

C U A D R O 1

PROPIEDAD Y FUSIONES DE LOS FERROCARRILES MEXICANOS

Grupos ¹	Propiedad del gobierno desde:	Fusiones ²	
<i>Grupo Ferronales³</i>			
Ferronales	1908		
Ferrocarril Mexicano	1946	Ferronales en 1961	
Ferrocarril Interoceánico de México	1948	Ferronales en 1948	
Ferrocarril Mexicano del Norte	1954	Ferronales en 1954	
Ferrocarril de Coahuila y Zacatecas	1965	Ferronales en 1970	
Ferrocarril del Sureste, División Campeche	a	Fusionado para formar el Ferrocarril del Sureste (Fesur) en 1950	} Ferronales en 1981
Ferrocarril del Sureste, División Puerto México	a	Fusionado para formar el Fesur en 1950	
Ferrocarriles Unidos de Yucatán	a	Fusionado con el Fesur en 1968	
<i>Grupo Fedelpa⁵</i>			
Ferrocarril Sud-Pacífico de México-Fedelpa	1951		
Ferrocarril de Nacozari	1965	Fedelpa en 1969	
Ferrocarril Occidental de México	1975	Fedelpa en 1975	
<i>Grupo Fesonbc⁶</i>			
Fesonbc	a		
Ferrocarril Inter-California	1965	Fesonbc en 1965	
Ferrocarril Tijuana y Tecate	1970	Fesonbc en 1970	
<i>Grupo Fekameor⁷</i>			
Fekameor	1940		
Ferrocarril Río Mayo	a	Fekameor en 1951	
Ferrocarril del Noroeste de México	1952	Fekameor en 1955 ⁸	

1. Ferrocarriles existentes en 1945. 2. Los cuatro grupos se fusionaron a Ferrocarriles Nacionales de México en 1986. 3. Ferronales: Ferrocarriles Nacionales de México. 4. Se denominó Ferrocarriles Unidos del Sureste después de la fusión. 5. Fedelpa: Ferrocarril del Pacífico. 6. Fesonbc: Ferrocarril Sonora-Baja California. 7. Fekameor: Ferrocarril Kansas City, México y Oriente. 8. Se denominó Ferrocarril Chihuahua-Pacífico después de la fusión.

a. Propiedad del gobierno desde su creación.

sola entidad gubernamental en 1986. En el resto del artículo se describen las técnicas analíticas para medir el desempeño técnico y de escala y se presentan los datos y las medidas empíricas y variables relacionadas con el desempeño.

LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO TÉCNICO Y DE ESCALA

Se calculan medidas radiales de desempeño operativo basadas en insumos productivos. Aquéllas tienen sus raíces en los trabajos de Debreu y Farrell, de los cuales Timmer,⁷ así como Charnes, Cooper y Rhodes —quienes bautizaron la técnica como *data envelopment analysis* (DEA)— y Färe, Grosskopf y Lovell,⁸ entre otros, ofrecen extensiones importantes. La eficiencia técnica mide la proporción en la que un vector de insumos se puede contraer, manteniendo la factibilidad del vector de productos observado. En cambio, el vector de insumos no puede contraerse en una observación que opera en la frontera de la tecnología de producción. En ese caso el vector de insumos eficiente será el observado, con lo que el desempeño técnico se calificará con 1.

Esto significa que 100% de los recursos considerados son necesarios para producir el nivel de producto. Si una observación opera al interior del conjunto de posibilidades de producción, entonces la razón del vector de insumos proyectado por el vector de insumos observado será menor que 1, lo cual indica que menos de 100% de los insumos hubiesen sido suficientes para producir el nivel observado de productos. La proyección es radial dado que todos los insumos se contraen en la misma proporción y se basa en insumos, pues su uso se contrae, manteniendo el producto constante.

Como esta medida de eficiencia técnica es radial y se basa en insumos, su interpretación en términos de costos es inmediata. Esto último indica el porcentaje necesario de costos para producir los niveles observados de productos.

Se desconoce la frontera tecnológica verdadera; por ello, la tecnología de referencia con la que se evalúa el desempeño se construye a partir de datos observados para insumos, x , y productos, y . De esta forma se obtiene una frontera observada de “la mejor práctica”. En cada observación el desempeño se evalúa con base en dicha frontera y las calificaciones resultantes son medidas relativas de desempeño. En los modelos que se exponen a continuación el conjunto de correspondencia de insumos, $L(y)$, representa la tecnología productiva en relación con la que mide el desempeño. $L(y)$ es el conjunto de todos los vectores de insumos x capaces de producir un determinado vector de productos y .

En principio, el desempeño técnico para cada observación se calcula en relación con un conjunto de correspondencia de

7. Gerard Debreu, “The Coefficient of Resource Utilization”, *Econometrica*, vol. 19, núm. 3, 1951, pp. 273-292; Michael J. Farrell, “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, núm. 3, 1957, pp. 253-281, y C. Timmer, “Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency”, *Journal of Political Economy*, vol. 79, núm. 4, 1971, pp. 776-794.

