los Escandón entre 1865 y 1867 escribe unas cartas de suma importancia a sus amigos en estados Unidos como veremos. Andrew Talcott y su equipo de 40 ingenieros (Garma 1985, 27)⁷ llegaron el día 4 de enero de 1858 a Veracruz, procedentes de Nueva Orleáns. Talcott y sus tres asistentes realizaron el levantamiento topográfico completo de la ruta México-Veracruz por Córdoba y Orizaba, ruta preferida por los Escandón. La ruta por Jalapa y Perote explorada paralelamente por Pascual Almazán y su hijo Aurelio, favorecida por el General Santa Ana queda descartada después de un reconocimiento posterior de E. M. Richards, uno de los asistentes de Talcott (Low 1916, 1551). El 9 de junio de 1858 estaba terminado el trabajo topográfico, proponiendo una pendiente máxima de 4.6 % en los tramos más difíciles (Chapman 1975, 72) y unas propuestas viables para los pasos de ríos mas atrevidos.

En 1861 se firma un nuevo acuerdo entre los Escandón, los acreedores y el gobierno que exigía que la Compañía terminara además el tramo «ramal» México-Puebla en el plazo de cinco años (Chapman 1975, 80–82) una modalidad de la que se quejó el ayuntamiento de Veracruz porque temía quedarse atrás en el desarrollo económico. A pesar de las dificultades entre los financieros, el 7 de junio de 1861 se reanudaron los trabajos que se deberían terminar en un plazo de cinco años, exceptuando el puente de Metlac (Chapman 1975, 84–85), la obra más exigente del proyecto.

Pero es sobre todo durante la invasión francesa a partir del año 1863 cuando se forzó más la construcción del camino hasta Paso del Macho por las exigencias de los invasores (Chapman 1975, 88–92).

Así que el día 15 de agosto de 1863 se pudo inaugurar el tramo hasta La Soledad. En enero de 1864 el ejército francés impuso Charles de Sansac con un equipo de ingenieros franceses para que controlara la construcción. Paralelamente el recién llegado Andrew Talcott asume la dirección de la obra: él radicaba de nuevo en México tras una estancia poco exitosa en los Estados Unidos. A pesar de la situación tensa entre los dos directores, ambos, Talcott y de Sansac, participaron juntos en la inauguración del Puente de La Soledad el 3 de mayo de 1864. El 16 de octubre de 1864 se pusieron oficialmente en servicio los 62 km de Ferrocarril entre el Puerto de Veracruz y Camarón (Chapman 1975, 96). Durante esta época se logró un avance considerable en la construcción del ferrocarril, pero había que vencer cuantiosas dificultades: a principios de 1865 se descarriló cerca de Purga una locomotora y destruyó un puente (Chapman 1975, 111) completo, en agosto de 1865 la Compañía tuvo que defenderse de un proyecto que iba instalar una vía paralela jalada por animales (Chapman 1975, 115) y había que desplegar tropas a lo largo de la ruta para protegerla de los asaltos frecuentes (Chapman 1975, 116). Las rebeliones contra los ingenieros extranjeros culminaron en noviembre de 1865 con un enfrentamiento en Maltrata que dejó un muerto (Chapman 1975, 117). A fines de 1865 la empresa contabilizó sus esfuerzos así: empleaba 9.535 personas, de los cuales 7.233 eran obreros (Chapman 1975, 118), tenía 82,07 km de vía ya terminadas, 262,64 bajo construcción y 130,24 más estaban planeadas, contaba con 11 locomotoras y 109 vagones.

Para el emperador Maximiliano I, residiendo aún en Miramar el proyecto tenía gran importancia de tal manera que ya a finales del año de 1863 se puso en contacto con los Escandón, que estaban en Londres. En una de sus cartas opina que «Sin ferrocarril de México a Veracruz la ciudad de México no será una verdadera capital» (Chapman 1975, 86–87). Durante su Imperio la concesión pasó a manos de la Compañía Limitada de Ferrocarril Imperial Mexicano y se terminaron de construir hasta junio de 1867 los tramos hasta Paso del Macho de 76 km y el tramo de la Villa de Guadalupe se podía prolongar hasta Apizaco, llegando a 139 km en total. Además se habían adelantado los trabajos en terraplenes por ambos extremos.

Ahora vale la pena reclamar también la atención sobre el desarrollo del ferrocarril en el país vecino

del norte. En los años de 1860, poco antes de que estallara la guerra civil (1861–1865) en los Estados Unidos una red ferroviaria de 49.287 km comunicaba aquel país. Situados 35.064 km en el territorio de la Unión y 14.223 km en el de la Confederación (Depew 1895, 111). Por los grandes conflictos y tensiones de la posguerra no sorprende que muchos de los ingenieros civiles, muchos de ellos empleados en la construcción del ferrocarril, dieran la espalda a su patria en los derrotados estados sureños y buscaran empleo y un futuro más prometedor en México. Se conservan unas cartas de ingenieros⁸ de los estados confederados que fueron contratados por los Escandón en 1865 que nos hablan de las circunstancias de sus vidas y de las obras que realizaron contribuyendo con sus experiencias para el ferrocarril mexicano. Parece que eran muchos de ellos que buscaban empleo en México porque Charles Talcott escribe que no puede responder a todas las solicitudes positivamente porque no hay bastantes puestos de trabajo.

Después del retiro de las tropas francesas, el fusilamiento del Emperador y la restauración de la República por Benito Juárez en 1867, los trabajos siguen lentamente, obstruidos por un sinnúmero de nuevos problemas (Garma 1985, 42). Todavía antes de que se renovara la concesión el 27 de noviembre de 1867 que se actualiza el 1 de octubre de 1868 para poder seguir trabajando en los trayectos, Andrew Talcott se vio obligado a regresar a Nueva York el 23 de febrero de 1867 (Low 1916, 1608) y fue remplazado por el Ingeniero William Cross Buchanan como director de la empresa (Garma 1985, 40). A pesar de todo el 1 de junio de 1869 se puede inaugurar el tramo Apizaco-Santa Ana Chiautempan. El 9 de septiembre de 1869 se prolonga el ramal hacia Puebla (Chapman 1975, 135–140) que fue inaugurado el día 16 de septiembre por Benito Juárez. Tan solo a partir de 1870 se intensifican y finalmente se terminan los trabajos: el 15 de enero de 1871 se pudo inaugurar el tramo entre Paso del Macho y Atoyac con sus tres puentes grandes y un sinnúmero de alcantarillas, y el 22 agosto de 1871 siguió el tramo entre Atoyac y Fortín, mientras que los 40 km faltantes entre Orizaba y Boca del Monte que salvan 1.178 m de altura —el tramo más difícil de la ruta— se concluyen el 29 de diciembre de 1872. El 1 de enero de 1873 el Presidente Sebastián Lerdo de Tejada inaugura en la estación de Buenavista de la Ciudad de México el Ferrocarril Mexicano ahora completado. Entonces contaba

con 28 Locomotoras y 377 vagones de carga y de pasajeros (Chapman 1975, 57 y 71).⁹

Si esta descripción deja la impresión de que eran principalmente ingenieros de Bélgica, de los Estados Unidos y de Gran Bretaña quienes intervinieron en la construcción del ferrocarril mexicano hay que admitir que esta ponderación se debe por un lado al material disponible para la elaboración de este artículo, pero del otro lado hay que subrayar que los Escandinavos realmente compraron —para usar esta expresión moderna— la tecnología necesaria en el extranjero donde se había desarrollado el ferrocarril y donde la tecnología —ya desde sus principios globalizada— era económica y accesible. Pero también hubo un número considerable de ingenieros mexicanos que participaron en la construcción y cuyas vidas, su formación y sus aportaciones técnicas valdrían la pena de ser investigadas más de cerca en un futuro. Santiago Méndez, Pascual Almazán, Lorenzo Pérez Castro y Joaquín Gallo (Chapman 1975, 190–191) son nombres de ingenieros mexicanos íntimamente relacionados con el desarrollo del ferrocarril mexicano.

En 1875 se terminó también la vía férrea alternativa entre Veracruz y Jalapa, con trenes movidos por animales: los «trenes de mulitas». Trenes como éstos daban servicio urbano en México y Veracruz desde 1869. En los años siguientes se terminan los ferrocarriles entre México y Toluca, Guapinole y Córdoba, Mérida y Progreso de tal manera que México contaba en 1877 con una red de 684,40 km de ferrocarril, en 1901 eran ya 14.319,65 y en 1910, en el Centenario, México tenía 18.724,00 km de vías bajo jurisdicción federal (AAVV 1987). Así que al terminar el gobierno de Porfirio Díaz, México tenía una red ferrocarrilera de casi 20.000 km, con diferentes anchos de carril, donde se usaban máquinas de vapor.

Durante su historia más de centenaria el Ferrocarril Mexicano, como todos los organismos vivos, estaba sujeto a reformas y modernizaciones constantes: las exigencias del progreso y de la operación impusieron las pautas de desarrollo. Aparte del mantenimiento que se le daba oportunamente a la red de ferrocarril que exigía recambios constantes de elementos constructivos, las reformas más importantes eran: la sustitución de la mayoría de los puentes pegados a los taludes de los valles por muros de contención, el revestimiento de los caballetes de hierro con mampostería en los puentes restantes donde se

aplicó además un cambio de vigas en los años de 1903, 1908 y 1910. Estos puentes se conservan en buen estado hasta la fecha y sobrevivieron hasta la revolución donde se había destruido el 40% de los puentes ferrocarrileros (Schael 1998, 33).

Otro paso importante fue la electrificación del trayecto entre Paso del Macho y Esperanza que se realizó a partir de 1922. Este recorrido tiene a lo largo de 103 km pendientes prácticamente constantes entre 2,50% hasta de 4,10%. Los trenes equipados con dos locomotoras Fairlie alcanzaron en un promedio una velocidad de 10,7 km/h en este recorrido y se esperaba un aumento del 25% por la electrificación y las nuevas máquinas (Garma 1985, 100). Los trabajos se emprendieron —después de estudios previos— todavía en 1922 de tal manera que el 6 de octubre de 1924 se pudo inaugurar el primer tramo entre Orizaba y Esperanza, el siguiente hasta Paso del Macho se puso en operación en mayo de 1928. La electricidad necesaria fue surtida por la cercana presa de Tuxpango. Para el suministro de energía eléctrica se firmó un contrato con la «Puebla Light and Power Company» (Garma 1985, 101).

La —hasta ahora— última modificación decisiva fue la rectificación y reforma del trazo más difícil entre Esperanza y La Soledad a lo largo de 138 km en los años de 1980 al 1988 (Schael 1998, 85), dejando abandonados los tramos entre Boca del Monte y El Encinar (32 km), entre Sumidero y Fortín (7 km) y entre Potrero y Paso del Macho (15 km). Con esta modernización el entonces Presidente Miguel de la Madrid (AAVV: Los Ferrocarriles 1987) logra a partir de 1983 un mejoramiento en el servicio ferroviario que de ahora en adelante queda limitado al transporte de carga. Entre las medidas, que de nuevo marcan superlativos, destacan: La construcción del nuevo puente de Metlac (1984–1985), del túnel «El Mexicano», con 3 km de longitud el más largo de América Latina (Schael 1998, 85) y el viaducto-túnel escénico «Pensil» (1986) de 120 m de longitud.

En los trayectos abandonados se conservan todavía las estaciones y los edificios de servicio, algunos conservados y ocupados por usos nuevos, otros deteriorados en mayor o menor medida. Los caminos originales se aprecian desde lejos por su falta de vegetación y se conservan como senderos, algunos todavía con traviesas, raíles,¹⁰ agujas y señales. Lo más impresionante son —aparte de un paisaje incomparablemente bello— sobre todo los puentes y túneles.

Un recorrido por las vías en operación revela que aún se conservan todas las estaciones antiguas, muchas de ellas en desuso y deterioradas. Los puentes se encuentran prácticamente todos, algunos con refuerzos estructurales, otros remplazados por completo.

LOS PUENTES

En el trayecto más impresionante del Ferrocarril Mexicano entre la orilla del mar y el altiplano con 203 kilómetros de longitud se construyeron además de las 23 estaciones originales, 39 puentes y 16 túneles bajo condiciones que requerían soluciones audaces en un paisaje difícil de dominar pero a la vez —único consuelo para los constructores— de una belleza natural excepcional. Ambas características, la audacia de las construcciones como lo pintoresco del paisaje han inspirado artistas y pintores a realizar obras no menos destacadas que las de los ingenieros.

Como las obras de ingeniería se quedan cortas en la literatura se consultaron sobre todo los documentos conservados en el archivo del ferrocarril en Puebla, donde se hallan 21 planos de puentes, un inventario escrito de puentes que se hizo en 1876 y un levantamiento topográfico de la ruta, actualizado en el año de 1903. Una evaluación de este material permite estudiar más de cerca las características principales de los puentes originales y actuales. Prácticamente todos los documentos dibujados y escritos emplean el sistema de medidas imperial/angloamericano.¹¹ Parece que este sistema se usó tan consecuentemente que no se reportan dificultades con otros sistemas de medida que se usaron paralelamente para otras obras y objetos. Lo que sí llama mucho la atención es el hecho de que muchas medidas de longitud varían —independientemente del sistema de medidas— entre los planos y de un documento al otro con un margen de 5 al 10% de diferencia.