8. Abraham Charnes, William C. Cooper y Eduardo Rhodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, vol. 2, núm. 6, 1978, pp. 429-444, y Rolf Färe, Shawna Grosskopf y C.A. Knox Lovell, *Production Frontiers*, Cambridge University Press, 1994.

insumos con rendimientos a escala variables (VRS). Al resolver el siguiente problema de programación lineal (LP) para cada observación es posible calcular un conjunto de calificaciones de eficiencia técnica:

$$\begin{aligned}
 & \min_{z, \Theta_{k_0}} \Theta_{k_0} \\
 & \text{s.a.} \\
 & y_{ik_0} \leq \sum_{k=1}^K z_k \cdot y_{ik}, \quad i = 1, \dots, m, \\
 & \Theta_{k_0} \cdot x_{jk_0} \geq \sum_{k=1}^K z_k \cdot x_{jk}, \quad j = 1, \dots, n, \\
 & z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, K, \quad \text{y} \quad \sum_{k=1}^K z_k = 1.
 \end{aligned} \quad \text{LP-(1)}$$

Las restricciones en LP (1) definen el conjunto de correspondencia de insumos L(y). En LP (1), y_{ik} es el i -ésimo producto de la k -ésima observación, x_{jk} es el j -ésimo insumo de la k -ésima observación, y z_k representa un conjunto de ponderadores que definen las combinaciones convexas de insumos y productos observados que además forman la frontera de la mejor práctica. Un valor positivo para z_k indica que la observación k es un elemento del grupo de referencia con respecto al cual se analiza el desempeño de la observación evaluada.

Los elementos del conjunto de referencia sirven como modelos para los administradores o para quienes formulan medidas de política para mejorar el desempeño de las observaciones ineficientes. La solución de LP(1) se encuentra en el rango 0-1 y proporciona la eficiencia técnica (TE) de la k_0 -ésima observación de los datos con una tecnología VRS; por ejemplo, $TE_{k_0} = \Theta_{k_0}^*$.

La segunda medida de desempeño, la eficiencia de escala, muestra la ineficiencia que se presenta cuando la producción se realiza mediante una operación no caracterizada por rendimientos constantes a escala (CRS). Dado que los costos unitarios (por ejemplo, el uso del insumo por unidad de producto, suponiendo precios del insumo constante) son minimizados bajo CRS, al no operar bajo éstos, entonces la utilización media de los insumos aumenta y en consecuencia los costos promedio también se elevan.

La tecnología descrita en LP(1) no impone restricciones en los rendimientos a escala (por ejemplo, permite VRS). Aunque si se elimina la restricción en la sumatoria de la variable de intensidad (por ejemplo, $\sum z_k = 1$), entonces la tecnología de referencia se restringe para sólo aceptar CRS.

La eficiencia de escala (SE) mide el ajuste proporcional que es necesario en el uso de insumos y por lo tanto en costos para que la producción se caracterice por CRS, en lugar de que el empleo de insumos sea muy bajo (cuando todavía hay rendimientos crecientes) o muy alto (cuando se tienen rendimientos decrecientes).

La eficiencia de escala se calcula tomando el cociente del

indicador de eficiencia técnica con CRS entre aquel con VRS para la tecnología de mejor práctica:⁹

$$SE = \frac{TE^{CRS}}{TE^{VRS}},$$

donde TE^{CRS} y TE^{VRS} son los indicadores de eficiencia técnica que se calculan en relación con las tecnologías de referencia con CRS y VRS, respectivamente. Nótese que si una observación opera con CRS, entonces $TE^{CRS} = TE^{VRS}$ y por lo tanto $SE = 1$; de otra forma, $0 < SE < 1$.

Sería ideal jerarquizar todas las observaciones por su indicador de eficiencia para facilitar las comparaciones en la operación de unidades malas con respecto a las buenas. Desafortunadamente, el uso de LP(1) puede resultar en que muchas observaciones estén empatadas con indicadores de eficiencia iguales a 1. Algunos de esos empates se presentan cuando una observación sólo se compara consigo misma al calcular su eficiencia. En tal caso una observación se sirve de su propio grupo de referencia, resultando con un indicador de eficiencia técnica igual a 1 (por ejemplo, con relación a sí mismo la observación es 100% eficiente). Para facilitar la jerarquización de las observaciones, manteniendo la idea de determinar medidas relativas de desempeño, Andersen y Petersen¹⁰ modificaron el LP descrito en los párrafos anteriores, de tal forma que las observaciones cuya eficiencia están en consideración no se incluyan en la tecnología de referencia:

$$\begin{aligned}
 & \min_{z, \mu_{k_0}} \mu_{k_0} \\
 & \text{s.a.} \\
 & y_{ik_0} \leq \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq k_0}}^K z_k \cdot y_{ik}, \quad i = 1, \dots, m, \\
 & \mu_{k_0} \cdot x_{jk_0} \geq \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq k_0}}^K z_k \cdot x_{jk}, \quad j = 1, \dots, n, \\
 & z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, K, \quad k \neq k_0, \quad \text{y} \quad \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq k_0}}^K z_k = 1.
 \end{aligned} \quad \text{LP(2)}$$

El límite inferior de $\mu_{k_0}^*$ es cero, aunque la solución puede ser mayor que 1 si la observación es más eficiente que los miembros de su grupo de referencia.

9. Rolf Färe y Shawna Grosskopf, "A Nonparametric Cost Approach to Scale Efficiency", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 87, núm. 4, 1985, pp. 594-604.

10. Peter Andersen y N. C. Petersen, "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, vol. 39, núm. 10, 1993, pp. 1261-1264.

Las medidas de eficiencia técnica asociadas con estos dos problemas de programación lineal se presentan en la gráfica 1 para el caso más simple de un insumo y un producto.

Supóngase que sólo hay tres observaciones en la base de datos representados por los puntos A, B y C en la gráfica 1. Con LP(1) se construyó $L(y)$ con base en los tres puntos. Como cada una de las observaciones se incluyen en la tecnología de referencia, todas deben estar en el límite de $L(y)$ o bien en su interior.