Además es de gran utilidad para el estudio el legado de los ingenieros mexicanos y norteamericanos que diseñaron a partir de 1863 este trayecto, el más difícil del ferrocarril mexicano porque ellos discutieron sus ideas naturalmente entre ellos mismos, manifestando sus ideas en cartas, diarios e informes. Asimismo había un intercambio intenso con expertos europeos primero con los de Bélgica, más tarde sobre todo con los de Gran Bretaña y —durante la ocupación francesa también— de Francia. Para sus proyec-

tos los ingenieros disponían de una literatura contemporánea bastante extensa, cuya utilidad se refleja en sus obras. Chapman (Chapman 1975, 189) encontró un documento indicando que en el año 1856 el Ingeniero Santiago Méndez, en ésta época a cargo del proyecto, tenía sobre todo libros de ingeniería francesa en su Biblioteca. Pero fue en Gran Bretaña donde se publicaban las obras más destacadas sobre puentes de hierro para el ferrocarril.

Los contactos de Andrew Talcott con el Ingeniero británico Fairbairn y las cartas de Charles Talcott confirman, junto con las evidencias físicas, que los ingenieros de los 1860as usaban más bien libros de Inglaterra para prepararse para su gran tarea. Sobre todo el contacto entre Andrew Talcott y Sir William Fairbairn (1789–1874) nos puede aclarar los vínculos que había entre los técnicos. Fairbairn, el famoso ingeniero escocés no sólo había escrito libros básicos sobre diseño estructural en hierro sino también era el ingeniero responsable de la construcción de los puentes tubulares de «Britannia» (1846–1850) y de «Conway-Castle» (1849) en Gales junto con el más conocido Robert Stephenson. El contacto de Talcott con Fairbairn seguramente no se limitó tan solo a la consulta sino se extendió sobre sus libros que en los años 1850s eran famosos —y traducidos— en todo el mundo. Fairbairn había publicado primero sus experiencias con los puentes tubulares que construyó y más tarde se dedicó a la promoción de elementos de hierro fundido y forjado para todo tipo de construcciones. Para los apoyos de los puentes (y de edificios) propone construcciones a base de tubos de hierro fundido, que sirven muy bien para elementos sujetos únicamente a compresión. Aparte estudia especialmente el uso del hierro forjado en la construcción de vigas. En uno de sus libros (Fairbairn 1859, 50–51) que fue publicado en una traducción al alemán en 1859 compara la utilidad y economía del hierro forjado con respecto al fundido y le da la preferencia al primero para la construcción de vigas. Además propone métodos de cálculo estructural para el tipo de vigas que más tarde se usarán en los puentes del ferrocarril mexicano. En otro libro sobre puentes y vigas de hierro fundido y de hierro forjado de William Humber profusamente ilustrado y publicado en Londres en 1857 aparece —tan solo uno de muchos ejemplos— el diseño de un puente ferroviario sobre el río Stour Humber 1857, tabla 20), donde se emplean las mismas vigas en cuestión.

also $\frac{k}{K} = \frac{0,17}{0,18} = 0,95$ und $\frac{N}{K} = \frac{1,6}{0,18} = \text{rot. } 9$
 so wird nach Tabelle 21^b die zulässige Grenze von $G = 146,8^k$ (als Mittel von 142,0 und 151,5) gefunden; daher ist der einfache Träger billiger.

Vergleich der Kosten gewalzter und genieteter Blech-Träger von gleicher Tragfähigkeit.

Steigt die Spannweite oder die Belastung eines Trägers (also die Größe des Biegemomentes) über eine gewisse Grenze, so kann ein genieteter Träger billiger sein als ein gewalzter, da dieser in seiner Höhe beschränkt ist und in der Regel eine oberflächige Stegdicke, mit Rücksicht auf die Herstellbarkeit durch Walzen, erhalten muss. Bei einem Vergleich ist natürlich besondere Rücksicht zu nehmen auf die höheren Einzelpreise für genietete Träger und auf die Verluste, welche durch die Nietung im Querprofil des Trägers entstehen.

Nach der in Fig. 40 skizzirten gewöhnlichen Querschnittsform werden 4 Winkelisen mit horizontalen Gurtungsplatten und mit einer vertikal stehenden Blechwand zusammengenietet; wobei man zur Vermeidung einer zu großen Schwächung des Profils die Nietten der Gurtungen und der Blechwand gegen einander versetzt.

Zur Ersparung an Material lässt man wohl nach den Auflagen hin das Querprofil durch Fortlassen von Gurtungsplatten oder durch Verringerung der Trägerhöhe (entsprechend der Abnahme des Biegemomentes) kleiner werden. Wir wollen diese günstige Gewichtsverringering genieteter Träger ebenfalls bei dem folgenden Vergleiche berücksichtigen. Es sei nun für den genieteten Träger:

- f_1 der halbe ausgeführte Träger-Querschnitt;
- f der halbe, auf gleiche Maximalspannung reduzierte Querschnitt (beide in \square^m);
- $n l_1 = h_1$ die volle Trägerhöhe in Centimeter eines l_1^m langen Trägers;

W_1 das Widerstandsmoment des geschwächten Querschnittes, so ist, wenn noch h den Abstand der Schwerpunkte der beiden halben reduzierten Querschnittsflächen bedeutet:

(73) $f h = W_1$

Setzen wir

(74) $f h = m f_1 h_1 = m f_1 n l_1$; oder

(75) $W_1 = m f_1 n l_1$; so ist

(76) $f_1 = \frac{W_1}{m n l_1}$

Das Gewicht des Trägers pro 1^m Länge beträgt in Kilogramm (da 100^{cm} = Walzeisen 0,78^{kg} wiegen),

(77) $G_1 = 2 f_1 \cdot 0,78 = 1,56 f_1$ oder

(78) $G_1 = \frac{1,56 W_1}{m n l_1}$

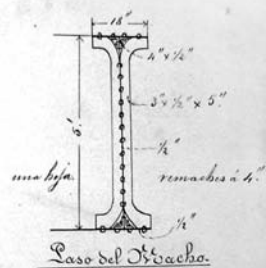
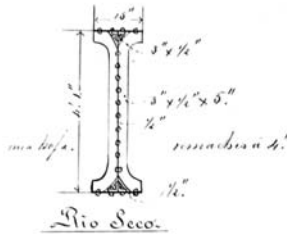
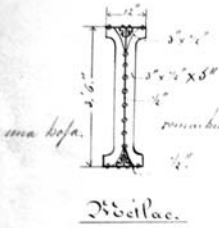
Ueber schmiedeeiserne Träger.