Los puntos A y B están en tal límite, por lo que son eficientes y definen la frontera de mejor práctica. El punto C, por otro lado, se encuentra en el interior de $L(y)$ y por tanto es ineficiente.

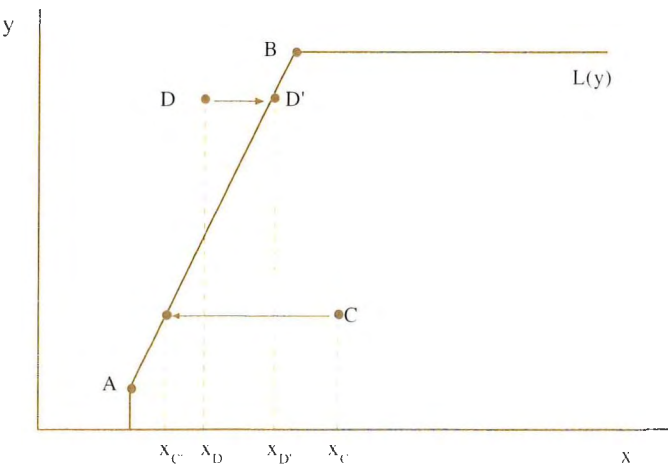
La eficiencia técnica en el punto c se encuentra proyectándolo hacia la frontera (C') por medio de la reducción en el uso del insumo y tomando la razón del uso eficiente del insumo por el uso observado del mismo; por ejemplo, $TE_C = x_{C'}/x_C < 1$.

Con LP(2) la observación cuya eficiencia se considera no se incluye en la tecnología de referencia. De esta forma, dicha observación puede estar en el límite de $L(y)$ (pero sólo si es una combinación lineal exacta de otras observaciones), en el interior, o fuera.

Los indicadores de eficiencia técnica serían 1, menores que 1 y mayores que 1 en cada uno de esos tres casos, respectivamente. El último caso ($TE > 1$) indica "super" eficiencia. Por ejemplo, agréguese la observación D a los datos de la gráfica 1. Al medir su eficiencia técnica, D no se incluiría en la tecnología de referencia, por lo que D se encuentra fuera de $L(y)$. Para pertenecer a $L(y)$, el uso de insumos tiene que ajustarse hacia arriba, lo cual indica que debe hacerse menos eficiente para pertenecer a la frontera. Por tanto, su indicador de eficiencia será mayor que 1; por ejemplo, $TE_D = x_{D'}/x_D > 1$.

G R A F I C A 1

LA TECNOLOGÍA DE REFERENCIA Y LA EFICIENCIA TÉCNICA



LA INFORMACIÓN Y LOS RESULTADOS EMPÍRICOS

En este trabajo se emplean datos agregados de los ferrocarriles mexicanos que ofrecieron servicio público de 1945 a 1985.¹¹ El análisis incluye como productos dos aspectos relacionados con el servicio de pasaje: pasajeros-kilómetro en millones y recorrido promedio de un pasajero en kilómetros. De forma similar, los servicios de carga se representan con dos medidas de producto: millones de toneladas-kilómetro y recorrido promedio de una tonelada de carga en kilómetros.¹² En el análisis se incluyen seis insumos: trabajo (número de trabajadores), kilómetros de vía, locomotoras, carros de pasajeros, carros de carga y combustible. En el período de análisis los ferrocarriles usaron varios combustibles (carbón, electricidad, diésel, etc.), todos los cuales se convirtieron a unidades térmicas británicas (BTU) y se agregaron en una sola variable, medida en billones de BTU. Las estadísticas descriptivas de los insumos y productos se presentan en el cuadro 2.

C U A D R O 2

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS PRODUCTOS E INSUMOS

	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<i>Insumos</i>				
Trabajo	92 694.68	10 983.96	70 330.00	117 238.00
Combustible	34 679.89	15 916.44	15 406.53	66 834.46
Vías	24 122.93	923.66	22 918.00	25 908.00
Locomotoras	1 347.83	258.57	982.00	1 936.00
Carros de pasajeros	1 645.90	336.13	1 215.00	2 525.00
Carros de carga	30 303.66	10 475.57	21 040.00	51 983.00
<i>Productos</i>				
Pasajeros-km	4 149.09	873.41	2 664.41	6 014.98
Toneladas-km	21 456.70	12 324.42	8 024.14	45 306.00
Viaje promedio	140.19	51.28	89.09	258.00
Carga promedio	476.25	67.67	387.61	647.00



11. Las fuentes de información fueron: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Estadísticas históricas de México*, México, 1990; Nacional Financiera, *La economía mexicana en cifras*, México, 1991; Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, *Estadísticas de ferrocarriles y tranvías de concesión federal*, México, 1946; Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, *Estadística de ferrocarriles, tranvías y puentes internacionales*, México, 1948; Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Estadística ferroviaria nacional*, México, 1968-1980 y 1985, y Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Estadística de ferrocarriles y tranvías*, México, 1950-1966.

12. El análisis no incluye un tercer aspecto del producto: pasajeros-kilómetro o toneladas-kilómetro por kilómetro-ruta. Esta variable mediría la densidad a lo largo de una ruta determinada. Un aumento en la densidad del producto incrementaría el uso de recursos sin que necesariamente se eleve la necesidad de recursos adicionales. Entonces, la mayor densidad debe estar asociada con el mejor desempeño.