Schmiedeeiserne Träger sind noch neueren Ursprungs als gusseiserne und in Folge dessen immer noch nicht so allgemein im Gebrauche, als sie es verdienen; erst in neuester Zeit haben sie sich Bahn gebrochen, finden jedoch nun auch um so schnellere Verbreitung. Daher sind auch schon viele Arten schmiedeeiserner Träger vorgeschlagen und in Anwendung; die hohlen Träger, deren Querschnitt Fig. 21 darstellt, die einfachen Blechträger, entweder nur mit Winkelisen am oberen oder unteren Ende, oder wie bei Fig. 22 noch mit Gurteisen, die Träger aus Eisenbahnschienen oder ähnlich gewaltem Eisen, die zahlreichen Arten von Gitterbalken, die Balken von zusammengesetz-zelligem Querschnitt u. s. w.



Zunächst werden wir die drei erstgenannten Arten von Trägern ihrer Stärke nach vergleichen und werden sehen, dass die hohlen Träger hauptsächlich den Vortheil haben, dass sie vermöge der Form ihres Querschnitts bedeutend weniger einer seitlichen Verkrümmung ausgesetzt sind, dass aber da, wo eine solche nicht zu befürchten ist, z. B. da, wo von beiden Seiten her Gewölbbögen gegen den Träger stossen, der einfache Blechträger ziemlich, wenn nicht völlig, dieselbe Stärke besitzt. Dabei ist er einfacher und billiger herzustellen, leichter zu reinigen, durch einen Ueberzug von Farbe leichter gegen atmosphärische Einflüsse zu schützen, denen übrigens auch die eine dicke Platte besser widersteht, als die zwei dünneren der hohlen Träger.

- Ferro-carril Mexicana. - Secciones de Puentes.



Observaciones.

El puente de Métalac, se compone de 5 pares de traves de 39' 10\"/>

El puente de Rio Seco es un puente en curva, de cinco tramos, estando las traves remachadas unas con otras y midiendo en total longitud 249 pies. Las traves estan una de otra, de centro a centro 7' 3\"/>

El puente de Paso del Maecho está formado de tres tramos; los dos entradas iguales y de del centro mayor, formadas sus traves compuestas. Las de la entrada son flejes de 63' 6\"/>

Figuras 2-4

Las vigas típicas en los libros de Fairbairn e Intze y en un documento de los años 1860 del archivo del Museo Nacional del Ferrocarril en México

También la literatura alemana de la época —por ejemplo de Otto Intze (Intze 1878, 50–51)— llega a la conclusión que el tipo de viga de hierro forjado en forma de I, compuesto de barras con perfiles planos, angulares y de chapas de hierro es el más resistente, duradero y económico. Esto tan solo para mencionar algunos libros que se encuentran al azar en la biblioteca de mi museo.

Las vigas empleadas originalmente en los puentes de ferrocarril mexicano que se podían examinar, tienen una sección en forma de I y se componen de diferentes traversas de hierro forjado planos y angulares, encerrando y rigidizado por una chapa de hierro (en inglés dice: «boiler plate» = lámina de caldera). Todos estos elementos se unieron a través de roblones de acuerdo al cálculo estructural de los ingenieros. Dos vigas de este tipo se conectan a través de un entramado que rigidizaba la construcción. A diferencia de las vigas originales que se cambiaban por otras entre 1903 y 1910 los posteriores ya tienen perfiles de traversas más complejos y más fáciles de ensamblar. Un análisis de los planos conservados revela que las vigas eran continuas con apoyos cada 10 a 18 m en el promedio, con una esbeltez regular entre 1:12 hasta 1:14 entre los apoyos. El vano mas grande para una de las vigas documentadas es la del puente de Guadalupe con 27,74 m de claro, una altura de 1,6 m y una esbeltez de 1:17. La viga central del puente de Apizaco tiene la máxima esbeltez de todas con un valor de 1:19 que se debe seguramente al hecho de que no se quería aumentar la altura de 0,99 m de la viga central de 18,44 de largo con respecto a las laterales mas cortas de 15,39 m. El puente mas largo de todo el trayecto es el de Metlac con sus 165,65 m de longitud total. Para los claros mayores los ingenieros interrumpieron las vigas corridas empleando en el campo mayor —por lo regular el central— entramados con un máximo de 42,67 m de claro: la viga central de puente de Paso del Macho.

Estas vigas originales se habían comprado en los talleres de Crumlin Shops en Gran Bretaña y aún las vigas nuevas, introducidas a partir de 1903 provienen de Gran Bretaña. En 1903 se sustituyeron —por ejemplo— las vigas originales del puente de Río Seco por unas provenientes de la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool, especificadas con el n° 761. Para los puentes de Atoyac y de San Alejo la misma empresa surtió en 1908 las vigas nuevas con la especificación n° 760 y para el puente de la Soledad otras

con la del n° 733. Los puentes en el altiplano se sustituyeron unos años mas tarde como la de un puente pequeño cerca de Huamantla que tiene su placa, fechada en 1910 conmemora su procedencia de The Brandon Bridge Building C° Ltd. de Motherwell en Gran Bretaña.

Para los pasos menores de 3 m —que los ingenieros no consideran como puentes— y sobre todo para la construcción de las alcantarillas —que abundan— no siempre se usaban vigas de hierro, sino mayoritariamente arcos de mampostería y en algunos casos puentes con vigas de madera.

Estas superestructuras de vigas descansan sobre contrafuertes en ambos costados del valle hechos de mampostería y apoyos en medio para limitar la envergadura de la vigería. Por lo general todavía no se usan cojinetes especiales en los lugares donde descansan las vigas sobre los apoyos sino se ponen sencillamente láminas de hierro en los intermedios para permitir los movimientos causados por el ferrocarril y los cambios de temperatura. Durante la renovación de la red ferroviaria en los años 1980as se introducen cojinetes de elastómeros entre superestructura y apoyos.

Talcott, en su informe (Low 1916, 1558) destaca la abundancia de cantería caliza en la región y su alta calidad. Ésta piedra se aprovecha para la construcción de cimentaciones, contrafuertes, las bóvedas de alcantarillas y el revestimiento de túneles así como para la construcción de los edificios para el ferrocarril. Para construir los apoyos intermedios de los puentes no recomienda la mampostería porque resulta más económico importar y ensamblar apoyos de hierro en vez de transportar y ocupar un sinnúmero de albañiles y carpinteros para la construcción con piedra que requiere de andamios y grúas más complicadas que el hierro.