La formulación LP(1) mediante el empleo de todas las observaciones en la tecnología de referencia arrojó un indicador promedio de eficiencia técnica de 0.9991 (36 de las 41 observaciones tuvieron calificaciones de eficiencia técnica iguales que 1). Esta medida tan alta es en parte un artificio de la metodología de LP, ya que incluir un buen número de insumos y productos en relación con el número de observaciones tiende a aumentar la medida promedio de eficiencia técnica.¹³ Para eliminar la influencia de las observaciones técnicamente eficientes se resolvió en cada observación el planteamiento LP(2), donde la observación cuya eficiencia se evalúa se excluye de la tecnología de referencia. Si bien todos los indicadores de eficiencia son medidas relativas, pues no se conoce la frontera tecnológica verdadera, la formulación LP(2) proporciona una medida de eficiencia técnica para cada observación que es estrictamente relativa a las otras observaciones de la muestra. Una implicación de esto es que el indicador de eficiencia técnica al usar LP(2) puede ser mayor que 1, lo cual indica que los insumos de la observación deberían ajustarse hacia arriba para alcanzar la frontera (por ejemplo, sus combinaciones de insumo-producto se encontraron fuera de la frontera de la mejor práctica).

Para 1956 el valor máximo de la eficiencia técnica al usar LP(2) fue 1.1413. Todos los indicadores de eficiencia técnica se normalizaron por este valor con el fin de situarlos en el rango 0-1. Después de esta normalización, el indicador promedio de eficiencia técnica fue de 0.9075. Esto significa que, en promedio, los ferrocarriles mexicanos pudieron haber producido las mismas cantidades de servicios usando sólo 90.75% de los insumos observados. De manera alternativa esto significa que durante el período de análisis los ferrocarriles mexicanos pudieron haber reducido en promedio el uso de insumos en forma proporcional y, por tanto, los costos, en aproximadamente 9% y todavía haber generado los niveles observados de productos. El comportamiento de la eficiencia técnica es un tanto errático, como se aprecia en la gráfica 2.

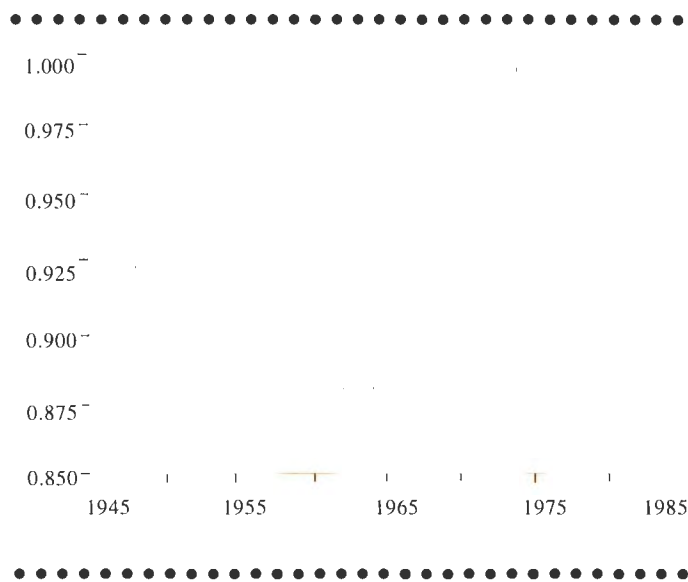
La segunda medida de desempeño, eficiencia de escala, indica que la falla en operar con rendimientos constantes de escala prevaleció menos que la ineficiencia técnica. La eficiencia de escala promedio de los ferrocarriles mexicanos en el período de análisis fue 0.9439. De esta forma, en promedio, el empleo de insumos fue aproximadamente 5.5% mayor de lo que hubiera sido si se hubiese operado siempre en la escala óptima. La ineficiencia de escala se detectó en especial en los primeros años del período considerado (véase la gráfica 3) y obedeció

Desafortunadamente no se dispuso de la información necesaria para controlar por la variable densidad. Para una discusión más detallada de la medición de productos del ferrocarril véase Ann F. Friedlaender y Richard H. Spady, *Freight Transport Regulation: Equity, Efficiency and Competition in the Rail Truck Sectors*, The MIT Press, Cambridge, 1981. Cabe destacar que lo ideal sería dividir el servicio de carga por tipo de bien, pero por desgracia no se dispone de la información desagregada.

13. Para esta base de datos los indicadores de eficiencia técnica fueron muy gruesos, al considerar varias especificaciones para los insumos y productos.

G R Á F I C A 2

EFICIENCIA TÉCNICA CON RENDIMIENTOS VARIABLES A ESCALA PARA LOS FERROCARRILES MEXICANOS, 1945-1985

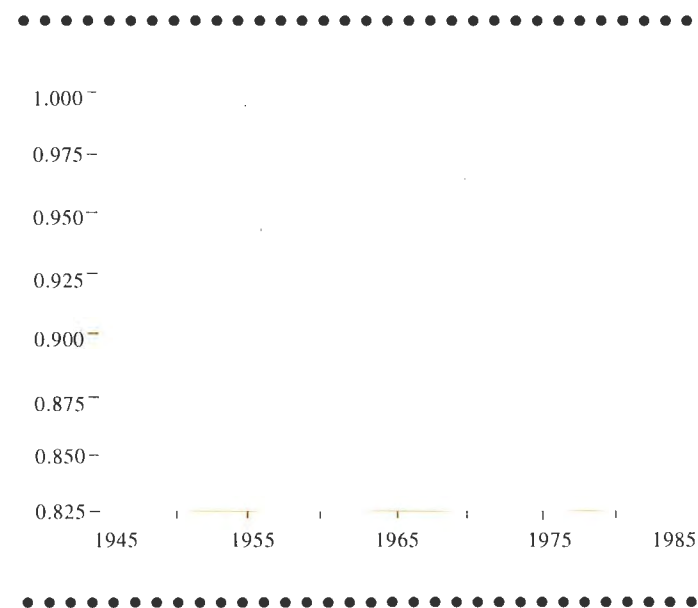


básicamente a una escala de operación pequeña, de tal suerte que no se tomó ventaja total de los rendimientos crecientes a escala. El cuadro 3 describe las medidas de eficiencias técnica y de escala.

Es importante recordar que las medidas de desempeño calculadas en el análisis son relativas y no absolutas. Así, con base en la tecnología particular de mejor práctica que definen los

G R Á F I C A 3

EFICIENCIA DE ESCALA DE LOS FERROCARRILES MEXICANOS, 1945-1985



C U A D R O 3

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA

	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Eficiencia técnica	0.09075	0.0351	0.8610	1.0000
Eficiencia de escala	0.9436	0.0370	0.8167	1.0000

datos, no es posible hacer comparaciones de eficiencia *per se* entre bancos de datos. Aún así, los indicadores de eficiencia pueden revelar la variación en desempeño en relación con la frontera de mejor práctica. Por ejemplo, el indicador promedio de eficiencia técnica de 0.90 para los ferrocarriles mexicanos muestra que en un año promedio el desempeño estuvo dentro de 10% de la mejor práctica calculada. Usando esta interpretación es posible comparar los resultados con los de otros estudios.

En un análisis de la industria de ferrocarriles en Estados Unidos para el período 1951-1981, Grabowski y Mehdián utilizaron el método de mínimos cuadrados ordinarios corregidos (COLS) para estimar una frontera de producción con un solo producto.¹⁴ Los niveles promedio de eficiencia ingreso, la contraparte de eficiencia técnica y eficiencia de escala estimados fueron 0.8987 y 0.6984, respectivamente. De esta forma, Grabowski y Mehdián también detectaron que la observación promedio estaba aproximadamente en 10% de las observaciones de mejor práctica. Por otro lado, contrario a los hallazgos para los ferrocarriles mexicanos, encontraron que las consideraciones relacionadas con la escala fueron mucho más importantes en la determinación del desempeño que la eficiencia técnica.

Una explicación de la ineficiencia encontrada es que las diferencias en calidad por lo general no se toman en cuenta en la especificación de fronteras.¹⁵ De esta forma, si las mejoras en calidad implican el uso de más recursos, entonces los productores de servicios de baja calidad serán probablemente los que definan la "mejor práctica", en tanto que los que producen un servicio de alta calidad aparecerán con un desempeño pobre en relación con las empresas incluidas en la mejor práctica.

En un estudio de 13 ferrocarriles de clase I en Estados Unidos en el período 1951-1975, en el que se ajustó por la calidad del servicio, Kumbhakar utilizó una frontera de producción estocástica para estimar que el costo de la ineficiencia técnica se encuentra en el rango de 16 a 23 por ciento.¹⁶ Esto significa

14. Richard Grabowski y Seved Mehdián. "Efficiency of the Railroad Industry: A Frontier Production Approach". *Quarterly Journal of Business and Economics*, vol. 29, núm. 2, 1990, pp. 26-42.

15. Esta desventaja no es exclusiva de especificaciones de fronteras.

16. Subal C. Kumbhakar. "Economic Performance of US Class I Railroads: A Stochastic Frontier Approach". *Applied Economics*, vol. 21, núm. 11, 1989, pp. 1433-1446.

que al tomar en cuenta la calidad, el porcentaje de desviación del ferrocarril promedio en relación con la mejor práctica pasó a 20% aproximadamente. El alto grado de dispersión en relación con la frontera de Kumbhakar puede parecer extraño. En tal caso los productores eficientes podrían ser de dos tipos: los que emplean una gran cantidad de insumos (por unidad de producto) pero con alta calidad del servicio, y los productores que utilizan una cantidad menor de insumos (por unidad de producto) pero con un servicio de poca calidad.

Una observación que registra un desempeño bajo es la que utiliza una cantidad significativamente mayor de insumos (por unidad de producto) en relación con el productor en la frontera que tiene una calidad similar en el servicio. Una interpretación del alto grado de dispersión en lo que respecta a la frontera de mejor práctica, encontrado por Kumbhakar, es que los niveles de desempeño de ferrocarriles estadounidenses muestran una variación alta. La dispersión de sus resultados, en contraste con los de este artículo y los de Gabowski y Mehdián,¹⁷ se debe en parte a que Kumbhakar usa datos desagregados. Éstos combinan ferrocarriles de buen y mal desempeño, con lo que se obtiene una muestra promedio de todos los que integran la industria y conforme a ello se define la frontera eficiente. Así, un buen número de observaciones estará relativamente cerca de esta frontera de "mejor práctica promedio".¹⁸

LAS VARIACIONES EN EL DESEMPEÑO

Las medidas de eficiencia que se han derivado ofrecen un indicio del desempeño relativo de los ferrocarriles mexicanos en el tiempo. Sin embargo, desde el punto de vista de la política pública reviste mayor interés examinar las variables que expliquen las variaciones en el desempeño. En el lapso de 1945-1985 tres acontecimientos notables pudieron haber influido en la eficiencia de los ferrocarriles mexicanos. En primer término se registró una consolidación notable debido a las fusiones de líneas privadas y a la compra gubernamental de algunos ferrocarriles, pero lo hizo no para mantenerlos como empresas aisladas, sino para emprender una serie de consolidaciones de ferrocarriles públicos. En segundo lugar se presentaron dos períodos de inestabilidad laboral, uno a finales del decenio de los cuarenta y otro a fines del de los cincuenta. En tercer térmi-