Al contabilizar los tipos de apoyo se observan algunos pocos que se ensamblaron en base a vigas de madera en los primeros años del ferrocarril mexicano, mientras que la mitad de los apoyos en terrenos bien accesibles de la costa y del altiplano son hechos completamente de mampostería, la otra mitad, ubicada principalmente en las regiones montañosas son hechos de hierro. Tan solo a partir del año de 1912 se refuerzan y sustituyen los apoyos originales de hierro por tales de mampostería y se suplen muchos por muros de contención no dejando huella de los puentes anteriores. Los apoyos de mampostería se construyeron con sillares de piedra caliza presentando su



Figuras 5–8
El puente de Wimmer actual e histórico

paramento con un almohadillado rústico. Las estructuras de hierro son un poco más complejas —como demuestra el caso del puente de Metlac—, son caballetes de hierro trianguladas, la mayoría de ellos hechos en base a perfiles angulares roblonados, solo en algunos casos se ensamblaron con tirantes tubulares.

Con este tipo de estructuras para los puentes los constructores del Ferrocarril Mexicano habían esco-

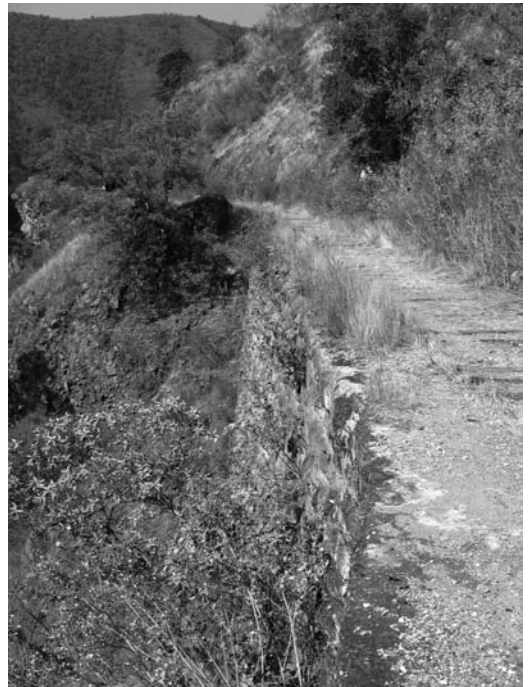
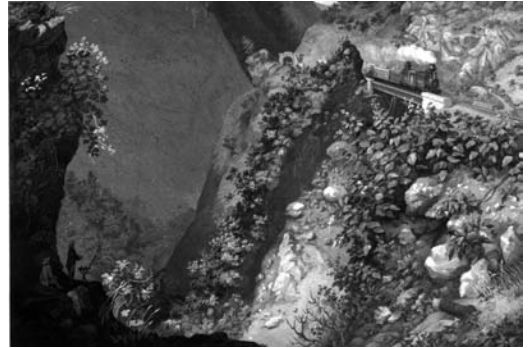
gido un sistema constructivo fácil de transportar y ensamblar que era a la vez económico y a la altura de la tecnología existente.

Vale la pena enfocar los puentes más interesantes en el trayecto entre las estaciones de Boca del Monte (km 172,5/251,12¹²) en el altiplano y La Soledad (km 42,62/381) a unos 42 km del Puerto de Veracruz. En el primer trayecto entre Boca del Monte y Maltrata

el Puente de Wimmer (km 168/254,62) que queda entre los túneles n° 16 y 15¹³ como único puente conservado¹⁴ en este paisaje tan escénico de las Cumbres de Maltrata: Un tramo abandonado desde el año de 1983. El puente se puede observar desde la autopista Puebla-Orizaba ¡párese con mucho cuidado! que queda a unos 100 metros más cerro arriba cruzando la misma barranca; pero mejor se llega caminando a pie desde Boca del Monte unos 4 1/2 km para poder apreciar un puente de hierro con 97,07 m de longitud total con 5 claros sobre 4 pilares de 39,36 m de altura máxima, originalmente hechos de hierro en su parte superior y de mampostería en su parte inferior rebasando por dos metros la altura de los cimientos. Ahora los apoyos están revestidos completamente de mampostería. Los contrafuertes en los lados están hechos, ya desde un principio de mampostería con la cantera caliza que abunda en la región. Dos vigas corridas, hechas de hierro con una altura de 1,52 m que están rigidizadas por el entramado que los enlaza, formando así un cajón abierto del lado de arriba y de abajo portan los raíles del único carril. En el transcurso del Ferrocarril Mexicano es la única construcción que se relaciona con el nombre particular de su creador: Sebastián Wimmer,¹⁵ probablemente como homenaje a un ingeniero que perteneció a la escolta de Carlota en varias ocasiones y que se atrevió construir en este lugar que presentaba problemas topográficos extraordinarios.

El camino sigue pasando por las estaciones de servicio y de descanso de las «Cumbres», ahora abandonadas. Poco antes de llegar a la estación de Maltrata el edificio de transformadores eléctricos (la subestación n° 1), todavía no plenamente desplomado y con un equipo solo parcialmente desmembrado, llama la atención del caminante. Partiendo de la estación de Maltrata (km 153,1/271,4) el camino sigue hasta la próxima estación de Balastrea (km 146,62/277) con los viaductos y túneles del Infernillo y La Joya. Había —aparte de muchos puentes chicos— tres viaductos mayores, de los cuales tan solo uno queda reconocible como tal. El 1^{er} viaducto de estos tenía unos 39,63 m de longitud a una altura de 10,67 m con una pendiente de 4%. Sigue el túnel n° 10 (84 m) y 365 m más adelante el 2° viaducto con 9 claros y una longitud de 91,50 que es el que aún se reconoce. Más adelante se encontraba el 3^{er} viaducto con 8 claros sobre una longitud de 74 m.

Como el 2° puente del Infernillo quedaba muy pegado al talud de un valle sumamente profundo con



Figuras 9–10
El Infernillo actual y histórico

un declive extremadamente escarpado fue sustituido a partir del año 1912 por un muro de contención sin restarle una impresión de audacia, aventura y escalofrío al pasar por esta situación del paisaje que se extiende tan solo por unos 2 km con unas curvas a lo largo de la orilla de una barranca profunda. Los otros dos viaductos y puentes de este trayecto se integra-

ron completamente y sin dejar huellas obvias al reformar el ferrocarril.

Entre las estaciones de Balasterra y el Sumidero (km 119,82/303,8) el ferrocarril sigue ocupando la ruta antigua salvando el transcurso de un valle donde queda la estación de Orizaba (km 126/292). El camino nuevo se separa del antiguo poco antes de llegar al pueblo de Sumidero donde —pasando una curva— se abre la barranca de Metlac, ahora cruzada por un puente recto y gigantesco. Antiguamente aquí se iniciaba la parte más interesante y pintoresca de la ruta hasta llegar a Fortín (km 114,6/309,9), donde la vía histórica se vuelve a juntar con la moderna.