17. Richard Grabowski y Seved Mehdián. *op. cit.*

18. Henry-Jean Gathon y Sergio Perelman. "Measuring Technical Efficiency in European Railroads: A Panel Data Approach". *Journal of Productivity Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1992, pp. 135-151. Estos autores estimaron la eficiencia técnica de los ferrocarriles europeos en relación con una frontera estocástica de requerimientos de insumos (trabajo). Encontraron que el ferrocarril promedio utilizó aproximadamente 90% más trabajo que uno eficiente. La dispersión en lo que toca a la frontera es muy grande debido en parte a que su estudio se enfoca al uso de un factor productivo (trabajo) en lugar de todos los insumos en forma simultánea. Como consecuencia, sus resultados no son directamente comparables con los de este artículo o con los estudios mencionados.

no, el gobierno realizó inversiones importantes en la industria ferrocarrilera

Enseguida se estima un modelo Tobit¹⁹ para determinar los efectos de esos tres factores en los indicadores de eficiencia técnica y de escala que se han calculado. Además de esas variables, en el modelo Tobit se incluye el crecimiento del PIB como una variable que controla los efectos en el desempeño de las condiciones económicas generales.²⁰ Los indicadores ajustados de eficiencia técnica y de escala que se han calculado toman valores entre cero y uno. Con estos datos el uso de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) no es apropiado para realizar un análisis de regresión con los factores que influyen en los niveles de desempeño.²¹ Al calcular el recíproco del indicador de eficiencia se obtiene una variable que toma valores entre 1 e infinito, esto es, la variable está censurada en 1. De esta forma, el análisis Tobit con base en el recíproco de la medida de eficiencia, que está censurada por la izquierda en 1, es una técnica apropiada para examinar las variables relacionadas con el desempeño. El modelo de regresión Tobit es como sigue:²²

$$\frac{1}{EF} = \alpha + \beta_1 (\Delta\%PIB) + \beta_2 (MOV OBR) + \beta_3 (INV) + \beta_4 (NUMFER) + \beta_5 (GOB),$$

donde EF es el indicador de eficiencia (técnica de escala); $\Delta\%PIB$ representa el cambio porcentual en el producto interno bruto; MOV OBR es una variable *dummy* igual a 1 en los años en que hubo movimientos obreros y es igual a 0 si ése no fue el caso; INV es la inversión bruta del gobierno en los ferrocarriles; NUMFER es el recíproco del número de ferrocarriles independientes en operación, y GOB refleja el grado de propiedad del gobierno en los ferrocarriles mexicanos. Los resultados de este análisis aparecen en el cuadro 4. Los signos de los coeficientes estimados son opuestos en relación con su efecto en el desempeño debido a que se usa el recíproco del indicador de eficiencia en el lado izquierdo de la igualdad en la ecuación de regresión.

19. James Tobit, "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables", *Econometrica*, vol. 26, 1958, pp. 24-36.

20. Muchos investigadores consideran que los ferrocarriles son un detonador del desarrollo económico. Ciertamente éste es el razonamiento que subyace en los programas de inversión del gobierno. Sin embargo, como lo anotó Fogel hace ya algún tiempo, la dirección causal no es del todo clara. El análisis Tobit refleja la creencia de que con mayor actividad económica, los ferrocarriles tendrán mayor uso, con lo que su desempeño se verá influido positivamente. Robert W. Fogel, "A Quantitative Approach to Study of Railroads in American Economic Growth: A Report of Some Preliminary Findings", *Journal of Economic History*, vol. 22, núm. 2, 1962, pp. 163-197.

21. G. Judge, W. Griffiths, R. Hill, H. Lütkepohl y T. Lee, *The Theory and Practice of Econometrics*, 2a. ed., John Wiley and Sons, Nueva York, 1985, capítulo 18.

22. Los indicadores de eficiencia analizados son una serie de tiempo; la prueba de Durbin-Watson en el modelo de regresión lineal simple no rechazó la hipótesis nula de no autocorrelación. Por tanto, los errores en el análisis de regresión se suponen independientes en el tiempo. Además, el número condicional asociado a los regresores fue 17.5, lo cual indica que la multicolinealidad no es un problema.

C U A D R O 4

ANÁLISIS DE TOBIT PARA LA EFICIENCIA TÉCNICA Y DE ESCALA

	Eficiencia técnica		Eficiencia de escala	
	Parámetro estimado	Nivel de significancia	Parámetro estimado	Nivel de significancia
Intercepto	0.9941	0.0001	1.0998	0.0001
Cambio porcentual en el PNB	-0.0004	0.8018	0.0010	0.5190
Inversión	0.420E-6	0.8810	-0.439E-5	0.0437
Movimientos obreros	0.0018	0.8965	-0.0208	0.1302
Número de ferrocarriles	0.2912	0.1993	0.5882	0.0035
Propiedad del gobierno	-0.0936	0.0685	-0.1745	0.0003

Movimientos laborales

En el período de análisis hubo dos movimientos obreros de importancia en los ferrocarriles mexicanos.²³ El primero, en 1947-1948, se inició a raíz de que se nombró una comisión especial para examinar los problemas económicos de los Ferrocarriles Nacionales de México (Ferroviales). Aquélla elaboró un diagnóstico a partir del cual la administración quiso hacer modificaciones en las condiciones de trabajo, principalmente con respecto a los salarios y al despido de personal, lo cual contravenía el contrato colectivo de trabajo firmado con el sindicato.²⁴ En respuesta, los trabajadores entablaron una demanda a Ferroviales ante la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje, pero la comisión no tuvo éxito. Cabe destacar que debido a los desacuerdos en la dirección sindical, en 1947 se formó la Confederación Única de Trabajadores (CUT), opuesta a la Confederación de Trabajadores de México (CTM) y al mismo gobierno. Como resultado del conflicto laboral ferrocarrilero 12 000 trabajadores fueron despedidos, se suspendió el pago por concepto de horas extras, se eliminaron varios departamentos y se cancelaron el servicio médico y las ausencias pagadas.²⁵

El movimiento laboral de 1958-1959 tuvo orígenes distintos. Ante la competencia creciente de otros modos de transporte, en 1957 Ferroviales negoció con el sindicato un nuevo contrato colectivo de trabajo. En lo que constituyó un cambio notable, éste destacaba aún más las responsabilidades que los derechos de los trabajadores, pero además la empresa estaba imposibilitada para cumplir las demandas sindicales de incrementos salariales, debido principalmente a la gran competencia que en-

23. Carlos Villafuerte, *op. cit.*; J. McNeely, *op. cit.*, y Beatriz Urías, *Los ferrocarriles de México, 1837-1987*, Ferrocarriles Nacionales de México, México, 1987.

24. Carlos Villafuerte, *op. cit.*, pp. 9-16.

25. Beatriz Urías, *op. cit.*, p. 169.



Los intentos gubernamentales para consolidar los ferrocarriles datan de principios de siglo. En 1908 se fusionaron los más importantes para formar Ferronales, con el gobierno como accionista mayoritario. El control se acentuó a partir de 1937, con la expropiación de la empresa. La consolidación de los ferrocarriles, ya totalmente propiedad del gobierno, continuó, sobre todo después de la segunda guerra mundial.

frentaba. En este escenario, en 1959 los trabajadores estallaron la huelga cuyo corolario fue el despido de miles de ellos y la contratación de una cantidad aún mayor de personal temporal sin experiencia.

Un indicio del efecto de los conflictos laborales en el desempeño se puede encontrar al probar si los valores medios de la eficiencia técnica y de escala fueron iguales durante los lapsos de calma y de efervescencia.

El valor medio de la eficiencia técnica en períodos de calma fue de 0.9105 y en intervalos de intranquilidad de 0.8942; los números para la eficiencia de escala fueron de 0.9470 y 0.9346, respectivamente.

Aunque estas diferencias son apenas de 1.5%, la prueba *t* de la hipótesis nula de que las medias son iguales en ambos períodos se puede rechazar con 1% de nivel de significancia. Por tanto, hay evidencia de que los movimientos obreros afectaron negativamente las eficiencias técnica y de escala de los ferrocarriles mexicanos.

Aunque se parte de la base de simples pruebas de diferencias de medias y los períodos de intranquilidad en el sector obrero parecen haber conducido a niveles significativamente menores de eficiencia técnica y de escala, la variable MOVOBR no aparece como un factor determinante del desempeño, una vez que se controlan otros factores en el análisis Tobit (véase el cuadro 4).

Inversión pública

Además de fijar las tarifas, formular metas y objetivos y regular al sector de transportes, una buena parte de la política guber-

namental se refiere a los programas de inversión.²⁶ En el lapso que se estudia "...hay una marcada diferencia entre los distintos modos de transporte, pues mientras que para el carretero, aéreo y marítimo el Estado asume la responsabilidad de la construcción, operación y mantenimiento de la mayor parte de la infraestructura y deja a los particulares la responsabilidad del equipo de transporte e instalaciones auxiliares, en el caso de los ferrocarriles la inversión proviene totalmente del Estado y tiene que distribuirse entre la infraestructura y el equipo".²⁷ Esta diferencia se debe a que el gobierno ha sido propietario de las líneas más importantes desde 1908 y desde 1940 ha efectuado grandes esfuerzos para adquirir los demás ferrocarriles.

Durante la posguerra las prioridades eran construir nuevas líneas férreas, modernizar las existentes y eliminar el aislamiento de lugares remotos. Por ejemplo, el Plan Alemán en 1947 marcó el inicio de la rehabilitación y modernización de los ferrocarriles con recursos provenientes de subsidios federales, créditos del exterior (del Eximbank) y de los propios ferrocarriles.²⁸

En el análisis Tobit la variable INV representa la inversión real del gobierno en los ferrocarriles mexicanos. Los resultados de dicho análisis indican que aquélla tuvo un efecto muy modesto, aunque estadísticamente significativo, en el mejoramiento del desempeño de escala de los ferrocarriles (véase el cuadro 4). Al invertir en líneas individuales y al integrar el sistema, la in-

26. Víctor Islas Rivera, *op. cit.* Este autor analiza la política gubernamental en el sistema de transportes mexicano en general y la dirigida a los ferrocarriles en particular.

27. Víctor Islas Rivera, *op. cit.*, p. 132.

28. S. Bárcenas, *La realidad de los ferrocarriles de México*, Ediciones El Coco, México, 1958, y Beatriz Urías, *op. cit.*

dustria aumentó su escala de operación para tomar ventaja adicional de rendimientos crecientes, acercándose a la escala óptima de operación (CRS). Los resultados del análisis de Tobit no arrojan evidencia de que los programas de inversión tuvieran algún efecto en la eficiencia técnica de la industria ferrocarrilera.