Poco después de la antigua estación de Sumidero existió un puente mayor con 35,39 m de largo en una altura de 7,62 m del la cual no quedan ni restos. Siguiendo la vereda antigua que mas tarde se despliega a lo largo del valle (con 6 km adicionales de camino para la ida y la vuelta), el viajero llega al túnel n° 9,¹⁶ el primero de los seis que faltan para alcanzar el famoso puente de Metlac, donde, al haberlo cruzado, espera el Tunel n° 3.¹⁷ Antes de salir del valle había otro puente de 5 claros y de 12,20 m de longitud que hoy ya no se reconoce.

Ésta barranca del Río Metlac entre los km 115,69/303 y km 121,69/309 era el obstáculo más complejo que había que atravesar en todo el trayecto: el valle tiene —cruzándolo en línea recta— una latitud de 275 m y 115 m de profundidad: un verdadero reto para los ingenieros.

Talcott discute en su informe (Low 1916, 1558) primero la posibilidad de construir un puente colgante en un lugar donde el valle tiene 304 m de ancho y 106 m de elevación. Considera esta solución como la más económica, pero a la vez está consciente de los problemas dinámicos y de flexión conocidos que ofrecen estas estructuras para el ferrocarril y propone en seguida como alternativa un puente tubular de hierro, de dos o tres claros sobre apoyos, compuestos de barras tubulares de hierro. Estos apoyos de hierro considera mas económico que los de mampostería, que se construyeron años mas tarde. A la vez deja abierta la posibilidad que luego se realizaría de construir el puente más río arriba donde el valle es más estrecho y menos profundo, a pesar de tener que desviar el trayecto por las orillas del valle de ida y vuelta. Talcott consulta la opinión de Sir William Fairbairn, con quién desarrolla una correspondencia a través de los años (Low 1916, 1564–1565) ya que

Fairbairn calcula —comunicado por una carta fechada en Manchester el 26 de noviembre 1858— una propuesta para la construcción de un puente tubular sobre dos apoyos. Mas tarde Fairbairn propone un puente de cuatro claros (dos laterales de 96,62 m y dos centrales de 122 m) con dos pilares gigantes en medio, construidos sobre una base ancha que adelgazan hasta arriba, una estructura de barras tubulares que en el alto forman un cantilever. En los espacios libres se ponen vigas que se suspenden de un arco, rigidizado por un entramado. Esta propuesta innovadora y monumental se refleja en los periódicos contemporáneos como el *Scientific American* de 1866¹⁸ donde se anuncia como una estructura que rebasa los límites de la ingeniería del presente y será una razón más para visitar México. El dibujo más importante de esta propuesta se conserva en el Museo de Arte de Orizaba (AAVV 2001, 246). En una de las cartas de Charles Talcott encontramos una descripción y evaluación detallada del proyecto.¹⁹ Pero cuando el cálculo de costo de Fairbairn excede el límite del presupuesto será una razón más para abandonar esta posible solución. En 1866 constan los planos definitivos; la supervisión del proyecto queda a cargo del General H. T. Douglas. El día 26 de abril de 1866 se colocó la primera piedra para el puente (Low 1916, 1564–1565) pero al acontecer un terremoto dos semanas mas tarde, Douglas le propone a William Cross Buchanan —entonces ya sucesor de Andrew Talcott— una solución menos peligrosa. Buchanan diseña una alternativa que fue aprobada por el Ministerio de Fomento el 28 de junio de 1871 (Baz y Gallo 1874, 148). Es una construcción más sencilla —pero no menos impresionante— en un lugar más seguro y en la forma actual. La prueba de carga se efectuó en Julio de 1872 y estaba a cargo del Ingeniero Buchanan. En esta construcción intervinieron, bajo la dirección de Buchanan, el Ingeniero George Foot (trabajos de campo), Thomas Branniff (obras de albañilería) y como ingenieros constructores Donald, Murray, Hill y González Cosío (Baz y Gallo 1874, 148).

En un testimonio del año de 1916 (Low 1916, 1610) el Ingeniero W.T. Ingram, uno de los ingenieros veteranos del Ferrocarril Mexicano sobre el puente de Metlac pone énfasis en el hecho de que durante la revolución, entonces todavía no concluida, se destruyeron un sinnúmero de puentes de ferrocarril en otras rutas, pero no en el entre Veracruz y México



Figuras 11–12
El Puente de Metlac

y que el puente, planeado originalmente por Fairbairn hubiera estado mucho más sujeto a acciones de vandalismo que el actual. En la misma carta presenta un dibujo de la propuesta de un puente tubular.

El puente de Metlac finalmente construido, ahora ya histórico, tiene 164,65 m de longitud total, salvados por una viga corrida con 9 claros que tienen

15,29 m de luz y están colocadas a unos 28 m sobre el fondo de la barranca. Las vigas se fabricaron en los talleres de Crumlie Shops en Gran Bretaña (Baz y Gallo 1874, 149). Cada uno de los ocho apoyos intermedios de hierro fundido constaba de ocho columnas, de las cuales las cuatro interiores se yerguen verticalmente, mientras que las cuatro exteriores tienen una inclinación de entre 1° y 8° hacia dentro. Las vigas de chapa reforzada que portan los raíles tienen una altura de 1,22 m (Garma 1985, 53). Toda la estructura vertical y horizontal está estabilizada a través de entramados. A los dos raíles se les agregó uno tercero —llamado guarda-raíl— para que no se descarrillara el tren en la curva y sobre el puente.

El primer daño grave fue causado el 18 de septiembre 1888 por un huracán que —por la fuerza del viento y por los deslaves consecutivos en las bases— derrumbó tres pilares con 48 m de viguería, dejando inservible el puente durante los 28 días que duró la reparación. En 1912 se revistieron los pilares con mampostería para reforzar la estructura, así como los puentes de Infernillo y Wimmer (Garma 1985, 53).

A partir de 1970 el puente presentó serios problemas de estabilidad así que se buscaron soluciones alternativas. En 1983 se inicia la construcción del nuevo Puente de Metlac (al lado del puente de la autopista Orizaba-Córdoba de los años 1960as) que se inaugura el 17 de octubre de 1985 cargando dos carriles de ferrocarril en el lugar donde Talcott 125 años antes quería cruzar la barranca con un puente colgante o tubular. El puente ahora realizado es uno de los más modernos: tiene 430 m de longitud y cuenta con 5 pilas con 120 m de altura máxima. La construcción de la superestructura, de concreto presforzado por el método de dobles voladizos, con dovelas de 5 metros de largo y alcanzando claros hasta de 90 metros constituyó un récord mundial para puentes de doble vía férrea donde se emplearon sistemas de izaje hidráulico, carros de colado automatizados y un sistema innovador de postensado multitorón (página web de la empresa constructora MEXPRE-SA).

En el camino que sigue, partiendo de las próximas estaciones de Fortín y de Córdoba hay algunos puentes más, dignos de mencionar. En este trayecto hay entre Potrero y Paso del Macho además 15 km de vía abandonados.

Con el Puente del Atoyac (km 86,6/337,9) de 100 m de longitud encontramos el primer puente con un



Figura 13
Los nuevos Puentes de Ferrocarril (izq.) y de la Autopista (der.) de Metlac

entramado en el claro central. Entre los contrafuertes de mampostería y dos pilares de hierro y dos pilares centrales de mampostería se extienden 5 claros, el mayor de 33,54 m en una altura máxima de 31 m sobre el valle del Río Atoyac. Los tramos laterales del puente ocupan dos vigas de chapa como en los puentes anteriormente tratados, ahora apoyadas adicionalmente por un poste de hierro mientras que el claro central es cruzado por un entramado de considerable altura que a su vez carga una viga regular. Toda esta construcción data del año de 1908 y fue hecha por la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool, su estilo no se compara ni en cuanto su belleza ni en cuanto a la tecnología empleada con el puente original: Éste puente tenía tan solo dos apoyos, hechos de hierro y una viga de celosía corrida por todo el largo, todo hecho a la altura de la tecnología contemporánea. Unos metros mas adelante pero con mucho menos altura incrustado casi al fondo del valle cruza el valle un puente carretero el río. Este puente se compone de un arco de mampostería y parece haber sido construido en la época colonial. Los dos puentes juntos son un motivo apreciado por artistas y fotógrafos ya que refleja el encuentro de las culturas tradicionales con el progreso.

Siguiendo más adelante por la vía abandonada se atraviesa el Tunel nº 2 (km 85,15/338,5), construido en 1870, donde al salir se abre el panorama sobre un amplio y profundo valle, llamado «Salto del Atoyac». Aparte de la impresionante hermosura del pai-



Figuras 14–16



Figuras 17–18
Túnel nº 2 con el Salto del Atoyac

saje, dominada por la composición de un cuadro incluyendo el túnel, una roca errática de fisonomía inconfundible y un salto de agua se aprecian al otro lado del valle las construcciones modernas del viaducto-túnel «Pensil» y el puente ferrocarrilero donde desemboca.

La última aventura en el trayecto es el paso por el Puente de la Soledad (km 42,62/381), con 228 m de longitud, es el puente mas largo del trayecto. Es especialmente atractivo porque dispone de 2 niveles, el inferior sirve al tráfico de coches, caballos y peatones mientras que el superior es ocupado por la vía del ferrocarril. La construcción original fue terminada en 1869 con una viga de entramados con una altura de 7 metros que incluía los dos niveles. Consta de 5 claros sobre 4 pilares de mampostería que se

conservan todavía y que actualmente cargan la nueva estructura que se fabricó en 1908 por la Francis Morton & Co. Ltd. de Liverpool. Realmente se construyó una primera estructura superior con vigas con perfiles I de chapa para el ferrocarril que descansa sobre un bastidor cargante encima de una segunda estructura hecha de vigas de entramados que salvan los claros entre los pilares independientemente de la estructura superior. Pasar en coche por la parte inferior de este puente con una altura libre de 2,30 m cuyo revestimiento consiste en troncos de madera repiqueteando al pasar es un agradable fin de este recorrido por los puentes ferrocarrileros del «Mexicano».

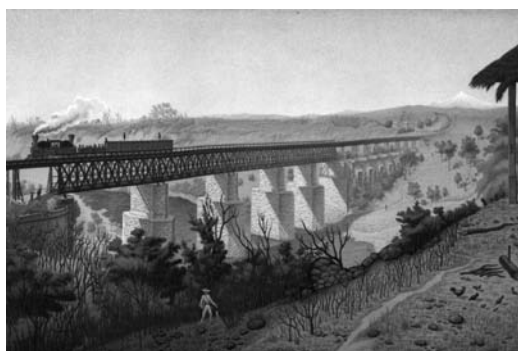
CONCLUSIÓN

Los puentes todavía conservados del Ferrocarril Mexicano, aunque parcialmente transformados y adaptados a las necesidades actuales, son vestigios elocuentes de un legado importante para la historia de la tecnología y de la construcción en México. Estos puentes representan —junto con los túneles, las estaciones, instalaciones operativas y la traza por sí— un patrimonio único para México que vale la pena conservar y aprovechar.

Por lo visto el Ferrocarril Mexicano estaba a la altura de la tecnología ferrocarrilera de su época: Una razón más por la cual merece una atención especial. Vale destacar también que no solo tratamos monu-



Figura 19
El moderno Túnel-Viaducto «Pensil»



Figuras 20–21
El Puente de La Soledad

mentos mexicanos sino que la aportación europea y norteamericana los valida como patrimonio universal. Son símbolos de la colaboración y el intercambio entrañable entre constructores a nivel internacional en una época todavía muy limitada en medios de comunicación.

La conservación de este patrimonio requiere de mayores esfuerzos científicos y publicitarios en un futuro próximo así como una mayor toma de conciencia y participación de la gente del lugar, porque tan sólo a la iniciativa de la gente del lugar se le debe —por ejemplo— la conservación del Puente de Metlac y una iniciativa similar será necesaria para el rescate del puente de Wimmer antes de que o la naturaleza o especuladores de chatarra tomen posesión de este hito de ingeniería civil.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al apoyo financiero del Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) en Bonn (Alemania) y la hospitalidad brindada por la Fundación Manuel Toussaint en Puebla sin los que no se podría haber realizado este trabajo.