Consolidación mediante fusiones y la nacionalización

Los intentos gubernamentales para consolidar los ferrocarriles datan de principios de siglo. En 1908 se fusionaron los más importantes para formar Ferronales, con el gobierno como accionista mayoritario.²⁹ El control se acentuó a partir de 1937, con la expropiación de la empresa. La consolidación de los ferrocarriles, ya totalmente propiedad del gobierno, continuó, sobre todo después de la segunda guerra mundial. La nacionalización de los Ferronales tuvo tres motivaciones: asumir el control de uno de los medios de transporte más importantes del país; mejorar la localización y disponibilidad de la red ferroviaria, y facilitar su administración financiera y permitir la construcción de vías adicionales.³⁰ Antes de 1908, el derecho para operar ferrocarriles en México correspondía a inversionistas privados, principalmente extranjeros, aunque recibían cantidades fijas por cada kilómetro de vía construido. Además de la nacionalización, la industria experimentó consolidaciones adicionales mediante la fusión de líneas privadas. En 1945 había 17 líneas autónomas y 7 propiedad del gobierno; en 1950 había 15 ferrocarriles diferentes (nueve propiedad pública), de las cuales Ferronales eran los más importantes, pues poseían 67% de las vías y 74% de las locomotoras de todo el sistema; transportaban 79% de las toneladas-kilómetro y 74% de los pasajeros-kilómetro, y empleaban 80% de la fuerza de trabajo total. En 1975 todos los ferrocarriles eran propiedad del gobierno y en 1986 se habían fusionado a los Nacionales de México.³¹ El cuadro 1 muestra la historia de la consolidación de los ferrocarriles mexicanos.

La consolidación debió haber mejorado la eficiencia de escala de los ferrocarriles mexicanos, al ayudar a transformar a una industria dispersa en un sistema integrado. En la medida en que el sistema creció, la operación de toda la industria debió haberse aproximado a la escala óptima. Esta hipótesis es apoyada por el análisis Tobit (véase el cuadro 4). La variable GOB, que indica el grado de propiedad estatal, tiene un coeficiente estadísticamente significativo a un nivel de 1%. Esto indica que el desempeño de escala mejoró a medida que el gobierno tuvo un mayor control de la industria. El efecto de las líneas de ferrocarril autónomas es capturado por la variable NUMFER, que consiste en el recíproco del número de ferrocarriles autónomos en opera-

ción. A medida que se presentó la consolidación, NUMFER aumentó (por ejemplo, el número de ferrocarriles autónomos se redujo). Esta variable tiene un coeficiente positivo significativamente diferente de cero a un nivel superior a 1%. Esto indica que a medida que se redujo el número de ferrocarriles autónomos, el desempeño de escala también disminuyó. Esto puede obedecer a que el menor número de líneas ofreció servicios redundantes y no fue capaz de lograr un servicio integrado. Así, aunque el aumento del control estatal aumentó el desempeño de escala, la consolidación general de los ferrocarriles influyó en forma negativa en ese comportamiento. En conjunto, el desempeño de escala mejoró con el tiempo (véase la gráfica 3) y con la mayor consolidación del sistema impulsada por el gobierno. Probablemente la propiedad pública ayudó a remover más rápido la duplicidad de los servicios y a establecer un sistema más coherente. Hay evidencia de que el mayor control gubernamental también mejoró el desempeño técnico, ya que la variable GOB es estadísticamente significativa a un nivel de 7% en el análisis Tobit de eficiencia técnica. La consolidación debió haber permitido un control más eficaz de las decisiones de insumo/producto de las líneas de ferrocarril. La variable NUMFER no tiene un efecto estadísticamente significativo en el desempeño técnico de la industria.

CONCLUSIONES

En este artículo se examinó el desempeño de los ferrocarriles mexicanos en una época de grandes cambios en la industria que comprende el período 1945-1985. Al inicio de ese lapso, los ferrocarriles presentaban una situación de deterioro y al final el gobierno operaba un sistema ferroviario unificado. Para determinar las eficiencias técnicas y de escala de los ferrocarriles se resolvió una serie de problemas de programación lineal. El desempeño, medido con base en eficiencia técnica, indicó que, en promedio, la industria operó dentro de 10% de la frontera eficiente, aunque tuvo un comportamiento errático durante todo el período. La falta de operación en la escala óptima (CRS) fue menos problemática, dado que la ineficiencia de escala sólo promedió alrededor de 5.5% en el período de análisis y mostró una tendencia a mejorar con el paso del tiempo. Las pruebas de diferencia de medias arrojaron evidencia de que dos conflictos laborales afectaron tanto el desempeño técnico como el de escala, aunque esta conclusión no se confirmó con el análisis Tobit de los indicadores de eficiencia. Empero, ese análisis sí mostró que la inversión del gobierno en la industria mejoró la eficiencia de escala, en tanto que la consolidación gubernamental del sistema ferroviario tuvo efectos positivos en el desempeño técnico y en el de escala. Desde el punto de vista de la política pública hacia ese sector, ese efecto de la consolidación en el desempeño reviste importancia, ya que el actual proceso de privatización, que constituye un giro importante en la tendencia de consolidación observada en este siglo, podría eventualmente generar efectos negativos en la eficiencia técnica y de escala de la industria. 

29. Carlos Villafuerte, *op. cit.*, pp. 240-241, y Servando A. Alzati, *Historia de la mexicanización de los Ferrocarriles Nacionales de México*, Talleres Linotipográficos de la Empresa Editorial Beatriz de Silva, México, p. 156.

30. Servando A. Alzati, *op. cit.*, p. 156.

31. En 1977 todos los ferrocarriles estaban bajo el control de una misma autoridad, el Director General de los Ferronales.