NOTAS

1. Tabla comparativa de alturas y distancias entre la costa y el altiplano:

Atoyac,	km	85,8;	altura:	381 metros
Córdoba,	km	105,80;	altura:	827 metros
Fortín,	km	113,00;	altura:	1.009 metros
Esperanza,	km	179,12 ;	altura:	2.453 metros

 Esto significa que a lo largo de 66 km se salvan 1.444 metros o en 93 km 2.072 metros.
2. Todas las fotos actuales son del autor, las imágenes históricas son tomadas de: García Cubas, Antonio y Castro, Casimiro: Álbum del Ferrocarril Mexicano, México 1877.
3. El 19 de noviembre de 1837 se inaugura el tramo entre La Habana y Bejucal y el 19 de noviembre de 1839 el tramo Bejucal-Güines.
4. Informe de Antonio Garay a la comisión, Veracruz, 9 de diciembre de 1843, AGNM, FF, vol. 1, exp.11, fs. 4–19 (citado por Chapman 1975, 30).
5. Con la inauguración del ferrocarril gubernamental entre Bruselas y Mechelen el 5 de mayo de 1835 se había iniciado el ferrocarril público en la parte continental de Europa.
6. Andrew Talcott se graduó en la academia militar de West Point, NY en 1818; participó en la construcción de Fort Adams, RI, en 1824; refinó el método para determinar la latitud del astrónomo danés Peder Horrebrow (1679–1764). Trabajó como ingeniero supervisor en la construcción de los Hampton Roads en Fort Calhoun y Fort Monroe. Hizo el levantamiento topográfico de la frontera entre Ohio y Michigan en 1835 y del estuario del Mississippi en 1839. Era supervisor del «Richmond and Danville Railroad» en 1849, ingeniero del «Ohio and Mississippi Railroad». Al haber cumplido con su contrato con los Escandón estaba de regreso en los Estados Unidos en 1859. Regresó a México en el año de 1862 donde trabajó hasta el año de 1867.
7. Andrew Talcott trabajó con tres asistentes personales y tenía además una brigada de trabajo bajo la dirección de M. Evory Lions y otra bajo la de Robert B. Gorsuch.
8. Carta de Charles Talcott del 17 de mayo de 1866 a Alfred Rives (Alfred Rives Papers en el Archivo de la Duke University, Durham, North Carolina).

9. Garma 1985, 61 presenta un listado más detallado del equipo rodante: era un total de 27 locomotoras de los cuales 8 eran Fairlies, otros procedieron de diferentes países europeos y 4 de Estados Unidos, 36 vagones eran para pasajeros y 341 para carga de todo tipo.
 10. Entre un primer recorrido que hice en el 2007 y el segundo en 2009 por las vías abandonadas se habían «levantado» alrededor de 25 km de carriles.
 11. Conversión: 1' (inch) = 0,0254 m, 1'' (foot) = 0,3048 m, 1 yard = 0,9144 m, 1 mile = 1.609,34 m
 12. De aquí en adelante la primera referencia es la distancia desde Veracruz y la segunda de México.
 13. El túnel n° 16 tiene 44,40 m y el n° 15 tiene 54,65 m de longitud.
 14. Se ubica en el km 169,3 desde Veracruz y en el km 254,62 desde la Ciudad de México
 15. Sebastian Wimmer inmigró a Nueva York en junio de 1851 procedente de Alemania. Sabemos que trabajó desde el 23 de junio de 1863 como «principal assistant engineer» de la «Pennsylvania Company» para completar la «Philadelphia & Erie Railroad» entre Whatham y Warren; la vía quedó completada entre Julio de 1864 y Marzo de 1865. Fue contratado por los Escandón en 1865 como ingeniero para la construcción del Ferrocarril Mexicano. En marzo de 1869 ya estaba de regreso en los Estados Unidos para hacerse cargo de la construcción de la «Benezette and Driftwood Division of the Low Grade» y mas tarde de la vía entre «Benezette y DuBois», completada en 1874. (vease también: Low 1916, 1605 y Garma 1985, 33).
 16. km 304,8: Túnel n° 9 (77,4 m), km 305,2: n° 8 (35,4 m), km 305,3: n° 7 (21,6 m) km 305,4: n° 6 (21,9 m), km 306,3: n° 5 (34,8), km 306,9: n° 4 97,2 m.
 17. km 307,5: Túnel n° 3 (68,6 m).
 18. Scientific American, New York, July 7, 1866: 18 bajo el título: «A great railway enterprise».
 19. Carta de Charles Talcott del 17 de mayo de 1866 a Alfred Rives (Alfred Rives Papers en el Archivo de la Duke University, Durham (North Carolina).
- LISTA DE REFERENCIAS**
- Artes de México. 1972. 1^{era} Época, n° 156. Año. «El Ferrocarril Mexicano (1873–1972)».
- AAVV. 1987. *Los Ferrocarriles de México 1837–1987*. México: Ferrocarriles Nacionales de México.
- AAVV. 2001. *Museo de Arte del Estado de Veracruz*, México: Fomento Cultural BANAMEX AC.
- Baz, Gustavo y Gallo, Eduardo. 1877. *Historia del ferrocarril mexicano: Riqueza de México en la zona del Golfo a la Mesa Central, bajo su aspecto geológico, agrícola, manufacturero y comercial / estudios científicos, históricos y estadísticos*. México. [3^a edición, facsimilar de la primigenia de 1874].
- Bühler, Dirk. 2004. *Brückenbau im 20. Jahrhundert*. München: DVA.
- Chapman, John Gresham. 1975. «La Construcción del Ferrocarril Mexicano», *SepSetentas*, n° 209. México.
- CONACULTA. s.f. *Entre destinos: puentes ferroviarios de México*. Puebla: XV aniversario.
- Depew, Chauncey M. (ed.). 1895. *One hundred years of American Commerce (1795–1895)*. New York D.O.: Haynes & Co.
- Fairbairn, William. 1859. *Die eisernen Träger und ihre Anwendung beim Hochbau und Brückenbau*, traducido al alemán por D. Brauns, Braunschweig.
- Garma Franco, Francisco. 1985. *Railroads in Mexico —an illustrated history—*, vol. I. Denver: Sundance Books.
- García Cubas, Antonio y Castro, Casimiro. 1877. *Álbum del Ferrocarril Mexicano*. México.
- Gómez Pérez, Jorge Ramón. 2000. «Las Locomotoras Eléctricas de Ferrocarril Mexicano». En *Arqueología Industrial*, Año 3, número 7 (noviembre de 2000): 8–9.
- Gómez Pérez, Jorge Ramón. 2004. *Guía para visitantes al Puente de Metlac*. México: Consejo nacional para la Cultura y las Artes.
- Gorsuch, Robert S. 1881. *The republic of Mexico and the Railroads*. New York.
- Humber, William. 1857. *Practical Treatise on cast and wrought Iron Bridges and Girders*. London.
- Intze, Otto. 1878. *Tabellen und Beispiele für eine rationelle Verwendung des Eisens ...* Berlin.
- Low, Emile. 1916. «A Review of the report of Andrew Talcott...». En *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, Paper 1371, n° 80 (dec. 1916): 1548–1625.
- Rivera Cambas, Manuel [1880] 1967. *México Pintoresco, Artístico y Monumental*. México.
- Schael, Dorotea. 1998. *Crónica del Concesionamiento de los Ferrocarriles de México 1995–1998*. México: manuscrito inédito.
- Tirado Villegas, Gloria. 2007. *Los efectos sociales del ferrocarril interoceánico*. Puebla: Puebla en el Porfiriato-BUAP-ICSyH.